

**SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE  
FEDERICO II**

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE  
IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**



**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E  
AMBIENTALE**

*Modelli e metodi per la stima della Life Cycle Assessment  
del parco auto circolante in Italia*

**ABSTRACT**

**RELATORE**

**Ch.mo Prof. Ing. Biggiero Luigi**

**Ch.mo Prof. Ing. Cartenì Armando**

**CANDIDATO**

**Ing.j. Sabato De Vita M67/278**

**CORRELATORE**

**Ch.mo Prof. Ing. De Feo Giovanni**

**Anno Accademico 2017/2018**

## *Abstract*

Il pianeta terra in cui viviamo è il risultato dell'interazione ed integrazione tra tutti gli esseri viventi e l'ambiente che li circonda.

Quando questo equilibrio viene alterato, le caratteristiche ambientali e le condizioni di vita possono modificarsi irrimediabilmente, provocando danni che, talvolta, possono risultare catastrofici.

L'uso indiscriminato, soprattutto da parte delle industrie, di sostanze dannose, i rovinosi interventi attuati sul territorio al fine di estendere gli insediamenti urbani, l'enorme accumulo di rifiuti tossici, il consumo eccessivo di risorse naturali preziose, destinate ad esaurirsi rappresentano soltanto alcune delle deleterie azioni dell'uomo, che stanno portando al progressivo decadimento delle condizioni ambientali.

E al clima, cosa sta succedendo?

Lo scenario si sta aggravando più rapidamente del previsto, basti pensare all'aumento imponente delle emissioni di gas serra, i cui effetti si stanno palesando decisamente prima, rispetto a quanto si potesse prevedere solo alcuni anni fa.

La questione è molto complessa, rischiosa e già piuttosto tangibile: tanti sono i segni del cambiamento climatico, che possiamo misurare e che sono stati descritti in migliaia di articoli delle più prestigiose riviste scientifiche internazionali, e riassunti ogni 6 anni dalle migliaia di pagine dei volumi dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), il comitato ONU sul clima. Un lavoro colossale in grado di integrare, tra loro, la scienza dell'atmosfera e dei mari, la geologia e l'ecologia, l'idrologia e la glaciologia, l'economica e la sociologia.

Secondo gli studi dell'IPCC il pianeta si è scaldato di circa un grado come media globale, con un andamento che lascia supporre un ulteriore aumento fino a 4-5 gradi centigradi entro la fine del secolo.

Tale aumento della temperatura è dovuto alla continua crescita e concentrazione delle emissioni di gas a effetto serra come il biossido di carbonio (o CO<sub>2</sub>), il metano e il protossido di azoto.

Questi dati sono l'ennesima conferma che i cambiamenti climatici non sono più un'ipotesi sul futuro, né sono una questione che riguarda solo il Polo Nord: riguarda l'Italia e il Mondo di oggi, con i frequenti nubifragi, distruzioni, morti, danni all'agricoltura.

Questi fenomeni avranno un impatto su milioni di persone, con effetti ancora maggiori su chi vive nelle zone più vulnerabili e povere del mondo, danneggeranno la produzione alimentare e minacceranno specie di importanza vitale, gli habitat e gli ecosistemi.

Al fine di evitare le conseguenze più gravi del cambiamento climatico, i 195 Paesi sottoscrittori della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), Stati Uniti e Cina in testa, si sono impegnati nella Cop21, la XXI Conferenza

mondiale sul Cambiamento Climatico Onu in programma a Parigi dal 30 novembre all'11 dicembre 2015, ad attuare da subito azioni concrete per diminuire drasticamente le emissioni di anidride carbonica, causa dell'innalzamento del riscaldamento globale. Base portante di tutto l'accordo è l'obiettivo di contenere l'aumento della temperatura ben al di sotto dei 2 gradi centigradi rispetto ai livelli pre-industriali, con l'impegno a limitare l'aumento di temperatura a 1,5 gradi.

Secondo l'EPA (United States Environmental Protection Agency) il settore del trasporto automobilistico è responsabile di circa il 33% delle emissioni causa del riscaldamento globale, inoltre l'inquinamento da polveri sottili provoca solo in Italia più di 66.000 morti premature, rendendo il nostro Paese, lo Stato membro più colpito in termini di mortalità connessa al particolato, secondo le stime dell'Agenzia europea dell'ambiente.

Negli ultimi anni sono stati fatti importanti passi avanti nella riduzione delle emissioni delle automobili, grazie ai provvedimenti normativi finalizzati alla riduzione del parco veicolare circolante più inquinante; inoltre la Comunità Europea promuove politiche di trasporto efficienti, sicure e sostenibili, dal 1991, per regolamentare le emissioni di inquinanti dei veicoli a motore, ha emanato, inoltre, diverse direttive in base alle quali vengono individuate le categorie Euro.

Per Mobilità Sostenibile si intende il modello ideale di un sistema di trasporti che riduce al minimo l'impatto ambientale, massimizzando l'efficienza, l'intelligenza e la rapidità degli spostamenti.

Un limite di molti studi, per valutare la sostenibilità dei sistemi di trasporto, è quello di fermarsi a stimare e valutare le sole esternalità locali, tralasciando e dando poca importanza agli impatti globali prodotti da una politica/intervento di trasporto.

Scopo del presente lavoro di tesi è proprio quello di fare un'analisi più ampia e completa, applicando un modello avanzato di valutazione dell'impatto ambientale «globale» sull'intero Ciclo di Vita per:

1. Stimare gli impatti prodotti dal parco veicolare circolante italiano, attuale e tendenziale
2. Stimare gli impatti prodotti dalla realizzazione di una nuova autostrada nel centro-nord Italia

Inoltre, le auto elettriche sono veramente la soluzione al problema dell'inquinamento? Per cercare di rispondere a questa domanda è stato analizzato e confrontato, sotto un'ottica del ciclo di vita, un veicolo elettrico "medio". In questo caso è stata data particolare attenzione alla scelta appropriata del mix energetico che ricarica le batterie.

La *Life Cycle Assessment* è un metodo che valuta un insieme di interazioni che un prodotto/intervento/ servizio ha con l'ambiente, considerando il suo intero ciclo di vita che include le fasi di produzione (quindi anche estrazione e produzione dei materiali), produzione,

distribuzione, uso (quindi anche riuso e manutenzione), riciclaggio e dismissione finale, in una visione globale.

La procedura per l'esecuzione di uno studio LCA è stata codificata a partire dagli anni '90 dall'Organismo Internazionale per la Standardizzazione ISO. La struttura proposta dalla norma è riassumibile in quattro momenti principali:

- Definizione di scopi ed obiettivi (*Goal and Scope Definition*)
- Analisi dell'inventario (*Life Cycle Inventory, LCI*);
- Analisi degli impatti ambientali (*Life Cycle Impact Assessment, LCIA*);
- Analisi di interpretazione dei risultati (*Life Cycle Interpretation*)

Per l'analisi di inventario si è fatto riferimento:

- Per l'emissione allo scarico dei veicoli si sono utilizzati i Fattori di Emissione dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) calcolati con COPERT.
- Per le restanti fasi come: produzione dei veicoli, produzione del carburante, consumo dei freni etc. si è fatto riferimento al database Ecoinvent 3.3 per quanto possibile riferito all'Italia.

Combinando i dati ISPRA ed Ecoinvent abbiamo ottenuto 49 tipologie di veicoli, suddivisi per:

- peso/cilindrata,
- classe ambientale
- alimentazione

in modo da rappresentare quanto più fedelmente possibile il parco auto circolante Italiano.

Per l'analisi degli impatti ambientali globali è stato utilizzato ReCiPe 2016 uno dei modelli più avanzati per Valutare gli Impatti globali del Ciclo di Vita, esso è basato su 2 livelli:

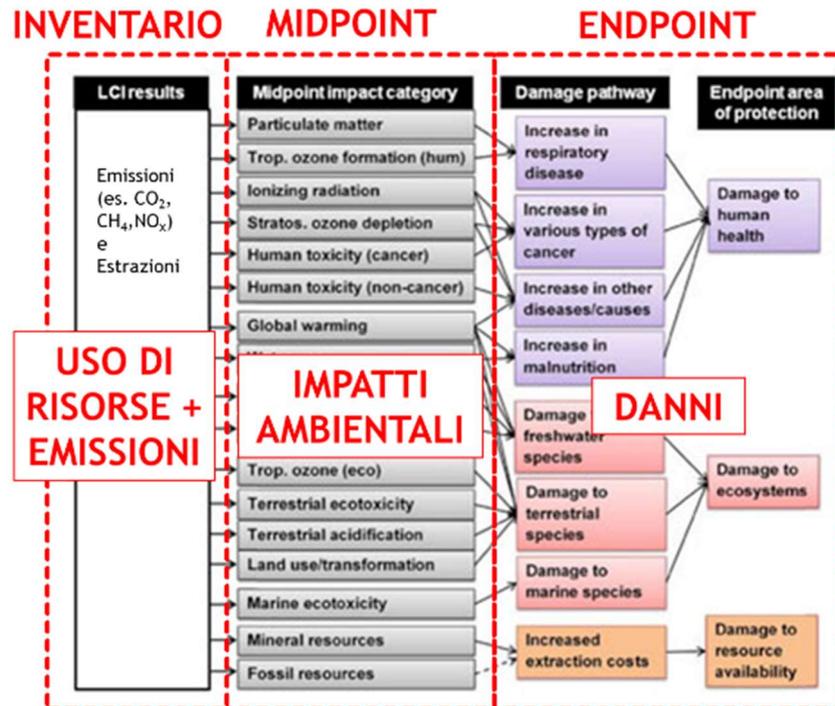
- Un approccio orientato ai problemi, che definisce le categorie di impatto disaggregate a livello di punto intermedio (*midpoint level*).
- Un approccio orientato al danno, che definisce le categorie di impatto aggregate a livello di punto finale (*endpoint level*)

A livello intermedio, si considerano 17 categorie di impatto, ad esempio, le più comuni, sono il "Riscaldamento Globale" e la "Formazione di particolato fine".

A livello di punto finale, tali categorie midpoint sono moltiplicate per dei fattori di danno e aggregate in 3 categorie endpoint (o macrocategorie):

- a. Salute umana (*Human Health*)
- b. Ecosistemi (*Ecosystems*)
- c. Risorse (*Resources*)

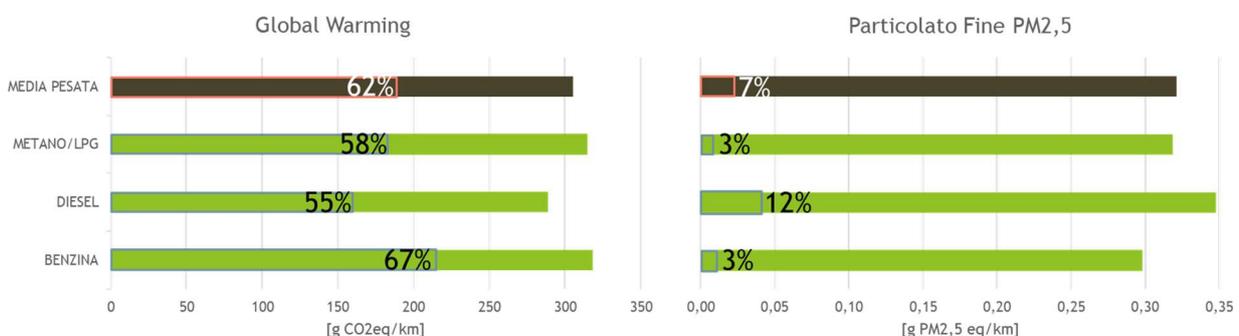
La figura, riportata di seguito evidenzia le relazioni tra i risultati dell'analisi d'inventario e le categorie d'impatto *midpoint* (con i meccanismi ambientali) e le categorie d'impatto *endpoint* fino al raggiungimento del Punteggio Singolo



L'orizzonte temporale per la valutazione degli impatti è stato scelto a 100 anni in quanto oltre ad essere quello più frequentemente utilizzato, fa riferimento agli standard ISO su LCA (14044).

Dal lavoro svolto è risultato che la differenza tra impatti locali e globali è significativa.

Per il parco veicolare attuale l'Indicatore disaggregato di Impatto Ambientale di midpoint "Global Warming" la CO<sub>2</sub> equivalente media a km, emessa localmente, risulta essere il 62% circa di quella globale ottenuta tramite l'LCA. Analogamente, e più marcatamente, per l'Indicatore disaggregato di Impatto Ambientale di midpoint "Particolato Fine PM<sub>2,5</sub>" le PM<sub>2,5</sub> equivalenti emesse a km localmente risultano essere, mediamente, circa il 7% di quelle globali.



Valutando le percorrenze, la composizione del parco veicolare italiano e le classi ambientali EURO l'impatto assoluto locale è pari a circa il 76% per l'Indicatore Global Warming e a circa il 14% per l'Indicatore Particolato fine rispetto all'impatto globale che risulta essere, rispettivamente, di 124 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti e circa 135 mila tonnellate di PM<sub>2,5</sub> equivalenti.

Dagli indicatori aggregati di danno all'endpoint emerge che, mediamente, per ogni km percorso si perdono:

- 19 secondi di vita
- $1,3 \cdot 10^{-9}$  specie per anno
- 3,5 €cent

Che per una percorrenza media annua di 15'000 Km equivalgono, ad automobilista:

- 3,3 giorni di vita persi o vissuti con disabilità
- $19 \cdot 10^{-6}$  specie per anno
- 500€

Rapportati alla popolazione Italiana, di circa 60,5 milioni di abitanti:

- Ogni anno ciascun italiano perde 1,5 giorni di vita
- In una vita media ogni italiano perde 4,2 mesi di vita
- Ogni anno ciascun si «bruciano» 300 euro /abitante di materie prime consumate
- In una vita media si «bruciano» 24 mila euro /abitante di materie prime consumate

Dal confronto con il parco auto futuro, stimato al 2046, dove tutti i veicoli avranno classe ambientale EURO6, emerge che i miglioramenti non sono così importanti come ci si poteva aspettare dalle emissioni locali, globalmente il miglioramento risulta essere di circa l'1% per il "global warming" e del 57% circa per il "particolato fine" con un risparmio rispettivamente di circa 9 mila tonnellate di CO<sub>2</sub> eq. e di circa 5 mila tonnellate di PM<sub>2,5</sub> eq.. Guardando gli Indicatori Aggregati di danno globale all'endpoint la situazione risulta praticamente invariata in quanto solo per la salute umana si ha un miglioramento dell'1,2%.

Passando alle Auto Elettriche, molto influisce il mix energetico con cui queste vengono alimentate, facendo riferimento all'Italia si ha che, dal confronto degli indicatori aggregati di danno globale all'endpoint si avrebbe un risparmio del 63% in termini di danno alle risorse del 21,7% per i danni all'ecosistema e solo del 2,2% per la categoria danno alla salute umana.

Per il confronto con la realizzazione di una nuova infrastruttura autostradale si è fatto riferimento alla realizzazione del nuovo itinerario autostradale Cesena-Mestre denominata E55 “Nuova Romea”, lunga 156,9 km che, si stima, genererà:

- -144.983.885 auto\*km /anno
- -46.552.935 camion\*km /anno

Dal confronto all'Endpoint, tra il risparmio ottenuto dai km risparmiati e i costi dovuti alla realizzazione e manutenzione della nuova infrastruttura, il risultato non è univoco in quanto da un lato avremmo un beneficio in termini di danno alla salute umana ma dall'altro si avrebbe un costo significativo in termini di danno alle risorse, per cui si è scelto di «monetizzare» il numero di anni di vita persi, applicando una stima del Ministero dei Trasporti Italiano, secondo cui il costo di un incidente mortale è di 1,6 milioni di euro, per cui dal confronto economico risulterebbe esserci un risparmio di circa 85 milioni di euro.