Life Cycle Assessment (LCA)

di settore per lastre in pietra naturale italiana

Torino, Febbraio 2023

Autori dello studio:

Ric. Isabella Bianco - Politecnico di Torino
Prof. Gian Andrea Blengini - Politecnico di Torino

Ing. Claudia Chiappino

Committente della ricerca:
Pietra Naturale Autentica (PNA), Corso Sempione 30, Milano

PIETRA NATURALE AUTENTICA

Politecnico di Torino
Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture

Sommario
Il processo produttivo delle lastre in pietra è articolato nelle fasi di estrazione della pietra, taglio in lastre e finitura superficiale. La Rete d'Imprese *Pietra Naturale Autentica* (*PNA*) ha commissionato al Politecnico di Torino uno studio avente l'obiettivo di quantificare gli impatti ambientali di 1 m^2 di lastra avente spessore di 2 cm. A questo scopo è stata utilizzata la metodologia del *Life Cycle Assessment* (LCA), basata sulla normativa ISO14040-44 e sulle linee guida della Commissione Europea.

Hanno aderito al progetto Life Cycle Assessment della Rete PNA: Antolini Luigi & C., Basaltina, Grassi Pietre, Margraf, Marmi e Graniti d'Italia, Marmi Ghirardi, Franchi Umberto Marmi concentrando le proprie analisi su molteplici materiali estratti e trasformati in Italia. Ciascun partner del progetto ha fornito i dati relativi della propria produzione in cava e nei successivi impianti di lavorazione.

Per ciascun materiale sono stati calcolati gli impatti ambientali di 1 m^2 di lastra. L'impatto sul cambiamento climatico risulta compreso tra 6,0 kg CO_2 eq/m^2 e 15,0 kg CO_2 eq/m^2, con un valore medio di 7,9 kg CO_2 eq/m^2 (media pesata rispetto ai quantitativi prodotti da ciascuna azienda nell'anno di riferimento).

Volendo confrontare le performance ambientali delle lastre in pietra con un materiale da costruzione avente analoga destinazione d'uso, sono state analizzate le dichiarazioni ambientali di prodotto (EPD) di lastre e piastrelle in materiale ceramico aventi spessore di 1,2 cm (spessore diffusamente impiegato per rivestimenti di pavimenti e pareti). Le piastrelle ceramiche risultano avere un impatto sul cambiamento climatico variabile tra 15,5 e 29,9 kg CO_2/m^2, quindi superiore a quello delle lastre in pietra.

Lo studio è accurato in quanto basato quasi interamente su dati raccolti direttamente in cava o presso gli impianti di trasformazione. È sufficientemente rappresentativo del settore lapideo italiano, in quanto considera diversi litotipi provenienti da diverse aree geografiche del centro e nord Italia. Lo studio potrà essere ulteriormente affinato usando esclusivamente dati primari, testando e omogeneizzando la qualità dei dati raccolti da ciascuna azienda e includendo altri materiali nel vasto panorama nazionale.

01

Contesto e obiettivi dello studio **6**

02

Definizione degli obiettivi e ipotesi di lavoro **7**

Unità funzionale 8

Confini di sistema 8

Fonti di dati diretti/indiretti e strumenti informatici LCA 10

Indicatori ambientali utilizzati 11

Processi multi-output:allocazione ed espansione del sistema 11

03

Analisi di Inventario (LCI) **13**

04

Analisi degli impatti (LCIA) **14**

Analisi degli impatti 15

Analisi di contributo 17

05

Confronto con lastre in materiale ceramico **20**

06

Conclusioni e raccomandazioni **21**

Bibliografia **22**

01

Contesto e obiettivi dello studio

Il presente studio è stato commissionato dalla Rete d'Imprese *Pietra Naturale Autentica* (*PNA*), costituita da decine di aziende che lavorano nella filiera lapidea italiana. PNA include dunque aziende che si occupano dell'estrazione della pietra e delle successive trasformazioni di taglio e finitura, nonché della produzione di macchinari e strumenti.

Obiettivo del presente studio è analizzare la filiera dal punto di vista ambientale e quantificare gli impatti ambientali medi di 1 m^2 di lastra con finitura superficiale. A tal fine è utilizzata la metodologia del *Life Cycle Assessment* (LCA), basata sulla normativa ISO14040-44 [1], [2] e sulle linee guida della Commissione Europea ILCD (*International Reference Life Cycle Data System*) e PEF (*Product Environmental Footprint*) ([3], [4]).

Il report descrive brevemente le scelte metodologiche adottate in questo studio (capitolo 2), i dati di inventario utilizzati (capitolo 3) e quantifica gli impatti ambientali (capitolo 4) per 1 m^2 di lastra finita, per ciascun materiale e come media di tutti i materiali analizzati. Il capitolo 5 fa un confronto con lastre in materiale ceramico aventi pari destinazione d'uso e, infine, il capitolo 6 riporta raccomandazioni e conclusioni degli autori dello studio.

02

Definizione degli obiettivi e ipotesi di lavoro

Nel presente studio è stata utilizzata la metodologia LCA (Life Cycle Assessment) coerentemente con la normativa ISO 14040 (serie), le linee guida *International Reference Life Cycle Data System* (ILCD) e Product Environmental Footprint (PEF) della Commissione Europea e la letteratura scientifica internazionale.

In uno studio LCA gli obiettivi devono essere definiti con cura, per avere a disposizione uno strumento capace di comprendere tutte le implicazioni ambientali e di dare una risposta a tutte le problematiche ritenute pertinenti. In questo caso l'obiettivo generale dello studio è la stima degli impatti ambientali medi delle lastre in pietra con finitura superficiale estratte e trasformate in Italia.

2.1
Unità funzionale

Per il confronto e la media degli impatti delle lastre in pietra la scelta dell'unità funzionale è la seguente:

1 m^2 di lastra con finitura superficiale, avente spessore di 2 cm

2.2
Confini di sistema

I confini di sistema dello studio LCA sono probabilmente l'elemento più importante e delicato di cui tenere conto, poiché le ipotesi sulla definizione degli stessi influenzano in modo significativo i risultati finali.
In primo luogo è necessario definire in modo preciso a quali elementi del ciclo di vita e a quali elementi della filiera l'analisi verrà estesa.
Questo perché gli impatti legati alla produzione delle lastre non sono solo quelli generati negli impianti sotto il diretto controllo delle aziende di estrazione, taglio e finitura. Le conseguenze ambientali indirette, ovvero ciò che accade al di fuori dei confini fisici degli impianti di lavorazione, ma che sono imputabili al prodotto oggetto di studio, possono essere maggiori di quelle dirette.

Ciò premesso, il presente studio LCA si riferisce all'intera filiera della produzione delle lastre in pietra, comprendendo la produzione di materie prime, energia e materiali consumati, il processo di estrazione, taglio e finitura, fino all'ottenimento delle lastre.

La Figura 1 illustra graficamente i sottosistemi inclusi nella presente analisi LCA.

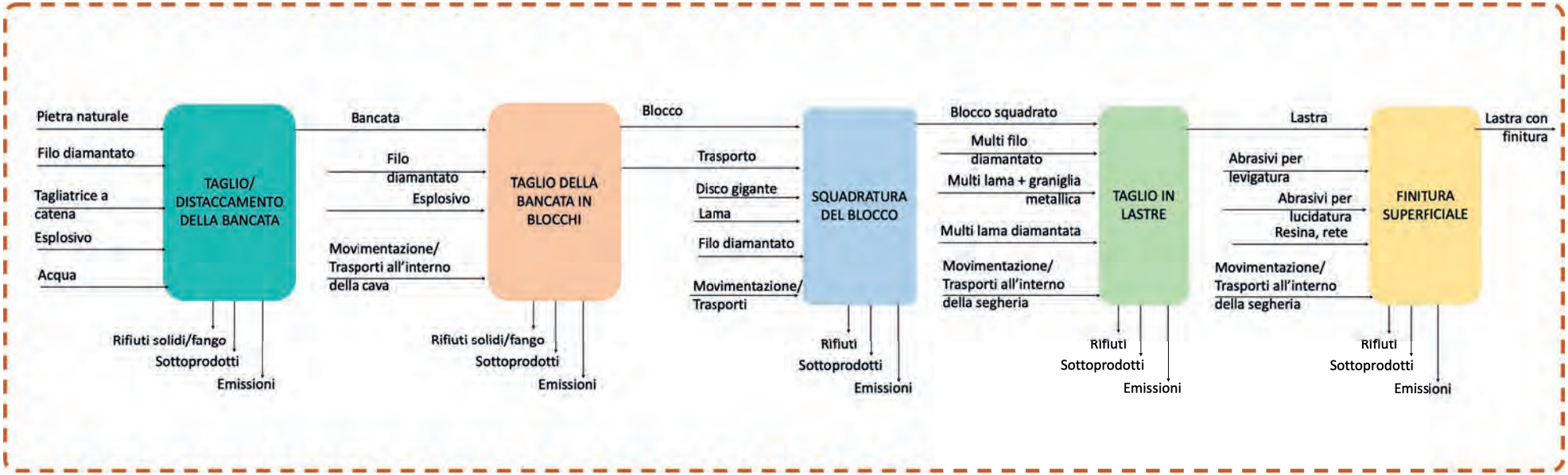

Figura 1 – Confini di sistema dell'analisi LCA: la linea tratteggiata arancione delimita i confini di sistema per il calcolo degli impatti delle lastre con finitura superficiale.

I confini del sistema oggetto dello studio non si limitano dunque ai confini fisici delle cave e delle segherie, ma si estendono a monte e a valle fino a comprendere l'intera filiera, includendo i seguenti sottosistemi:

- Produzione dei materiali: filo diamantato, esplosivo, dischi, lame, abrasivi, ecc.;
- Produzione e distribuzione di energia elettrica (a partire dalla produzione dei combustibili primari fino alla vendita di energia elettrica);
- Utilizzo di sistemi di trasporto: su gomma;
- Lavorazioni interne alle cave e alle segherie: estrazione, squadratura, taglio, finitura superficiale.

2.3

Fonti di dati diretti/indiretti e strumenti informatici LCA

Ciascun partner del progetto ha fornito dati specifici della propria produzione in cava e negli impianti di trasformazione. In particolare, ogni azienda ha raccolto dati sui consumi energetici e di materiali, in riferimento alla produzione di uno specifico anno (2019, 2020 o 2021). In caso di processi multi-output, le aziende hanno inoltre fornito i dati economici necessari per l'allocazione economica (si veda il paragrafo 2.5). Per un materiale è stato necessario integrare i dati dell'azienda di riferimento con alcuni dati da letteratura [5] (in quanto una parte del processo produttivo di tale materiale è svolto da un'azienda non partecipante al progetto, la quale non ha fornito i dati necessari).
Per la produzione dei materiali consumati nella filiera della pietra (filo diamantato, inserti per tagliatrice a catena, esplosivo, dischi, lame, abrasivi metallici, resinoidi e magnesiaci) sono stati utilizzati dati da precedenti studi degli autori di questo report [6].

Gli strumenti informatici di supporto per lo sviluppo e l'analisi del modello LCA sono i seguenti:

- Software LCA: SimaPro 9.2
- Database LCA: Ecoinvent 3.7

2.4
Indicatori ambientali utilizzati

Per rendere fruibili al meglio i risultati ottenuti dall'analisi LCA, per apprezzarne a fondo il significato ambientale e per comunicarli agli addetti ai lavori e al pubblico, devono essere individuate delle aree di interesse ambientale (categorie di impatto) e per ognuna di esse occorre selezionare opportuni indicatori.

Detti indicatori (cosiddetti di categoria = riferiti ad un singolo impatto ambientale) sintetizzano gli effetti ambientali potenziali associabili ai flussi di materia/energia in ingresso/uscita dal sistema studiato.

Nel presente studio, nella fase di analisi degli impatti è stato utilizzato il metodo EF 3 (Environmental Footprint), quale modalità consigliata dalla Commissione Europea. Per l'indicatore del cambiamento climatico, gli impatti sono analizzati nel dettaglio lungo la filiera produttiva, al fine di identificare quali sottoprocessi contribuiscono, e in che misura, all'impatto totale. Viene inoltre fornita una panoramica più ampia su tutti gli indicatori disponibili nel metodo EF 3.

2.5
Processi multi-output: allocazione[1] ed espansione[2] del sistema

Nel caso in cui uno stesso processo generi due o più (sotto)prodotti, la ripartizione degli impatti può essere svolta con diversi approcci. I principali metodi di ripartizione usati in LCA sono rispettivamente l'*allocazione* e l'*espansione di sistema*. Poiché la scelta dipende fortemente dagli obiettivi dello studio, dai confini di sistema individuati e dalla tipologia di processo, non esiste attualmente un metodo maggiormente condiviso dalla comunità scientifica.

1 Procedimento utilizzato in questo studio
2 Non utilizzato in questo studio, riportato per completezza e a titolo informativo

L'**allocazione** consiste nel suddividere l'impatto causato tra i diversi coprodotti in uscita. La suddivisione degli impatti può essere fatta con diversi criteri a seconda del caso studio. E' possibile fare un'allocazione su base fisica, dove gli impatti sono cioè riparti tra i prodotti in base a caratteristiche fisiche, quali, per esempio, la massa, il volume, la quantità di energia, ecc. L'allocazione fisica tuttavia potrebbe non essere considerata appropriata quando i co-prodotti hanno qualità e valori molto diversi. In questi casi un criterio che può essere utilizzato per l'allocazione è il valore economico dei coprodotti (utilizzato in questo studio).

Per esempio, nel caso dell'estrazione della pietra in cava, è possibile attribuire dei valori di mercato ai blocchi regolari, agli informi e al cocciame terroso e ripartire così gli impatti dell'estrazione in modo proporzionale al valore economico di ciascun prodotto in uscita. Supponendo, a titolo d'esempio, che da 1 t di materiale estratto siano prodotti 0,3 t di blocchi regolari (a prezzo di mercato: 150 €/t), 0,1 t di blocchi informi (90 €/t) e 0,6 t di cocciame terroso (2 €/t), per un valore complessivo di: 0,3*150 + 0,1*90 + 0,6*2 = 55,2 €

Impatti allocati ai blocchi regolari: (0,3*150)/55,2 = 82%
Impatti allocati ai blocchi informi: (0,1*90)/55,2 = 16%
Impatti allocati al cocciame terroso: (0,6*2)/55,2 = 2%

In Figura 2 è schematizzato il concetto che sta alla base dell'allocazione.

Nell'**espansione di sistema** i coprodotti sono considerati in sostituzione di altri prodotti presenti sul mercato. Questo approccio tiene in considerazione gli impatti/benefici indiretti di sistemi inter-connessi ed inter-dipendenti, sottraendo gli impatti del/i prodotto/i evitato/i. Tale approccio richiede un'attenta individuazione dei processi produttivi che vengono evitati come conseguenza della disponibilità, sul mercato, dei coprodotti analizzati. Nel caso della filiera della pietra, l'individuazione di catene produttive alternative per la produzione dei coprodotti dell'estrazione (blocchi informi, cocciame terroso, in riferimento al precedente esempio) risulterebbe discutibile e poco significativa, in quanto essi solitamente non sono prodotti principali nemmeno in altre filiere. Per tale ragione l'approccio di espansione del sistema non è stato considerato nel presente studio.

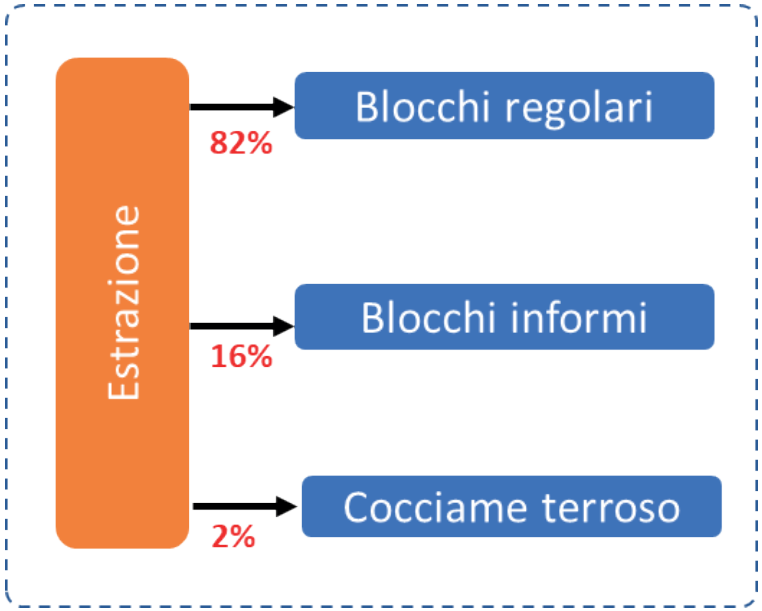

Figura 2 - Processi multi-output: approccio con allocazione economica per il calcolo degli impatti.

03

Analisi di Inventario (LCI)

La raccolta dati è stata condotta dalle aziende coinvolte dal progetto e con il supporto del Politecnico di Torino. Per ciascuna fase (estrazione, taglio e finitura), sono stati raccolti i seguenti dati:

- Consumi di energia, acqua, materie prime e materiali;
- Tipologia, quantità e destinazione degli scarti;
- Quantità e tipologia di eventuali emissioni in aria, acqua e suolo;
- Sistemi di trasporto impiegati e distanze.

Questo report non riporta l'inventario, in quanto si tratta di dati sensibili per le aziende che hanno contribuito allo studio.

04

Analisi degli impatti (LCIA)

I dati di inventario sono stati utilizzati per realizzare i modelli LCA delle lastre di pietra aventi spessore di 2 cm.

L'analisi degli impatti è stata eseguita con il metodo EF 3.0.

4.1

Analisi degli impatti

La Tabella 2 riporta i valori di impatto medi relativi a 1 m^2 di lastra di 2 cm di spessore. La media è pesata sui volumi prodotti, nell'anno di riferimento, per ciascun materiale analizzato. Il grafico di Figura 3 mostra l'impatto sul cambiamento climatico di 1 m^2 di lastra per tutti i materiali analizzati e il valore medio (pari a 7,9 kg CO_2 eq/m^2).

Categoria d'impatto	Unità	Valore d'impatto - Media pesata per lastra in pietra con finitura superficiale (spessore 2 cm)
Climate change	kg CO2 eq	7,92E+00
Ozone depletion	kg CFC11 eq	1,09E-06
Ionising radiation	kBq U-235 eq	6,33E-01
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	4,66E-02
Particulate matter	disease inc.	9,85E-07
Human toxicity, non-cancer	CTUh	2,81E-07
Human toxicity, cancer	CTUh	1,13E-08
Acidification	mol H+ eq	8,16E-02
Eutrophication, freshwater	kg P eq	5,63E-03
Eutrophication, marine	kg N eq	2,10E-02
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	3,00E-01
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	6,11E+02
Land use	Pt	4,35E+01
Water use	m3 depriv.	5,51E+00
Resource use, fossils	MJ	1,13E+02
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	4,89E-04

Tabella 2 - Risultati di impatto ambientale medi per di 1 m^2 di lastra (spessore 2 cm).

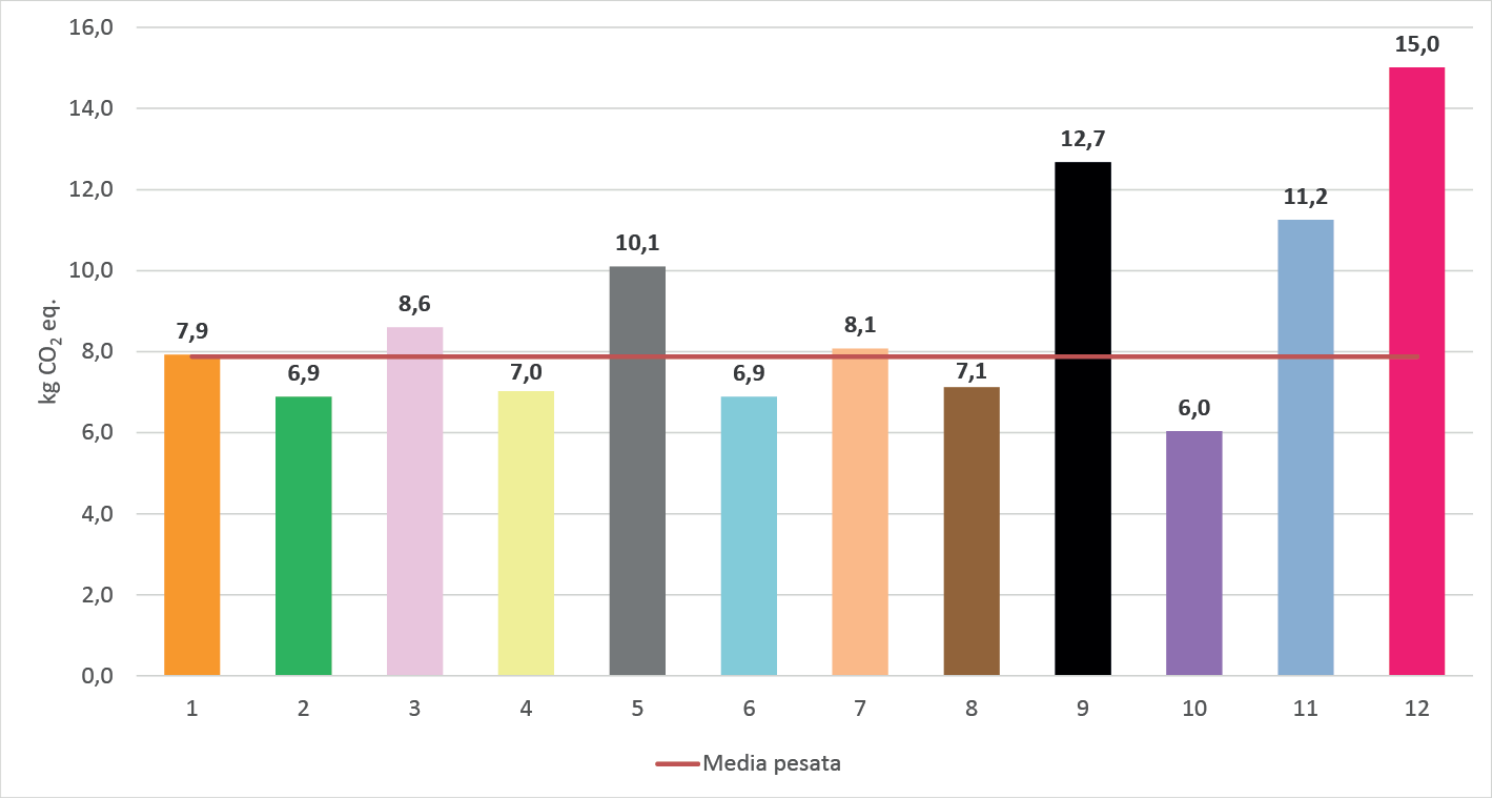

Figura 3. Impatti sul cambiamento climatico di 1 m2 di lastra (spessore 2 cm) per i materiali analizzati e indicazione del valore medio

4.2

Analisi di contributo

Questo paragrafo approfondisce i risultati d'impatto ottenuti per l'indicatore del cambiamento climatico e mira a identificare il contributo che le diverse fasi del processo produttivo delle lastre hanno sull'impatto totale.

Il grafico in Figura 4 mostra, per ogni materiale analizzato, la percentuale di impatto dovuta (i) all'energia utilizzata in fase di estrazione (energia elettrica e diesel), (ii) ai materiali consumati e agli scarti prodotti durante la fase di estrazione, (iii) al trasporto dalla cava all'impianto di trasformazione, (iv) all'energia utilizzata per le fasi di taglio/finitura e (v) ai materiali e agli scarti prodotti durante le fasi di taglio/finitura. Il grafico in Figura 5 riporta le medesime informazioni, ma in valore assoluto.

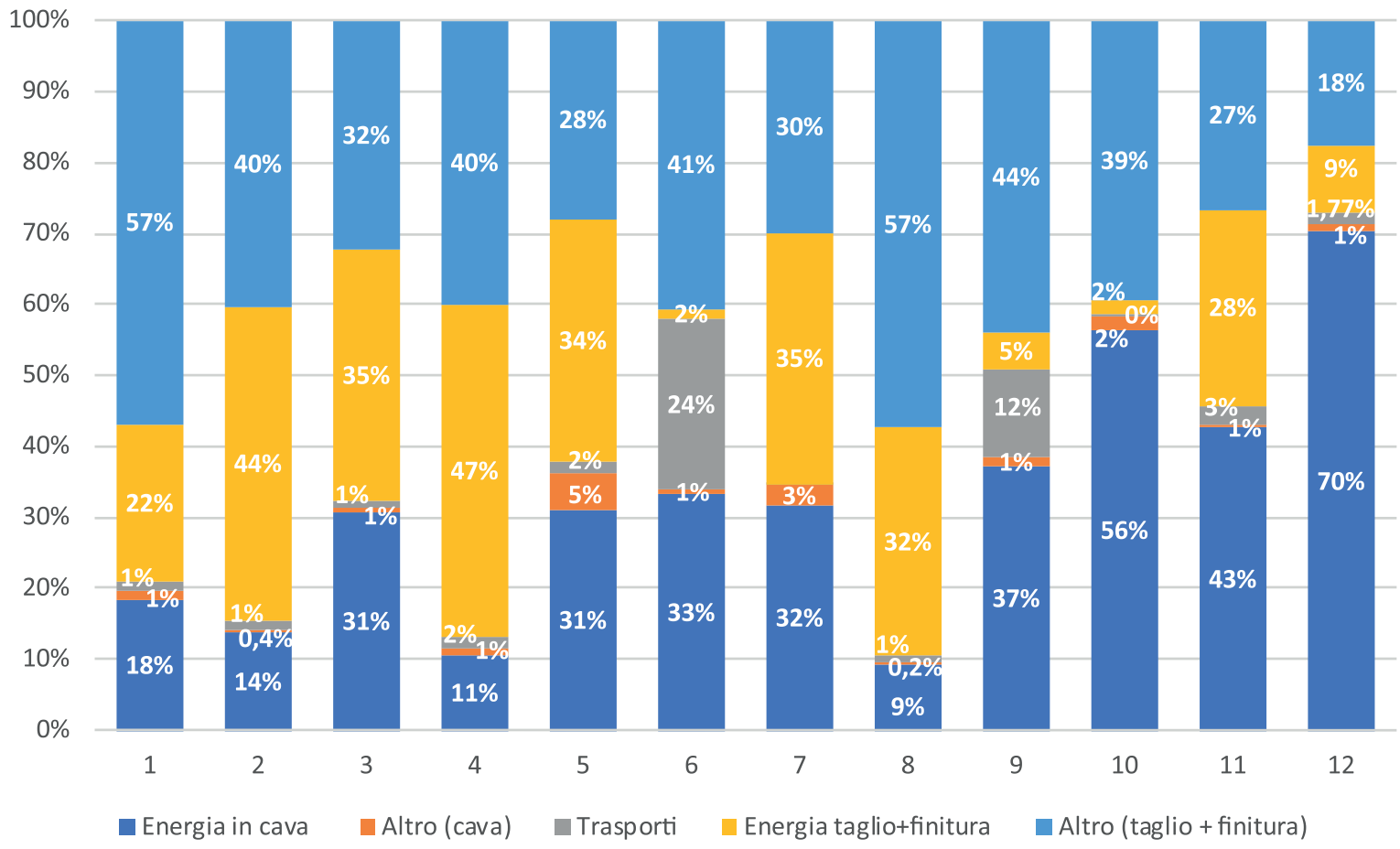

Figura 4. Contributo percentuale delle varie fasi del processo sull'indicatore del cambiamento climatico.

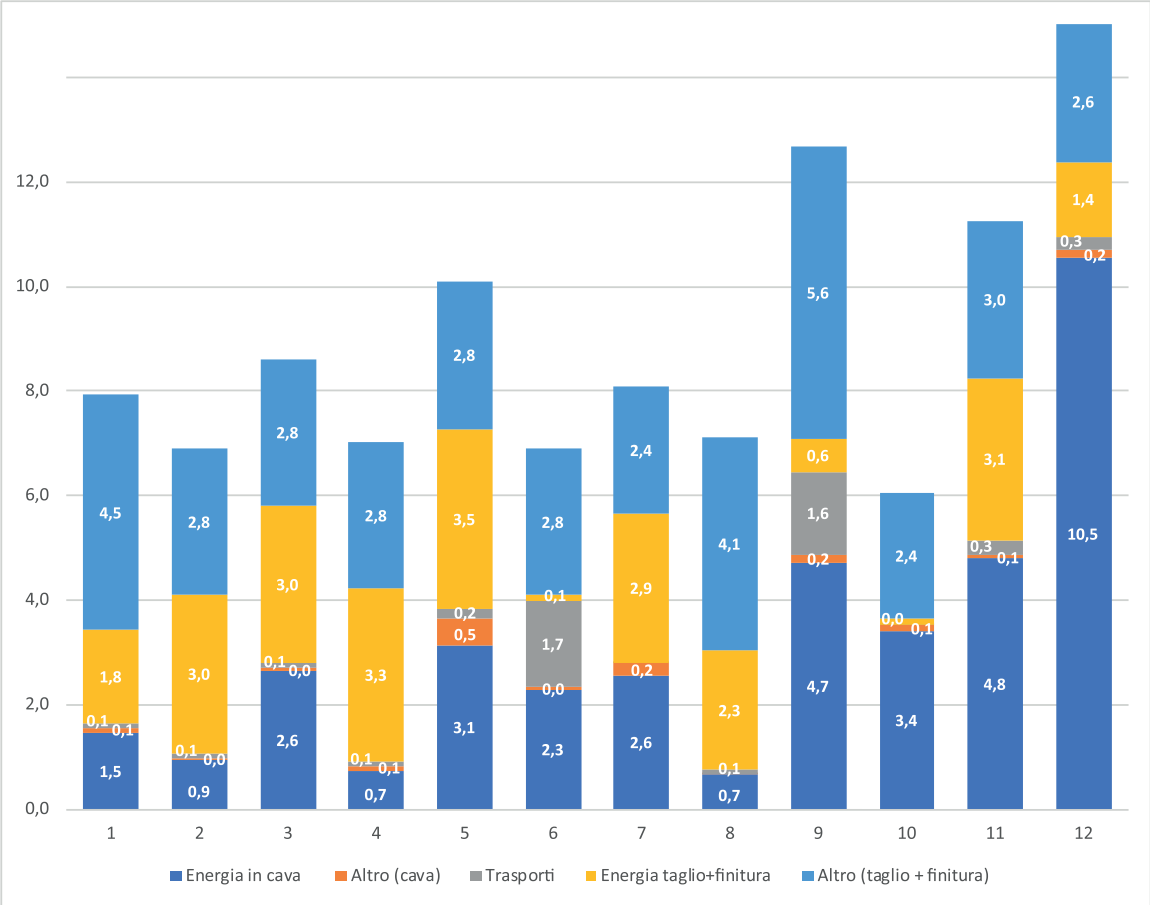

Figura 5. Contributo, in valore assoluto, delle varie fasi del processo sull'indicatore del cambiamento climatico.

Come si può notare, il contributo percentuale di ciascuna fase è piuttosto variabile. L'energia utilizzata in cava varia dal 9% al 70% dell'impatto totale sul cambiamento climatico, corrispondente, in valore assoluto a 0,7- 10,5 kg CO_2 eq/m^2. L'energia utilizzata per la fase di taglio/finitura varia dal 2% al 47%, corrispondente, in valore assoluto a 0,1- 3,5 kg CO_2 eq/m^2. I materiali e gli scarti prodotti in cava risultano dare un contributo marginale (<5%) per tutti i materiali analizzati. Viceversa materiali e scarti della fase di taglio e finitura hanno un peso generalmente importante, che varia dal 18% al 57% dell'impatto totale, per un valore compreso tra 2,4 e 5,6 kg CO_2 eq/m^2 di lastra. Ciò è dovuto principalmente agli strumenti diamantati e alla resina epossidica consumati in tale fase. I trasporti danno un contributo non trascurabile quando i materiali sono trasportati per lunghe distanze (> 200 km), in particolare se tale trasporto avviene su strada.

05

Confronto con lastre in materiale ceramico

Le lastre in pietra da 2 cm di spessore sono un materiale da costruzione utilizzato per il rivestimento di pavimenti e pareti. Una funzione analoga può essere svolta da piastrelle in materiale ceramico di spessore minore, generalmente di 1,2 cm. Al fine di confrontare le performance ambientali delle lastre in pietra con le lastre in ceramica, è stata condotta una ricerca sulle dichiarazioni ambientali di prodotto (EPD, Environmental Product Declaration) delle ceramiche.

Allo scopo, è stata analizzata una serie consistente di EPD in corso di validità, selezionate tra quelle facenti specifico riferimento a lastre di ceramica di spessore 1,2 cm o al loro relativo peso medio (circa 27-28 kg/m^2).

A parità di destinazione d'uso, la lastra in pietra risulta dunque ambientalmente più vantaggiosa di una lastra in materiale ceramico (specialmente se in porcellana o gres porcellanato). Infatti, secondo le EPD disponibili, la piastrella ceramica ha un impatto variabile tra 15,5 e 29,9 kg CO_2 eq/m^2, a fronte di un impatto medio delle lastre in pietra di 7,9 kg CO_2 eq/m^2 (media pesata dei materiali italiani).

06

Conclusioni e raccomandazioni

Lo studio LCA ha quantificato l'impatto medio di una lastra in pietra avente spessore di 2 cm. L'analisi ambientale è stata svolta su 12 materiali estratti e trasformati in Italia. La rappresentatività a livello italiano risulta soddisfacente in quanto sono stati analizzati diversi litotipi provenienti da diverse aree geografiche del nord e centro Italia.
L'impatto sul cambiamento climatico di una lastra italiana media di 2 cm di spessore (pesato sui quantitativi prodotti dalle aziende che hanno partecipato al progetto) risulta di 7,9 kg CO_2 eq/m^2, dove il valore minimo risulta di 6,0 kg CO_2 eq/m^2 e il valore massimo di 15,0 kg CO_2 eq/m^2. Tale variabilità è fisiologica per un settore che si occupa della trasformazione di un materiale naturale quale la pietra, in cui i processi (e i relativi consumi di energia e materiali) variano a seconda delle caratteristiche meccaniche della pietra, così come il rendimento, specialmente durante la fase estrattiva.

Se comparata con una lastra in materiale ceramico avente pari destinazione d'uso (di spessore di 1,2 cm), la lastra in pietra risulta avere minori impatti sul cambiamento climatico.

Lo studio risulta piuttosto accurato in quanto basato quasi esclusivamente su dati raccolti presso le aziende coinvolte nel progetto. Tuttavia, in alcuni limitati casi è stato necessario introdurre dati di letteratura o ipotesi. Inoltre, il grado di dettaglio sui dati raccolti da ciascuna azienda potrebbe differire. Lo studio sarà ulteriormente affinato da un progetto che avrà inizio nei prossimi mesi, che mirerà a colmare le lacune rimaste in questo studio, rendere omogenea la qualità dei dati raccolti da ciascuna azienda, accrescere ulteriormente la rappresentatività dello studio a livello italiano ed infine ottenere una certificazione ambientale di settore verificata da parte terza.