

EDILIZIA COSTRUZIONI

Studio LCA della filiera delle pietre
ornamentali





EDILIZIA COSTRUZIONI

Studio LCA della filiera delle pietre ornamentali

Autori:

Elisabetta Palumbo ⁽¹⁾, Chiara Panozzo ⁽¹⁾, Marilisa Cellurale ⁽²⁾, Caterina Rinaldi ⁽²⁾

Revisione critica:

Ecoinnovazione S.r.l

⁽¹⁾ Università degli Studi di Bergamo – Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate, ⁽²⁾ ENEA - Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali

Data di redazione: Agosto 2023

Data di pubblicazione: Giugno 2025

Sommario

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Sommario | 2 |
| 1 Sintesi | 11 |
| 2 Scopo del documento | 12 |
| 3 Descrizione della filiera | 12 |
| 3.1 Inquadramento nazionale | 12 |
| 3.2 Litotipi italiani: classificazioni e nomenclature | 15 |
| 3.3 Prodotti rappresentativi della filiera nazionale | 19 |
| 3.4 Impatto socio-economico della filiera cave per estrazione di pietre naturali per l'edilizia con funzione ornamentale | 23 |
| 3.5 Impatti ambientali e strumenti di sostenibilità | 24 |
| 3.5.1 Aspetti ambientali | 25 |
| 3.5.2 Strumenti in materia ambientale | 28 |
| 3.5.3 Etichette ambientali | 28 |
| 3.5.3.1 Tipo I: Ecolabel europeo | 28 |
| 3.5.4 Dichiarazione Ambientale di prodotto EPD (Tipo III) | 30 |
| 4 Gruppo di lavoro | 34 |
| 5 Ambito di applicazione dello studio | 35 |
| 5.1 Funzione del sistema, unità funzionale e flusso di riferimento | 35 |
| 5.2 Confini del sistema | 35 |
| 5.2.1 Analisi di una breccia monogenica | 37 |
| 5.2.1.1 Ciclo produttivo della breccia monogenica dolomitica | 37 |
| 5.2.2 Analisi della pietra arenaria | 38 |
| 5.2.2.1 Ciclo produttivo della pietra arenaria | 38 |
| 5.2.3 Analisi della pietra calcarea | 40 |
| 5.2.3.1 Ciclo produttivo della pietra calcarea | 40 |
| 5.2.4 Analisi della pietra vulcanica | 41 |
| 5.3 Assunzioni e giudizi di valore | 41 |
| 5.4 Gestione della multifunzionalità | 42 |
| 5.5 Revisione critica | 42 |
| 5.6 Modellizzazione e metodologia di analisi degli impatti | 42 |
| 5.7 Informazioni ambientali aggiuntive | 43 |
| 6 Modellazione dei dataset della filiera | 43 |
| 7 Analisi di inventario | 43 |
| 7.1 Descrizione e documentazione processi unitari | 43 |
| 7.1.1 Processo produttivo delle lastre in breccia monogenica | 45 |
| 7.1.1.1 Lastra in breccia monogenica spessore 2 cm, naturale | 45 |
| 7.1.1.2 Lastra in breccia monogenica spessore 2 cm, bocciardata | 45 |

| | | |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.1.1.3 | Lastra in breccia monogenica spessore 2 cm, levigata | 45 |
| 7.1.1.4 | Lastra in breccia monogenica spessore 2 cm, sabbata | 46 |
| 7.1.1.5 | Lastra in breccia monogenica spessore 2 cm, rigata | 46 |
| 7.1.1.6 | Lastra in breccia monogenica spessore 3 cm, naturale | 47 |
| 7.1.1.7 | Operazioni di cava breccia monogenica | 47 |
| 7.1.1.8 | Operazioni in stabilimento breccia monogenica (2 cm) | 48 |
| 7.1.1.9 | Operazioni in stabilimento breccia monogenica (3 cm) | 48 |
| 7.1.2 | Processo produttivo delle lastre in calcare, densità 1980 kg/m ³ | 48 |
| 7.1.2.1 | Lastra in calcare, densità 1980 kg/m ³ spessore 2 cm, naturale | 48 |
| 7.1.2.2 | Lastra in calcare, densità 1980 kg/m ³ spessore 3 cm, naturale | 49 |
| 7.1.2.3 | Operazioni di cava, calcare, densità 1980 kg/m ³ | 49 |
| 7.1.2.4 | Operazioni in stabilimento calcare, densità 1980 kg/m ³ (2 cm) | 50 |
| 7.1.2.5 | Operazioni in stabilimento calcare, densità 1980 kg/m ³ (3 cm) | 50 |
| 7.1.3 | Processo produttivo delle lastre in calcare, densità 2330 kg/m ³ | 51 |
| 7.1.3.1 | Lastra in calcare, densità 2330 kg/m ³ spessore 2 cm, naturale | 51 |
| 7.1.3.2 | Lastra in calcare, densità 2330 kg/m ³ spessore 3 cm, naturale | 51 |
| 7.1.3.3 | Operazioni di cava, calcare, densità 2330 kg/m ³ | 52 |
| 7.1.3.4 | Operazioni in stabilimento calcare, densità 2330 kg/m ³ (2 cm) | 52 |
| 7.1.3.5 | Operazioni in stabilimento calcare, densità 2330 kg/m ³ (3 cm) | 52 |
| 7.1.4 | Processo produttivo delle lastre in calcare, densità 2170 kg/m ³ | 53 |
| 7.1.4.1 | Lastra in calcare, densità 2170 kg/m ³ spessore 2 cm, naturale | 53 |
| 7.1.4.2 | Lastra in calcare, densità 2170 kg/m ³ spessore 3 cm, naturale | 53 |
| 7.1.4.3 | Operazioni di cava, calcare, densità 2170 kg/m ³ | 54 |
| 7.1.4.4 | Operazioni in stabilimento calcare, densità 2170 kg/m ³ (2 cm) | 54 |
| 7.1.4.5 | Operazioni in stabilimento calcare, densità 2170 kg/m ³ (3 cm) | 54 |
| 7.1.5 | Processo produttivo delle lastre in arenaria, densità 2500 kg/m ³ | 55 |
| 7.1.5.1 | Lastra in arenaria, densità 2500 kg/m ³ spessore 2 cm, naturale | 55 |
| 7.1.5.2 | Lastra in arenaria, densità 2500 kg/m ³ spessore 3 cm, naturale | 55 |
| 7.1.5.3 | Operazioni di cava arenaria, densità 2500 kg/m ³ | 56 |
| 7.1.5.4 | Operazioni in stabilimento arenaria, densità 2500 kg/m ³ (2 cm) | 56 |
| 7.1.5.5 | Operazioni in stabilimento arenaria, densità 2500 kg/m ³ (3 cm) | 57 |
| 7.1.6 | Processo produttivo delle lastre in pietra vulcanica | 57 |
| 7.1.6.1 | Lastra in pietra vulcanica spessore 2 cm, naturale | 57 |
| 7.1.6.2 | Lastra in pietra vulcanica spessore 3 cm, naturale | 57 |
| 7.1.6.3 | Operazioni di cava pietra vulcanica | 58 |
| 7.1.6.4 | Operazioni in stabilimento pietra vulcanica (2 cm) | 58 |
| 7.1.6.5 | Operazioni in stabilimento pietra vulcanica (3 cm) | 59 |
| 7.1.7 | Processo produttivo delle lastre in arenaria, densità 2550 kg/m ³ | 59 |
| 7.1.7.1 | Lastra in arenaria, densità 2550 kg/m ³ spessore 2 cm, naturale | 59 |
| 7.1.7.2 | Lastra in arenaria, densità 2550 kg/m ³ spessore 3 cm, naturale | 60 |
| 7.1.7.3 | Operazioni di cava arenaria, densità 2550 kg/m ³ | 60 |
| 7.1.7.4 | Operazioni in stabilimento arenaria, densità 2550 kg/m ³ (2 cm) | 60 |
| 7.1.7.5 | Operazioni in stabilimento arenaria, densità 2550 kg/m ³ (3 cm) | 61 |
| 7.2 | Sviluppo dei datasets | 61 |
| 8 | Valutazione degli impatti ambientali | 63 |
| 8.1 | Indicatori di impatto breccia monogenica (CEP) | 64 |

| | | |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 8.1.1 | Caratterizzazione - Breccia monogenica sp. 2 cm | 64 |
| 8.1.2 | Normalizzazione – Breccia monogenica sp. 2 cm | 65 |
| 8.1.3 | Pesatura – Breccia monogenica sp. 2 cm | 66 |
| 8.1.4 | Caratterizzazione - Breccia monogenica sp. 2 cm con trattamento superficiale (bocciardatura/levigatura/sabbiatura/rigatura) | 67 |
| 8.1.5 | Normalizzazione - Breccia monogenica sp. 2 cm con trattamento superficiale (bocciardatura/levigatura/sabbiatura/rigatura) | 68 |
| 8.1.6 | Pesatura - Breccia monogenica sp. 2 cm con trattamento superficiale (bocciardatura/levigatura/sabbiatura/rigatura) | 69 |
| 8.1.7 | Caratterizzazione - Breccia monogenica sp. 3 cm | 71 |
| 8.1.8 | Normalizzazione – Breccia monogenica sp. 3 cm | 72 |
| 8.1.9 | Pesatura – Breccia monogenica sp. 3 cm | 72 |
| 8.2 | Indicatori di impatto Calcare, densità 1980 kg/m ³ (BS) | 74 |
| 8.2.1 | Caratterizzazione - Calcare, densità 1980 kg/m ³ sp. 2 cm | 74 |
| 8.2.2 | Normalizzazione – Calcare, densità 1980 kg/m ³ sp. 2 cm | 75 |
| 8.2.3 | Pesatura – Calcare, densità 1980 kg/m ³ sp. 2 cm | 75 |
| 8.2.4 | Caratterizzazione - Calcare, densità 1980 kg/m ³ sp. 3 cm | 76 |
| 8.2.5 | Normalizzazione – Calcare, densità 1980 kg/m ³ sp. 3 cm | 77 |
| 8.2.6 | Pesatura - Calcare, densità 1980 kg/m ³ sp. 3 cm | 77 |
| 8.3 | Indicatori di impatto Calcare, densità 2330 kg/m ³ (GS) | 78 |
| 8.3.1 | Caratterizzazione - Calcare, densità 2330 kg/m ³ sp. 2 cm | 78 |
| 8.3.2 | Normalizzazione – Calcare, densità 2330 kg/m ³ sp. 2 cm | 79 |
| 8.3.3 | Pesatura – Calcare, densità 2330 kg/m ³ sp. 2 cm | 79 |
| 8.3.4 | Caratterizzazione - Calcare, densità 2330 kg/m ³ sp. 3 cm | 80 |
| 8.3.5 | Normalizzazione – Calcare, densità 2330 kg/m ³ sp. 3 cm | 81 |
| 8.3.6 | Pesatura – Calcare, densità 2330 kg/m ³ sp. 3 cm | 82 |
| 8.4 | Indicatori di impatto Calcare, densità 2170 kg/m ³ (MS) | 83 |
| 8.4.1 | Caratterizzazione - Calcare, densità 2170 kg/m ³ sp. 2 cm | 83 |
| 8.4.2 | Normalizzazione – Calcare, densità 2170 kg/m ³ sp. 2 cm | 84 |
| 8.4.3 | Pesatura – Calcare, densità 2170 kg/m ³ sp. 2 cm | 84 |
| 8.4.4 | Caratterizzazione - Calcare, densità 2170 kg/m ³ sp. 3 cm | 85 |
| 8.4.5 | Normalizzazione – Calcare, densità 2170 kg/m ³ sp. 3 cm | 86 |
| 8.4.6 | Pesatura – Calcare, densità 2170 kg/m ³ sp. 3 cm | 86 |
| 8.5 | Indicatori di impatto Arenaria, densità 2500 kg/m ³ (SF) | 88 |
| 8.5.1 | Caratterizzazione - Arenaria, densità 2500 kg/m ³ sp. 2 cm | 88 |
| 8.5.2 | Normalizzazione – Arenaria, densità 2500 kg/m ³ sp. 2 cm | 89 |
| 8.5.3 | Pesatura – Arenaria, densità 2500 kg/m ³ sp. 2 cm | 89 |
| 8.5.4 | Caratterizzazione - Arenaria, densità 2500 kg/m ³ sp. 3 cm | 91 |
| 8.5.5 | Normalizzazione – Arenaria, densità 2500 kg/m ³ sp. 3 cm | 92 |
| 8.5.6 | Pesatura – Arenaria, densità 2500 kg/m ³ sp. 3 cm | 92 |
| 8.6 | Indicatori di impatto Pietra vulcanica (LS) | 94 |
| 8.6.1 | Caratterizzazione - Pietra vulcanica sp. 2 cm | 94 |
| 8.6.2 | Normalizzazione – Pietra vulcanica sp. 2 cm | 95 |

| | | |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.6.3 | Pesatura - Pietra vulcanica sp. 2 cm | 95 |
| 8.6.4 | Caratterizzazione - Pietra vulcanica sp. 3 cm | 96 |
| 8.6.5 | Normalizzazione - Pietra vulcanica sp. 3 cm | 97 |
| 8.6.6 | Pesatura - Pietra vulcanica sp. 3 cm | 97 |
| 8.7 | Indicatori di impatto Arenaria, densità 2550 kg/m ³ (SS) | 98 |
| 8.7.1 | Caratterizzazione - Arenaria, densità 2550 kg/m ³ sp. 2 cm | 98 |
| 8.7.2 | Normalizzazione - Arenaria, densità 2550 kg/m ³ sp. 2 cm | 99 |
| 8.7.3 | Pesatura - Arenaria, densità 2550 kg/m ³ sp. 2 cm | 99 |
| 8.7.4 | Caratterizzazione - Arenaria, densità 2550 kg/m ³ sp. 3 cm | 100 |
| 8.7.5 | Normalizzazione - Arenaria, densità 2550 kg/m ³ sp. 2 cm | 101 |
| 8.7.6 | Pesatura - Arenaria, densità 2550 kg/m ³ sp. 3 cm | 101 |
| 8.8 | Analisi di sensibilità | 103 |
| 9 | Interpretazione dei risultati | 104 |
| 9.1 | Categorie di impatto rilevanti | 104 |
| 9.2 | Fasi del ciclo di vita e processi rilevanti | 105 |
| 10 | Conclusioni | 109 |
| 11 | Bibliografia | 110 |

Lista delle Figure

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 1 - a. Indicatore di densità dei siti estrattivi attivi, produttivi e non produttivi (DSE) per comune espresso come numero siti estrattivi per 100 km ² . (Rielaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori da ISTAT, 2018); b. Indicatore di intensità di estrazione relativa a siti attivi produttivi (IE) per comune. Dati in tonnellate per km ² . (Rielaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori da ISTAT, 2018) | 13 |
| Fig. 2 - Classificazione petrografica dei litotipi secondo UNI EN 12670:2019. (Rielaborazione di Università degli Studi di Bergamo) | 17 |
| Fig. 3 - Quantità annue estratte di pietre ornamentali in metri cubi per regione. (Elaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori da Legambiente, 2021) | 20 |
| Fig. 4 - Istogramma sulla distribuzione percentuale in base ai volumi delle pietre ornamentali in Italia suddivisa in base alle quattro principali famiglie petrografiche (Elaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori da Rapporto ASI 2022 - ISTAT, 2022) | 21 |
| Fig. 5 - Formazione geologica italiana (Elaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori da Eurolithos, 2021) | 22 |
| Fig. 6 - Criteri di assegnazione del punteggio secondo lo schema Ecolabel sulle coperture dure. (Elaborazione di Università degli Studi di Bergamo) | 30 |
| Fig. 7 - Diagramma di flusso relativo al ciclo produttivo delle pietre ornamentali | 36 |
| Fig. 8 – Diagramma di flusso relativo al ciclo produttivo della breccia | 38 |
| Fig. 9 - Diagramma di flusso relativo al ciclo produttivo dalla pietra arenaria | 39 |
| Fig. 10 – Diagramma di flusso relativo al ciclo produttivo dalla pietra calcarea | 41 |
| Fig. 11 - Diagramma di flusso relativo al ciclo produttivo dalla pietra vulcanica | 41 |
| Fig. 12 - Procedura di raccolta dati (Elaborazione di Università di Bergamo) | 44 |

Lista delle Tabelle

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 1 - Siti estrattivi e stato di attività per regione nell'anno 2018. (Rielaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori da ISTAT, 2020) | 14 |
| Tab. 2 - Ripartizione delle attività di cava per tipologia di materiale estratto (Rielaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori da Legambiente, 2021) | 15 |
| Tab. 3- Inquadramento della classificazione commerciale delle pietre ornamentali secondo UNI 8458:1983 | 18 |
| Tab. 4 - Quadro di riepilogo delle norme di prodotto sui requisiti prestazionali per i prodotti in pietra naturale | 19 |
| Tab. 5 - Dato aggregato di riferimento delle imprese attive con riferimento al codice ATECO 2007B al livello nazionale. (Rielaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori ISTAT, 2021) | 23 |
| Tab. 6 - Volumi export di prodotti in pietra naturale (Fonte: Confindustria Marmomacchine, 2023) | 23 |
| Tab. 7 - Export di prodotti grezzi e lavorati come da classificazione per tipologia di merce come da Standard armonizzato (HS). Dati in milioni di tonnellate (Rielaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori Confindustria Marmomacchine, 2023) | 24 |
| Tab. 8 - Principali studi LCA condotti a partire dal 2002 sulle pietre ornamentali | 25 |
| Tab. 9 - Aspetti ambientali nell'attività estrattiva | 27 |
| Tab. 10 - Quadro di riferimento delle dichiarazioni EPD di pietre ornamentali nazionali e internazionali | 33 |
| Tab. 11 – Gruppo di lavoro dello studio di filiera | 34 |
| Tab. 12 - Unità funzionale delle lastre di pietra di rivestimento | 35 |
| Tab. 13 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in breccia monogenica spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali | 45 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 14 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in breccia monogenica spessore 2 cm bocciardata | 45 |
| Tab. 15 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in breccia monogenica spessore 2 cm levigata | 45 |
| Tab. 16 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in breccia monogenica spessore 2 cm sabbata | 46 |
| Tab. 17 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in breccia monogenica spessore 2 cm rigata | 46 |
| Tab. 18 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in breccia monogenica spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali | 47 |
| Tab. 19 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava. I valori sono riferiti a 1 ton di Breccia monogenica | 47 |
| Tab. 20 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in Breccia monogenica spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali | 48 |
| Tab. 21 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in breccia monogenica spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali | 48 |
| Tab. 22 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in calcare, densità 1980 kg/m ³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali | 48 |
| Tab. 23 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in calcare, densità 1980 kg/m ³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali | 49 |
| Tab. 24 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava. I valori sono riferiti a 1 ton di calcare, densità 1980 kg/m ³ | 49 |
| Tab. 25 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in calcare, densità 1980 kg/m ³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali | 50 |
| Tab. 26 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in calcare, densità 1980 kg/m ³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali | 50 |
| Tab. 27 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in calcare, densità 2330 kg/m ³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali | 51 |
| Tab. 28 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in calcare, densità 2330 kg/m ³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali | 51 |
| Tab. 29 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava. I valori sono riferiti a 1 ton di calcare, densità 2330 kg/m ³ | 52 |
| Tab. 30 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in calcare, densità 2330 kg/m ³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali | 52 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 31 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in calcare, densità 2330 kg/m ³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali | 52 |
| Tab. 32 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in calcare, densità 2170 kg/m ³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali | 53 |
| Tab. 33 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in calcare, densità 2170 kg/m ³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali | 53 |
| Tab. 34 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava. I valori sono riferiti a 1 ton di calcare, densità 2170 kg/m ³ | 54 |
| Tab. 35 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in calcare, densità 2170 kg/m ³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali | 54 |
| Tab. 36 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in calcare, densità 2170 kg/m ³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali | 54 |
| Tab. 37 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in arenaria, densità 2500 kg/m ³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali | 55 |
| Tab. 38 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in arenaria, densità 2500 kg/m ³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali | 55 |
| Tab. 39 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava. I valori sono riferiti a 1 ton di arenaria, densità 2500 kg/m ³ | 56 |
| Tab. 40 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in arenaria, densità 2500 kg/m ³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali | 56 |
| Tab. 41 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in arenaria, densità 2500 kg/m ³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali | 57 |
| Tab. 42 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in pietra vulcanica spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali | 57 |
| Tab. 43 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in pietra vulcanica spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali | 57 |
| Tab. 44 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava. I valori sono riferiti a 1 ton di pietra vulcanica | 58 |
| Tab. 45 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in pietra vulcanica spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali | 58 |
| Tab. 46 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in pietra vulcanica spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali | 59 |
| Tab. 47 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in arenaria, densità 2550 kg/m ³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali | 59 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tab. 48 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in arenaria, densità 2550 kg/m ³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali | 60 |
| Tab. 49 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava. I valori sono riferiti a 1 ton di arenaria, densità 2550 kg/m ³ | 60 |
| Tab. 50 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in arenaria, densità 2550 kg/m ³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali | 60 |
| Tab. 51 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m ² di lastra in arenaria, densità 2550 kg/m ³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali | 61 |
| Tab. 52 - Scenari di modellazione dell'analisi di sensibilità rispetto al consumo minimo e massimo del taglio a misura delle lastre | 103 |
| Tab. 53 - Risultati di normalizzazione relativi al confronto tra Scenario con consumo minimo e Scenario con consumo massimo | 103 |
| Tab. 54 - Contributo percentuale delle categorie di impatto più rilevanti sui diversi litotipi nello spessore di 2 e 3 cm, in evidenza le % >20 | 104 |
| Tab. 55 - Contributo percentuale delle fasi del ciclo di vita della lastra naturale di breccia monogenica sp. 2 cm e dettaglio sulle categorie d'impatto più rilevanti | 105 |
| Tab. 56 - Contributo percentuale delle fasi del ciclo di vita della lastra naturale di calcare densità 1980 kg/m ³ sp. 2 cm e dettaglio sulle categorie d'impatto più rilevanti | 106 |
| Tab. 57 - Contributo percentuale delle fasi del ciclo di vita della lastra naturale di Arenaria, densità 2500 kg/m ³ sp. 2 cm e dettaglio sulle categorie d'impatto più rilevanti | 107 |
| Tab. 58 - Contributo percentuale delle fasi del ciclo di vita della lastra naturale di Arenaria, densità 2550 kg/m ³ sp. 2 cm e dettaglio sulle categorie d'impatto più rilevanti | 107 |

Lista degli Acronimi

| ACRONIMO | DENOMINAZIONE COMPLETA |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| CFF | Circular Footprint Formula |
| CPA | Classification of Products by Activity |
| CRESME | Centro Ricerche Economiche, Sociologiche e di Mercato per l'Edilizia e il Territorio |
| DNM | Data Needs Matrix |
| DQR | Data Quality Rating |
| EF | Environmental Footprint |
| EoL | End-of-Life |
| EU | European Union |
| FPC | Factory Production Control |
| FSC | Forest Stewardship Council |
| FU o UF | Functional Unit |
| GR | Geographical Representativeness |
| GHG | Greenhouse Gas |
| GWP | Global Warming Potential |
| ILCD | International Reference Life Cycle Data System |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change |
| ISO | International Organisation for Standardisation |
| LCA | Life Cycle Assessment |
| LCI | Life Cycle Inventory |
| LCIA | Life Cycle Impact Assessment |
| N/A | Not applicable |
| NDA | Non-Disclosure Agreement |
| NGO | Non-Governmental Organisation |
| NMVOC | Non-methane volatile compounds |
| P | Precision |
| PCR | Product Category Rules |
| PEF | Product Environmental Footprint |
| PEFC | Programme for the Endorsement of Forest Certification |
| PEFCR | Product Environmental Footprint Category Rules |
| RF | Reference Flow |
| SB | System Boundary |
| SME | Small and medium-sized enterprises |
| TeR | Technical Representativeness |
| TiR | Time Representativeness |
| TS | Technical Secretariat |
| UNEP | United Nations Environment Programme |
| UUID | Universally Unique Identifier |

1 Sintesi

Il presente report è frutto del lavoro condotto dal gruppo di ricerca coordinato dall'arch. Ph.D. Elisabetta Palumbo del Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate (DISA) dell'Università degli Studi di Bergamo su incarico di ENEA quale capofila del progetto Arcadia - Approccio ciclo di vita nei contratti pubblici e banca dati italiana LCA.

L'obiettivo dello studio è la quantificazione delle performance ambientali di prodotti rappresentativi della filiera italiana delle pietre ornamentali, designate con il codice CPA (Classification of Products by Activity) 08.11 "*Ornamental and building stone, limestone and gypsum, chalk and slate*".

Il lavoro si struttura in una prima parte in cui si inquadrano le principali tecniche estrattive e produttive di maggior impiego in ambito nazionale, seguita da una esamina della variabilità geologica delle pietre ornamentali estratte in Italia e la relativa distribuzione sul territorio, per poi passare all'analisi di quattro diverse tipologie petrografiche così classificate: pietra vulcanica, pietra arenaria, calcare e breccia monogenica dolomitica. Le cave coinvolte nella raccolta dati sono 7 e sono dislocate in 4 diverse regioni italiane (Lombardia, Veneto, Toscana e Lazio).

Di conseguenza lo studio *Life Cycle Assessment* (LCA), condotto secondo le norme ISO 14040:2006 e 14044:2006 per l'impostazione metodologica e la UNI EN 15804:2012+A2:2019 per le specificità connesse all'ambito delle costruzioni, prende in esame un **m² di lastra di pietra ornamentale** nelle seguenti tre fasi:

- **estrazione in cava, espressa come 1 tonnellata di blocco di pietra**, nelle tre diverse tecniche estrattive (esplosivo, sega a catena e filo diamantato),
- **trasporto dalla cava allo stabilimento di trasformazione, assumendo il valore tonnellata per distanza chilometrica (tkm),**
- **lavorazione da tonnellata di blocco a 1 m² di lastra di rivestimento**, che comprende la segagione e rifilatura del blocco in lastra, il taglio a misura (di tipo standard) e solo per la breccia monogenica eventuali trattamenti superficiali quali bocciardatura, rigatura, levigatura e sabbiatura.

Lo studio LCA sviluppato è del tipo "*from cradle-to-gate*", ovvero analizza tutte le fasi fino al cancello del laboratorio di trasformazione, escludendo quindi la distribuzione del prodotto, le successive fasi di applicazione, le eventuali manutenzioni e ripristini nel tempo, il fine vita e gli eventuali ricicli/recuperi post uso. La scelta di escludere gli step successivi all'uscita del litotipo dallo stabilimento produttivo risiede nella difficoltà a contenere il numero di scenari in uso possibili (es. lastre per pavimentazioni, marmette da rivestimento, etc.), data la variabilità ed eterogeneità applicativa possibile a cui inevitabilmente corrisponde una diversa prestazione, durabilità e manutenzione. I dati utilizzati sono di qualità prevalentemente buona, trattandosi di dati primari raccolti presso aziende produttive italiane, e supportati da un confronto con esperti quali geologi, tecnici del settore, oltre che con dati desunti dalla letteratura¹.

Si ringraziano le aziende Casone Group S.p.A., Marini Marmi s.r.l., Grassi Pietre s.r.l. e Santafiora s.r.l. per aver contribuito con i dati forniti allo sviluppo del presente studio e alla conseguente creazione dei dataset per la banca dati di Arcadia. Un ringraziamento, inoltre, alla dottoressa

¹ Cfr. par. 3.5

Simonetta Sbrighi della Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT) per il prezioso supporto sul tema delle emissioni legate alle attività produttive del settore lapideo.

2 Scopo del documento

Il presente rapporto è stato realizzato all'interno del progetto Arcadia - Approccio ciclo di vita nei contratti pubblici e banca dati italiana LCA, finanziato dal PON Governance e Capacità Istituzionali 2014-2020, come output dell'Azione 5 "Analisi e raccolta dati per la costituzione della banca dati". Questo rapporto rientra nella sotto-azione A5.3 "raccolta dati prodotto/servizio lungo il ciclo di vita ed elaborazione dei documenti".

Il focus dello studio è la produzione di alcune delle principali pietre ornamentali italiane.

3 Descrizione della filiera

3.1 Inquadramento nazionale

La filiera delle pietre naturali in edilizia include quei minerali che tradizionalmente sono utilizzati nella costruzione assolvendo funzioni strutturali o ornamentali.

Lo studio definito nell'ambito del progetto Arcadia si concentra su quest'ultima filiera, quindi riguarda la produzione di elementi, geometricamente definibili come lastre, utilizzate come pavimenti e rivestimenti nel settore delle costruzioni.

Il settore delle costruzioni si alimenta di una percentuale di risorse naturali estratte pari al 50% della totalità del materiale e produce circa il 35% dei rifiuti complessivi dell'Unione Europea (COM (2020) 98 final).

La produzione di componenti in pietra naturale con funzione ornamentale per il settore edile interessa due aspetti dello sviluppo della Banca Dati che si ritengono strategici. Il primo riguarda il peso economico del comparto produttivo che, come verrà meglio esplicitato di seguito, ancorché costituito da realtà puntuali, impegna l'Italia per una mole di materiale estratto pari a 6.2 milioni di mc annui (Legambiente, 2021), e si qualifica, al livello mondiale, come sesto Paese produttore di prodotti finiti in pietre ornamentali (Marmomacchine, 2023), il mercato dell'export, secondo le stime di Legambiente (2021) vale 1.78 miliardi di euro nel 2020, nonostante copra il 9% del totale dei materiali estratti da cava (Tab.1).

Il secondo aspetto riguarda il peso ambientale legato all'attività estrattiva e in stabilimento. Le indagini condotte dall'ISTAT sul territorio evidenziano una distribuzione delle cave come riportato in Fig. 1 di queste circa il 25% delle cave in Italia riguarda la filiera delle pietre ornamentali come riportato in Tab. 02.

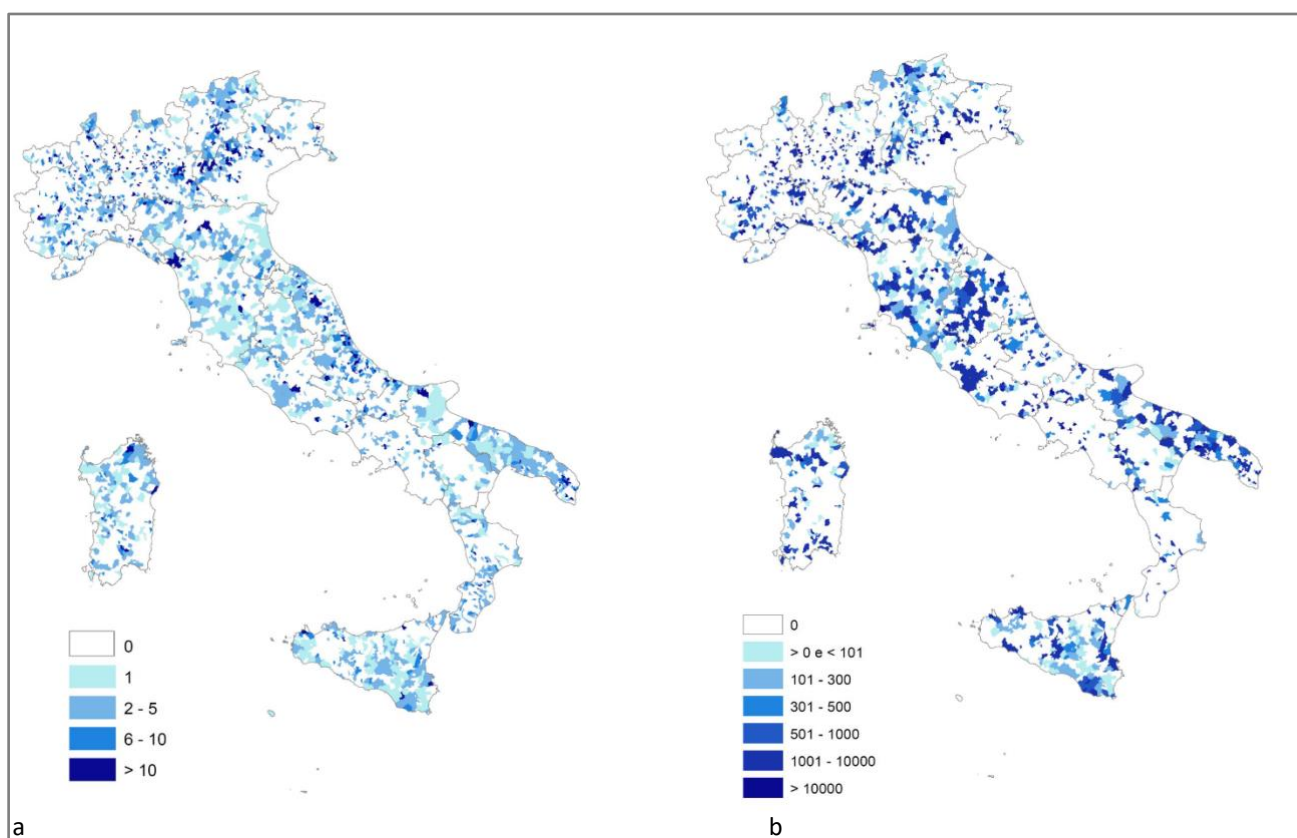


Fig. 1 - a. Indicatore di densità dei siti estrattivi attivi, produttivi e non produttivi (DSE) per comune espresso come numero siti estrattivi per 100 km². (Rielaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori da ISTAT, 2018); b. Indicatore di intensità di estrazione relativa a siti attivi produttivi (IE) per comune. Dati in tonnellate per km². (Rielaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori da ISTAT, 2018)

| REGIONI | STATO DI ATTIVITÀ | | | |
|-------------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|
| | Siti attivi | Di cui produttivi nell'anno | Siti non attivi | Totale |
| Piemonte | 314 | 197 | 40 | 354 |
| Valle d'Aosta | 27 | 15 | 3 | 30 |
| Liguria | 61 | 45 | 17 | 78 |
| Lombardia | 382 | 274 | 55 | 437 |
| Provincia Autonoma di Bolzano | 119 | 90 | 22 | 141 |
| Provincia Autonoma di Trento | 131 | 99 | 9 | 140 |
| Veneto | 351 | 136 | 24 | 375 |
| Friuli – Venezia Giulia | 54 | 42 | 8 | 62 |
| Emilia - Romagna | 173 | 142 | 36 | 209 |
| Toscana | 287 | 221 | 54 | 341 |
| Umbria | 60 | 48 | 13 | 73 |
| Marche | 166 | 48 | 11 | 177 |
| Lazio | 175 | 102 | 30 | 205 |
| Abruzzo | 128 | 72 | 28 | 156 |
| Molise | 42 | 36 | 7 | 49 |
| Campania | 60 | 37 | 15 | 75 |
| Puglia | 341 | 137 | 61 | 402 |
| Basilicata | 51 | 39 | 11 | 62 |
| Calabria (c) | 42 | 30 | 6 | 48 |
| Sicilia (c) | 247 | 186 | 61 | 308 |
| Sardegna | 124 | 85 | 82 | 206 |
| <i>Nord-Ovest</i> | 784 | 551 | 115 | 899 |
| <i>Nord-Est</i> | 828 | 509 | 99 | 927 |
| <i>Centro</i> | 688 | 419 | 108 | 796 |
| <i>Sud</i> | 664 | 351 | 128 | 792 |
| <i>Isole</i> | 371 | 271 | 143 | 514 |
| ITALIA | 3.335 | 2.081 | 593 | 3.928 |

Tab. 1 - Siti estrattivi e stato di attività per regione nell'anno 2018. (Rielaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori da ISTAT, 2020)

In particolare, la Tab. 2 presenta la distribuzione sul territorio delle cave per materiali litici ornamentali.

| DESCRIZIONE TIPOLOGIA MATERIALE ESTRATTO | RIPARTIZIONE N CAVE AUTORIZZATE | RIPARTIZIONE DELLE QUANTITÀ DI MATERIALE ESTRATTO |
|------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------|
| Basalto/tufo/argilla | 4,7% | 4,2% |
| Argilla | 5,9% | 5,2% |
| Calcare e gesso | 32,5% | 39% |
| Torba | 0,3% | 0,1% |
| Pietre ornamentali | 24,9% | 9% |
| Sabbia e ghiaia | 31,7% | 42,5% |

Tab. 2 - Ripartizione delle attività di cava per tipologia di materiale estratto (Rielaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori da Legambiente, 2021)

Si tratta dunque di un settore ritenuto di interesse strategico dalla Cabina di Regia per le finalità del progetto Arcadia e del Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica. In primo luogo perché contribuisce alla definizione di un quadro completo sul ciclo di vita dei materiali da costruzione, quindi risulta dirimente nell’ottica di orientare gli appalti della PA nel settore delle costruzioni verso gli Acquisti Verdi², attraverso l’applicazione dei Criteri Ambientali Minimi (CAM)³. Infatti, nella revisione dei CAM Edilizia del 4 dicembre 2022 alle lastre per pavimenti e rivestimenti è dedicato uno specifico sottoparagrafo “2.5.10.1 – Pavimentazioni dure”, in cui sono dettagliati i criteri specifici a cui riferirsi e che ingloba anche altre tipologie di materiali come le ceramiche e i conglomerati cementizi.

In secondo luogo, per le interessanti possibilità di interconnessione delle fasi del ciclo di vita della produzione delle lastre litiche di rivestimento con altre filiere, come ad esempio l’utilizzo di sottoprodotti nella filiera del calcestruzzo e dunque con una conseguente rivalutazione del mercato interno.

3.2 Litotipi italiani: classificazioni e nomenclature

Un’appropriata definizione di prodotti in pietra naturale è rintracciabile nello schema Ecolabel europeo sulle coperture dure (Donatello S. et al., 2021) secondo cui per ‘prodotto in pietra naturale’ “si intendono frammenti di roccia naturale, dalla quale i prodotti in pietra naturale sono stati tagliati e finiti in dimensioni, forme e proprietà specifiche di superficie in un impianto di trasformazione, mentre per ‘pietra da taglio’ il materiale intermedio che alimenta l’impianto di trasformazione e che consiste in grandi blocchi o grandi lastre di pietra naturale estratti dalla cava”⁴.

Una prima classificazione dei prodotti litici è quella petrografica definita dalla norma UNI EN 12670:2019 “Pietre naturali – Terminologia” che suddivide i prodotti lapidei utilizzati in edilizia in relazione alla loro genesi, dividendoli in: rocce ignee (ulteriormente suddivise in plutoniche, ultrafemiche e vulcaniche), sedimentarie e metamorfiche (Fig. 2).

Il tema della classificazione dei prodotti lapidei ornamentali è affrontato con completezza scientifica”, che di cui si estrae di seguito una sintesi della tassonomia riportata in Appendice A della norma “Esempi di famiglie/gruppi petrografici delle rocce utilizzate nelle costruzioni”.

Oltre che dalla norma europea EN 12670 le condizioni di base relative alle pietre naturali sono chiarite, rispettivamente da:

² Piano di Azione Nazionale per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione, adottato con Decreto Interministeriale dell’11 aprile 2008 (G.U. n. 107 dell’8 maggio 2008).

³ Criteri Ambientali Minimi sono requisiti per l’affidamento dei servizi di progettazione e lavori di nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici. I CAM Edilizia sono attualmente disciplinati dal DM 23 giugno 2022, n. 256.

⁴ Traduzione ad opera degli autori, pag. 9 e 10 (Donatello et al., 2021), da “‘natural stone product’ and ‘dimension stone’ mean pieces of naturally occurring rock, where the natural stone products have been cut and finished to specified sizes, shapes and surface properties in a transformation plant, whereas dimension stone is the intermediate input material to the transformation plant, consisting of large blocks or slabs of naturally occurring rock obtained from quarrying operations”.

- la EN 12407 (Metodi di prova per pietre naturali - Esame petrografico), che fornisce le indicazioni per l'esecuzione degli esami necessari per l'attribuzione del nome petrografico,
- la EN 12440 (Pietre naturali - Criteri per la denominazione), che specifica i criteri di designazione.

| ROCCE IGNEE | | | ROCCE SEDIMENTARIE | ROCCE METAMORFICHE |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ROCCE PLUTONICHE | | ROCCE ULTRAFEMICHE | ROCCE VULCANICHE | |
| FAMIGLIA DEI GABBRI | FAMIGLIA DELLE SIENITI | FAMIGLIA DELLE PERIDOTITI | FAMIGLIA DEI RIOLITI | FAMIGLIA DEI CALCARI |
| Quarzo -monzogabbro Monzogabbro Anortosite contenente foidi Quarzo -gabbro Norite Norite a olivina Norite a clinopirossene Gabbronorite Gabbronorite ol ivinica Gabbro a ortopirossene Gabbro Gabbro olivinico Troctolite Gabbro a orneblenda e pirosseno Gabbro a orneblenda Gabbro contenente foidi | Quarzo -sienite a feldspati alcalini Sienite a feldspati alcalini Sienite a feldspati alcalini contenente foidi Quarzo -sienite Sienite Sienite contenente foidi Quarzo -monzonite Monzonite Anortosite contenente foidi | Dunite Peridotite a pirosseno contenente plagioclasio Peridotite a pirosseno Harzburgite Lherzollite Wehrlite Peridotite a pirosseno e orneblenda Peridotite a orneblenda | Riolite a feldspati alcalini Riolite Dacite | Calcarei Calcarei dolomici Calcarei micritici Calcarei sparitici Calcarei oolitici |
| FAMIGLIA DEI GRANITI | FAMIGLIA DELLE SIENITI A FOIDI | FAMIGLIA DELLE PIROSSENITI | FAMIGLIA DEI TRACHITI | FAMIGLIA DELLE DOLOMITI |
| Granitoidi ricchi di quarzo Quarzo a feldspati alcalini Granito Granodiorite Tonalite | Sienite a foidi Monzosienite a foidi | Pirosenite a olivina Pirossetine a olivina contenente plagioclasio Ortopirossetine a olivina Websterite a olivina Cliropirosenite a olivina Pirosenite Pirossetine contenente plagioclasio Ortopirossetine Websterite Cliropirosenite Pirosenite olivinica a orneblenda Pirosenite a orneblenda Pirossetine a orneblenda contenente plagioclasio | Trachite a feldspati alcalini e quarzo Trachite a feldspati alcalini Trachite a feldspati alcalini contenente foidi Quarzo -Trachite Trachite Trachite contenente foidi Quarzo latite Latite Latite contenente foidi | Dolomite Dolomite calcarea Dolomia |
| FAMIGLIA DELLE DIORITI | FAMIGLIA DELLE DIORITI A FOIDI | | FAMIGLIA DELLE ANDESITI | FAMIGLIA DELLE MARNE |
| Quarzo - monzodiorite Monzodiorite Anortosite contenente foidi Diorite | Diorite a foidi Monzosienite a foidi | | Andesite | Marna |
| | FAMIGLIA DELLE GABBRI A FOIDI | | FAMIGLIA DEI BASALTI | FAMIGLIA DELLE ARENARIE |
| | Gabbro a foidi Monzosienite a foidi | | Basalto | Quarzo - arenite Quarzo - grovacca Subarcosa Arenite sublitica Arenite subfeldspatica |
| | FAMIGLIA DELLE ANORTOSITI | | FAMIGLIA DEI FONOLITI | FAMIGLIA DELLE EVAPORITI |
| | Quarzo - anortosite Anortosite Anortosite contenente foidi | | Fonolite Fonolite tefritica | Gesso Halite |
| | FAMIGLIA DEI FOIDOLITI | FAMIGLIA DELLE ORNEBLENDITI | FAMIGLIA DEI BASANITI | FAMIGLIA DELLE ARCOSE |
| | Foidolite | Orneblendite a pirosseno e olivina Orneblendite a olivina Orneblendite a pirosseno Orneblendite a pirosseno contenente plagioclasio Orneblendite Orneblendite contenente plagioclasio | Basanite fonolitica Basanite | Arcosa Litarenite arcocosa Arenite feldspatica Arcosa litica Arenite litica |
| | | | FAMIGLIA DEI TEFRITI | FAMIGLIA DELLE ROCCE SILICEE |
| | | | Tefrite fonolitica Tefrite | Rocce silicee |
| | | | FAMIGLIA DELLE FOIDITI | FAMIGLIA DELLE GROVACCHE |
| | | | Foidite fonolitica Foidite tefritica Foidite | Grovacca Grovacca feldspatica Grovacca arcocosa Grovacca litica |
| | | | | FAMIGLIA DEGLI ARGILLITI |
| | | | | Argillite, Fillite |
| | | | | FAMIGLIA DEI MARMI |
| | | | | Marmo calcitico Marmo calcitico - dolomitico Marmo dolomitico - calcitico Marmo dolomitico Ofcalcite |
| | | | | FAMIGLIA DEGLI GNEISS |
| | | | | Gneiss Migmatite Anatessite |
| | | | | FAMIGLIA DELLE SERPENTINITI |
| | | | | Serpentinite |
| | | | | FAMIGLIA DEI FELS |
| | | | | Fels ad albite Fels a clorite Glimmer fels Fels a orneblenda Fels a epidoto |
| | | | | FAMIGLIA DELLE ANFIBOLITI |
| | | | | Anfibolite Granulite |
| | | | | FAMIGLIA DELLE QUARZITI |
| | | | | Quarzite |
| | | | | FAMIGLIA DEGLI SCISTI VERDI |
| | | | | Scisto verde |
| | | | | FAMIGLIA DELLE ECLOGITI |
| | | | | Eclogite |

Fig. 2 - Classificazione petrografica dei litotipi secondo UNI EN 12670:2019. (Rielaborazione di Università degli Studi di Bergamo)

Un'ulteriore modalità di classificare i litotipi è quella basata sulla nomenclatura commerciale introdotta dalla norma UNI 8458:1983 e poi superata dalla UNI EN 12670:2003, che ne individua 4 macro-categorie (marmo, granito, travertino e pietra), raggruppate in relazione all'origine, composizione, durezza dei minerali di cui sono composti e lucidabilità di superficie (Tab. 3).

| TERMINE COMMERCIALE | DEFINIZIONE | TERMINI PETROGRAFICI CORRISPONDENTI |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Marmo | Roccia cristallina, compatta lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs ⁵ dell'ordine di 3 a 4 (quali calcite, dolomite, serpentino) | Marmi propriamente detti, calcefiri, cipollini, calcari, dolomie e brecce calcaree lucidabili; alabastri calcarei; serpentiniti; oficalci. |
| Granito | Roccia fanero-cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs dell'ordine di 6-7 (quali quarzo, feldspati e feldspatoidi) | Graniti propriamente detti; altre rocce magmatiche intrusive; rocce magmatiche effusive a struttura porfirica; alcune rocce metamorfiche di analoga composizione, come gneiss e serizzi. |
| Travertino | Roccia calcarea sedimentaria di deposito chimico con caratteristica struttura vacuolare, da decorazione e da costruzione; alcune varietà sono lucidabili. | Travertini |
| Pietra | Roccia da costruzione e/o da decorazione, di norma non lucidabile. | Rocce tenere e/o poco compatte (quali calcareniti, arenarie a cemento calcareo, peperini, tufi); rocce dure e/o compatte (quali quarziti, micascisti, gneiss lastroidi, ardesie, basalti, trachiti, leucititi) |

Tab. 3- Inquadramento della classificazione commerciale delle pietre ornamentali secondo UNI 8458:1983

Infine, a completamento del quadro conoscitivo, si riporta una sintesi sull'inquadramento delle norme armonizzate di prodotto che fissano i requisiti prestazionali connessi agli usi applicativi dei prodotti in pietra naturale (quali pavimentazioni esterne, scale, etc.) e i relativi metodi di prova (Tab. 4).

⁵ La scala di Mohs. Metodo per la determinazione della durezza dei minerali dovuto al mineralogista tedesco Friedrich Mohs (1773-1839). La s. di M. si basa sul criterio empirico della scalfittura. Con riferimento a dieci minerali (talco, gesso, calcite, fluorite, apatite, ortoclasio, quarzo, topazio, corindone, diamante), sono stabiliti livelli di durezza crescente da 1 (talco) a 10 (diamante), in modo tale che ogni minerale qualificato con uno di questi livelli scalfisce quello di livello inferiore ed è scalfito da quello di livello superiore (Fonte: Dizionario Treccani).

| RIFERIMENTO NORMATIVO | TITOLO | CONTENUTO DELLA NORMA |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UNI EN 1341:2013 | Lastre di pietra naturale per pavimentazioni esterne - Requisiti e metodi di prova | La norma specifica i requisiti prestazionali e i corrispondenti metodi di prova per tutte le lastre di pietra naturale destinate all'impiego in pavimentazioni esterne. È la versione ufficiale della norma europea EN 1341 (edizione novembre 2012) e sostituisce la UNI EN 1341:2003. |
| UNI EN 1342:2013 | Cubetti di pietra naturale per pavimentazioni esterne - Requisiti e metodi di prova | La norma specifica i requisiti prestazionali e i corrispondenti metodi di prova per tutti i cubetti di pietra naturale destinati all'impiego in pavimentazioni esterne. È la versione ufficiale della norma europea EN 1342 (edizione novembre 2012) e sostituisce la UNI EN 1342:2003. |
| UNI EN 1343: 2013 | Cordoli di pietra naturale per pavimentazioni esterne - Requisiti e metodi di prova | La norma specifica i requisiti prestazionali e i corrispondenti metodi di prova per tutti i cordoli di pietra naturale destinati all'impiego in pavimentazioni esterne. È la versione ufficiale della norma europea 1343 (edizione novembre 2012) e sostituisce la UNI EN 1343:2003. |
| UNI EN 12057:2015 | Prodotti di pietra naturale – Marmette modulari - Requisiti | La norma specifica i requisiti per le marmette modulari di pietra naturale per l'impiego in pavimentazioni, scale, rivestimenti e soffitti. Essa non tratta gli aggregati, i lapidei agglomerati e l'installazione. È la versione ufficiale della norma europea EN 12057 (edizione marzo 2015) |
| UNI EN 12058:2015 | Prodotti di pietra naturale - Lastre per pavimentazioni e scale - Requisiti | La norma specifica i requisiti per le lastre di pietra naturale per l'impiego come rivestimenti di pavimentazioni e scale. Essa non tratta gli aggregati, i lapidei agglomerati e l'installazione. La presente norma è la versione ufficiale della norma europea EN 12058 (edizione marzo 2015). |
| UNI EN 1469:2015 | Prodotti di pietra naturale - Lastre per pavimentazioni e scale - Requisiti | La norma specifica i requisiti per lastre di pietra naturale impiegate come rivestimenti e finiture di soffitti. Essa non tratta gli aggregati, i lapidei agglomerati e l'installazione. |

Tab. 4 - Quadro di riepilogo delle norme di prodotto sui requisiti prestazionali per i prodotti in pietra naturale

3.3 Prodotti rappresentativi della filiera nazionale

La filiera delle pietre ornamentali italiane è caratterizzata da realtà produttive organizzate per distretti e concentrate geograficamente in territori attigui alle principali cave di estrazione (Fig. 3).

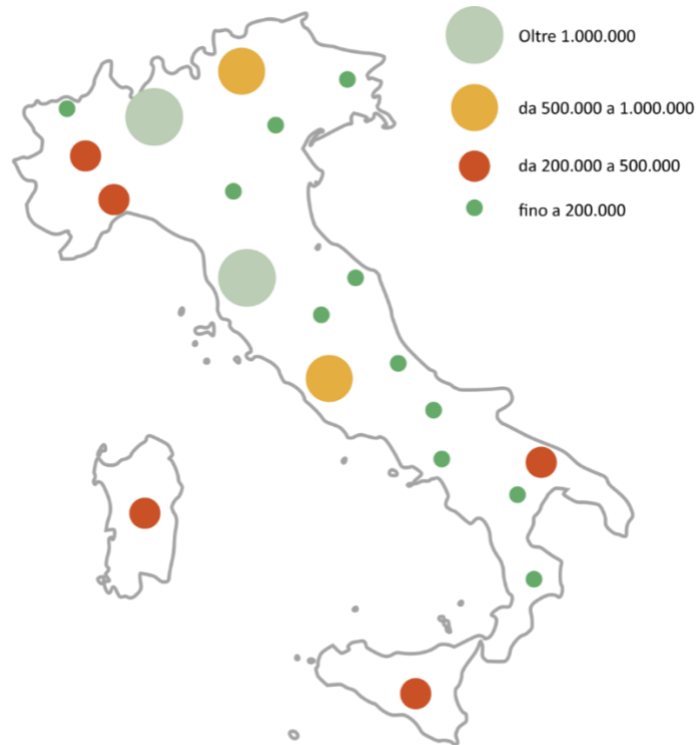


Fig. 3 - Quantità annue estratte di pietre ornamentali in metri cubi per regione. (Elaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori da Legambiente, 2021)

Come si evince nella Fig. 3, le regioni che hanno maggiore peso in termini di volumi sono Toscana, Lombardia e Provincia di Trento che rappresentano il 54,2% del totale estratto in Italia, seguite da Lazio e la Sardegna.

Come tipologie maggiormente estratte nelle diverse regioni, i calcari vengono estratte per lo più in Puglia (18%), i graniti in Sardegna (30%), i marmi per gran parte in Toscana (57%), mentre il porfido per la quasi totalità in Trentino-Alto Adige (81%).

Inoltre, la natura geologica composta dell'Italia dà luogo a una grande varietà di pietre ornamentali di diversa origine e periodo storico (Fig. 4).

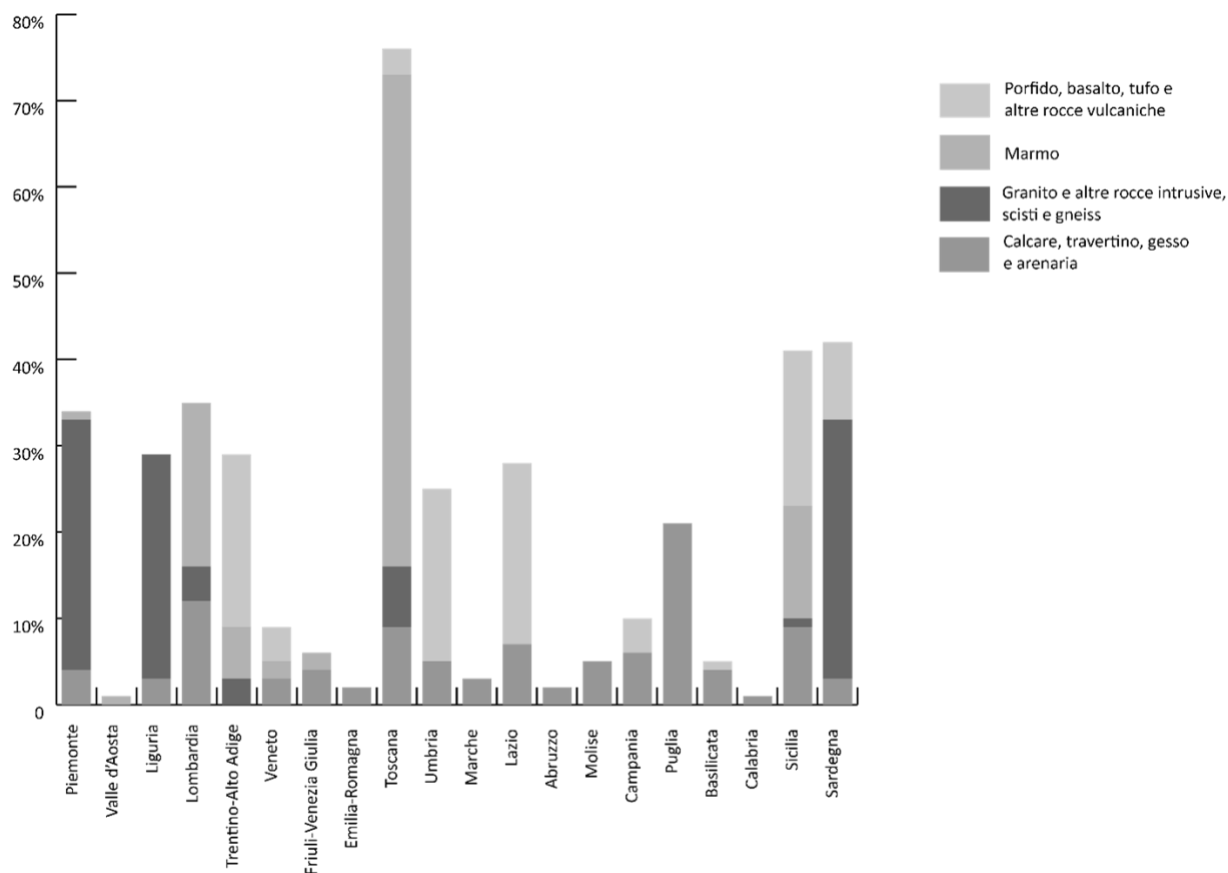


Fig. 4 - Istogramma sulla distribuzione percentuale in base ai volumi delle pietre ornamentali in Italia suddivisa in base alle quattro principali famiglie petrografiche (Elaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori da Rapporto ASI 2022 - ISTAT, 2022)

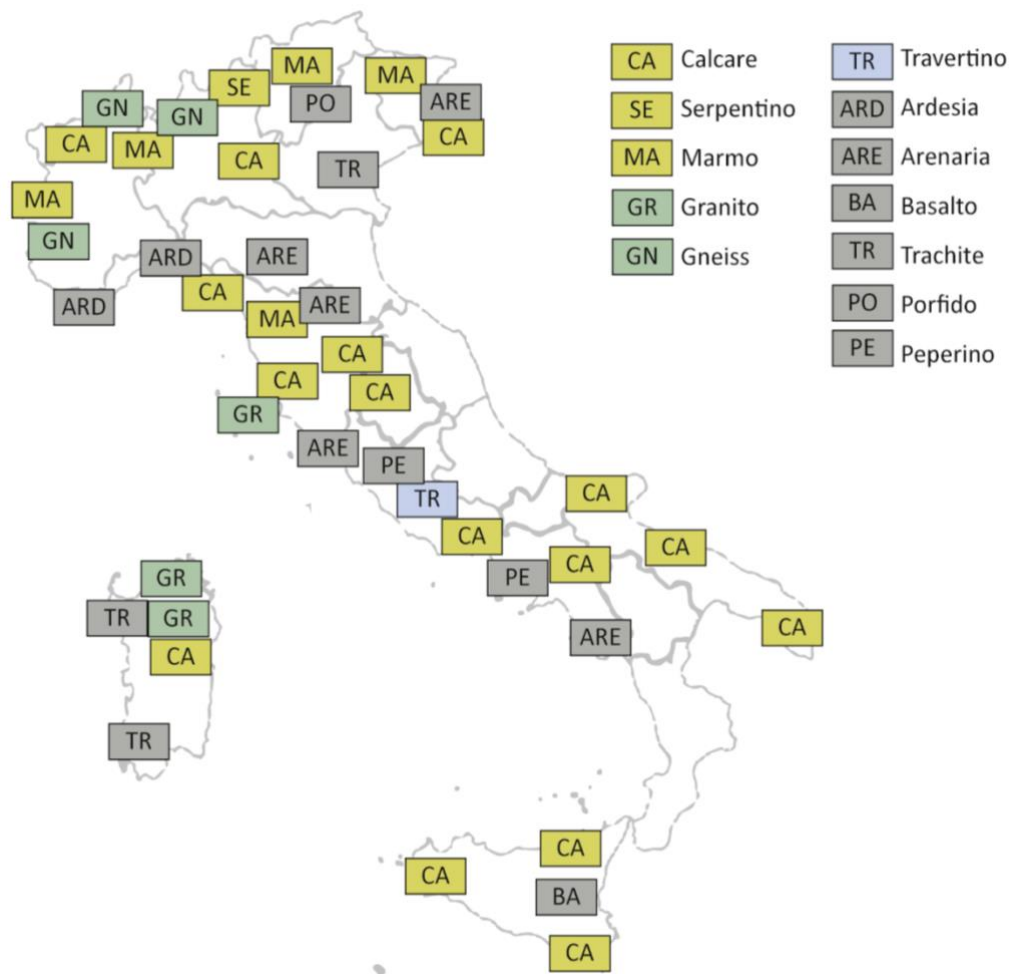


Fig. 5 - Formazione geologica italiana (Elaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori da Eurolithos, 2021⁶)

Pertanto, in linea con l'approccio metodologico definito nel progetto, per la identificazione dei materiali e prodotti litici rappresentativi del contesto nazionale, il lavoro ha seguito i seguenti passi:

- in prima analisi sono state identificate le regioni con maggiore capacità estrattiva, considerando la ripartizione geografica delle estrazioni di pietre ornamentali, espresse in metri cubi di quantità annue estratte (Fig. 3);
- successivamente, rispetto alle macro-famiglie di litoide- calcare, granito, marmo e porfido- estratte nelle diverse regioni, sono stati considerati i volumi e dunque le percentuali dei materiali maggiormente estratti partendo secondo i più recenti dati ISTAT (Fig. 4);
- si è passati quindi alla identificazione e conseguente mappatura dei litotipi presenti sul territorio nazionale, in base all'origine petrografica (Fig. 5),
- per concludere con la individuazione dei sette prodotti oggetto del presente studio, estratti in 7 differenti cave localizzate in 4 diverse regioni, rispettivamente, Lombardia, Veneto, Toscana e Lazio.

⁶ https://www.eurolithos.org/_files/ugd/2b8de6_1cb3afa8fde14250994511d8e400fc4f.pdf

3.4 Impatto socio-economico della filiera cave per estrazione di pietre naturali per l'edilizia con funzione ornamentale

L'attività estrattiva (codice ATECO 2007B) a livello nazionale, impegna un numero di addetti complessivo pari a circa 29.200 unità, (ISTAT, 2021) (Tab. 5).

| TIPO DATO | NUMERO IMPRESE ATTIVE | | | | | NUMERO ADDETTI DELLE IMPRESE ATTIVE (VALORI MEDI ANNUI) | | | | |
|------------------------------------------|-----------------------|-------|--------|-----------|------|------------------------------------------------------------|-------|--------|-----------|-------|
| | 0-9 | 10-49 | 50-249 | 250 E PIÙ | TOT | 0-9 | 10-49 | 50-249 | 250 E PIÙ | TOT |
| CLASSE DI ADDETTI ATECO 2007 | | | | | | | | | | |
| ESTRAZIONE DI MINERALI DA CAVE E MINIERE | 1389 | 393 | 45 | 4 | 1831 | 4023 | 7030 | 3845 | 13748 | 28648 |

Tab. 5 - Dato aggregato di riferimento delle imprese attive con riferimento al codice ATECO 2007B al livello nazionale. (Rielaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori ISTAT, 2021)

Stando ai dati ISTAT 2021 nelle regioni del Nord si concentra poco meno del 50% dei prelievi e, come già rilevato in premessa, l'Italia si distingue per un volume di esportazioni pari a 2343 tonnellate di prodotti in pietra naturale nel 2021, assorbendo una quota del mercato europeo pari al 15,6% (Tab. 6).

| PAESI | ABS. FIG. (000 TONS) | | | | TOTAL SHARES (%) | | | |
|------------|----------------------|--------|--------|--------|------------------|------|------|------|
| | 2010 | 2017 | 2018 | 2019 | 2010 | 2017 | 2018 | 2019 |
| BELGIO | 590 | 470 | 422 | 381 | 1,2 | 0,8 | 0,7 | 0,7 |
| BRASILE | 2.226 | 2.301 | 2.138 | 2.087 | 4,6 | 4,0 | 3,8 | 3,7 |
| FRANCIA | 257 | 316 | 248 | 384 | 1,5 | 0,5 | 0,4 | 0,7 |
| GERMANIA | 731 | 499 | 569 | 467 | 1,5 | 0,9 | 1,0 | 0,8 |
| GRECIA | 748 | 1.175 | 1.139 | 1.097 | 1,5 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| INDIA | 5.005 | 11.480 | 12.615 | 12.949 | 1,5 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| ITALIA | 3.144 | 2.925 | 2.643 | 2.524 | 6,5 | 5,0 | 4,7 | 4,5 |
| PORTOGALLO | 1.381 | 1.635 | 1.900 | 2.220 | 2,8 | 2,8 | 3,4 | 4,0 |
| SUD AFRICA | 373 | 368 | 367 | 337 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,6 |
| SPAGNA | 2.468 | 2.193 | 2.061 | 1.865 | 13,6 | 13,8 | 13,3 | 12,9 |
| TURCHIA | 6.603 | 7.984 | 7.513 | 7.215 | 13,6 | 13,8 | 13,3 | 12,9 |
| ALTRI | 12.476 | 15.298 | 14.712 | 14.836 | 25,7 | 26,4 | 26,0 | 26 |
| MONDO | 48.498 | 57.969 | 56.441 | 56.015 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tab. 6 - Volumi export di prodotti in pietra naturale (Fonte: Confindustria Marmomacchine, 2023)

Più in dettaglio, nel 2021 dei volumi totali esportati, circa il 54% (1262 tonnellate) ha riguardato i prodotti lavorati e ca. il 46% quelli grezzi, come meglio dettagliato in Tab. 7.

| PRODOTTO | | VALORE | | |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| HS | DESCRIZIONE | 2010 | 2020 | 2021 |
| 25.15 | Marmi, travertini, calcare di Ecaussines ed altre pietre calcaree da taglio o da costruzione con densità apparente uguale o superiore a 2,5, ed alabastro, anche sgrossati o semplicemente segati o altrimenti tagliati, in blocchi o in lastre di forma quadrata o rettangolare. | 1.321 | 774 | 951 |
| 25.16 | Granito, porfido, basalto, arenaria ed altre pietre da taglio o da costruzione, anche sgrossati o semplicemente segati o altrimenti tagliati, in blocchi o in lastre di forma quadrata o rettangolare. | 175 | 119 | 130 |
| TOTALE GREZZI | | 1.496 | 893 | 1.082 |
| 68.01 | Blocchetti e lastre per pavimentazioni, bordi per marciapiedi, di pietre naturali (diverse dall'ardesia) | 160 | 136 | 135 |
| 68.02 | Pietre da taglio o da costruzione lavorate e lavori di tali pietre; cubi, tessere ed articoli simili per mosaici, di pietre naturali (compresa l'ardesia), anche su supporto; granulati, scaglie e polveri di pietre naturali (compresa l'ardesia), colorati artificialmente | 1.478 | 989 | 1.119 |
| 68.03 | Ardesia naturale lavorata e lavori di ardesia naturale o agglomerata | 10 | 8 | 8 |
| TOTALE LAVORATI | | 1.648 | 1.133 | 1.262 |
| TOTALE | | 3.144 | 2.026 | 2.343 |

Tab. 7 - Export di prodotti grezzi e lavorati come da classificazione per tipologia di merce come da Standard armonizzato (HS). Dati in milioni di tonnellate (Rielaborazione di Università degli Studi di Bergamo/autori Confindustria Marmomacchine, 2023)

Inoltre, il volume di esportazione dei lavorati restituisce anche un dato implicito sulla competitività del settore in termini di tecnologia di lavorazioni, ossia macchine e beni strumentali. L'Italia ha registrato un volume di esportazioni nel 2021 pari a circa 46,1 tonnellate di prodotti litici, che corrisponde a un volume d'affari pari a 2,2 miliardi di dollari.

3.5 Impatti ambientali e strumenti di sostenibilità

Diversi sono gli studi LCA condotti nell'ultimo ventennio a livello europeo per documentare l'impatto ambientale relativo alla filiera delle pietre ornamentali. La Tab. 8 mostra come dei nove studi condotti, il 78% sono relativi al marmo, il 33% al granito o gneiss e solo l'11% riguarda la pietra tenera. La gran parte si riferisce al territorio italiano -sette su nove-, interessando cave presenti nelle seguenti regioni:

- Piemonte (Bianco I., Blengini G. A., 2019);
- Toscana (Bianco I., Blengini G. A., 2019), (Palumbo, 2018 e Nicoletti, 2002);
- Puglia (Palumbo, 2018);
- Sardegna (Marras G. et al., 2022);
- Sicilia (Capitano et al., 2022 e Traverso M. et al., 2010).

Le diverse fasi di estrazione in cava e di trasformazione in stabilimento vengono affrontate entrambe da quasi tutti gli studi, solamente lo studio greco analizza la sola fase di cava, mentre due studi affrontano la trasformazione in stabilimento escludendo l'altra fase.

| AUTORE/I | ANNO | LITOTIPO | NAZIONE | CAVA | TRASFORMAZIONE | FONTE |
|----------------------------|------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------|----------------|-------|
| Bianco I. | 2018 | Marmo e Gneiss |  | X | X | (1) |
| Bianco I. & Blengini G. A. | 2019 | Marmo e Gneiss |  | X | X | (2) |
| Capitano C. et al. | 2022 | Marmo |  | | X | (3) |
| Gazi A. et al. | 2012 | Marmo |  | X | | (4) |
| Marras G. et al. | 2022 | Marmo |  | | X | (6) |
| Mendoza J. M. F. et al. | 2014 | Granito |  | X | X | (7) |
| Nicoletti G. M. et al. | 2002 | Marmo |  | X | X | (8) |
| Palumbo E. | 2018 | Pietra tenera |  | X | X | (9) |
| Traverso M. et al | 2010 | Marmo |  | X | X | (10) |

Tab. 8 - Principali studi LCA condotti a partire dal 2002 sulle pietre ornamentali

3.5.1 Aspetti ambientali

Le principali criticità ambientali che emergono dalla lavorazione delle pietre ornamentali sono fortemente legate alle diversificate tecniche di coltivazione, oltre che alle molteplici lavorazioni superficiali. Un inquadramento sulle cause e quindi sugli effetti che la sola fase estrattiva può produrre sono sinteticamente illustrate in Tab. 9.

| CRITICITÀ | CAUSE | EFFETTI |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Emissioni in aria: polveri diffuse | Sono riconducibili ad emissioni di polveri dovute soprattutto all'area di taglio e perforazione ed emissioni gassose dovute ai mezzi di movimentazione in cava. | Le polveri (PM10* e PTS**) |
| Emissioni in aria: rumore | Le sorgenti possono essere classificate come: <ul style="list-style-type: none"> • continue (impianti di trattamento, generatori, nastri trasportatori ecc.); • discontinue (brillamento di esplosivi, perforazione, avviamento ecc.). | Possono generare criticità sulla componente fauna nonché sulla componente di recettori sensibili presenti nell'intorno dell'area e una non conformità rispetto alla zonazione acustica |
| Sistema in acqua: interferenze con le acque superficiali e sotterranee | Le acque potenzialmente presenti in un insediamento estrattivo possono essere di tre tipi: <ul style="list-style-type: none"> • sotterranee; • superficiali; • di lavorazione (maggiormente per operazioni di taglio). | <ul style="list-style-type: none"> • Fabbisogno idrico: prelievo di acque sotterranee e superficiali; • interazione dovute alle acque meteoriche di dilavamento (se non opportunamente separate tra contaminate e non); • sebbene le coltivazioni di pietre ornamentali non sia fonte di rilascio significativo di sostanze pericolose, gli scarichi delle acque di lavorazione sono caratterizzati da elevate concentrazioni di solidi sospesi che vanno opportunamente trattate al fine di limitare le alterazioni delle caratteristiche fisiche dell'acqua. Potenziali rischi sono inoltre associabili a sversamenti accidentali di oli ed idrocarburi dovuti alla manutenzione dei mezzi ed al rifornimento. |
| Flora | La sensibilità collettiva identifica spesso le cave di materiale ornamentale come una sorta di 'vuoto ecologico e naturalistico' in cui le attività antropiche legate alla coltivazione si sostituiscono interamente ad habitat, flora e fauna che in tali ambiti non trovano più spazio. | <ul style="list-style-type: none"> • Emissioni di sostanze gassose con effetti di tipo diretto ed indiretto sulla vegetazione; • sottrazione di superficie forestale o altre cenosi vegetali eventualmente caratterizzata da specie floristiche o fitoconsociazioni; • danni alla vegetazione provocati nell'ambito delle attività e dei mezzi in azione. |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fauna | | <ul style="list-style-type: none"> ● Emissione di sostanze gassose e di polveri con possibili ripercussioni come alterazioni delle capacità metaboliche e respiratorie a carico dell'invertebrato fauna terrestre (es. lepidotteri ed odonati); ● perdita di habitat che costituiscono rifugio e/o luogo di riproduzione per la fauna; ● occasionali eventi di mortalità per collisione dovuti all'attività dei mezzi (tale fattore d'impatto ha incidenza maggiore sulla piccola fauna); ● disturbo acustico e vibrazioni possono interferire con e comunicazioni vocali a livello intraspecifico, alterando la fitness riproduttiva, possibili scompensi nell'equilibrio predatore-preda a scapito di entrambi. |
| <p>* PM10 = emissioni di polveri fini con diametro inferiore a 10 µm ** PTS = emissioni di Particolato Totale Sospeso</p> | | |

Tab. 9 - Aspetti ambientali nell'attività estrattiva⁷

Mentre, aspetti e impatti ambientali connessi alla fase di produzione riguardano le emissioni di polveri e di fanghi dovute ai processi trasformativi e di lavorazione.

Rispetto al quadro fin qui delineato, lo studio condotto non ha incluso le emissioni acustiche.

⁷Fonte: "Aspetti ambientali nell'attività estrattiva: normativa e valutazione degli impatti" in Seminario per Internazionale Marmi e Macchine Carrara Spa 22 giugno 2012 di Polo Pietre Toscana.
<https://www.slideshare.net/cristinarabozzi/aspetti-ambientali-nellattivit-estrattiva>

3.5.2 Strumenti in materia ambientale

I riferimenti normativi nazionali in materia ambientale per quanto concerne la estrazione (**fase di pre-manifattura**) sono:

- la legislazione nazionale in materia risale ancora al Regio Decreto 1443/1927, che sulla base del materiale estratto, distingue le industrie estrattive di prima categoria (miniere) e seconda categoria (cave e torbiere). Mentre, le competenze relative alle attività estrattive di minerali non energetici sono state trasferite, in tempi diversi, in capo alle Regioni (cave: D.P.R. 24 luglio 1977 n.616; miniere: D.lgs. 31/3/1998 n. 112 e D.lgs. 22 giugno 2012 n. 83) che hanno legiferato in materia”;
- “Piano regionale delle attività estrattive, Pianificazione regionale di recupero delle aree escavate e di riutilizzo dei residui recuperabili” (P.R.A.E.R.), approvato con D.C.R. n.27 del 27 febbraio 2007;
- D.P.G.R. n. 10/R del 23-02-2007 regolamento recante istruzioni tecniche per la redazione degli strumenti della pianificazione provinciale e comunale in materia di cave e torbiere, di recupero di cave dismesse o in abbandono e di riutilizzo dei materiali assimilabili.

Per quanto concerne le autorizzazioni ambientali, le attività estrattive sono sottoposte a una serie di autorizzazioni collegate al procedimento autorizzativo o da esso indipendenti quali:

- vincoli paesaggistici;
- vincolo idrogeologico;
- autorizzazione delle emissioni diffuse in atmosfera D.lgs. n.152/06 art. 281 comma 2;
- stima delle emissioni diffuse “Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti” elaborate da ARPAT;
- autorizzazione degli scarichi (se dal ciclo produttivo dell’attività estrattiva sono prodotti scarichi di D.lgs. 152/2006 e s.m.i. acque reflue).

Di fatto, l’apertura di nuove cave deve essere condizionata alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale.

3.5.3 Etichette ambientali

Di seguito sono riportate le due principali etichettature/certificazioni ambientali connesse alla filiera analizzata.

3.5.3.1 Tipo I: Ecolabel europeo

L’Ecolabel europeo è l’etichetta ambientale di tipo I sviluppata dall’Unione Europea e istituita nel 1992 attraverso il Regolamento (CEE) n. 80/1992 e successivamente disciplinata dal Regolamento (CE) n. 66/2010 e modificato dal Regolamento (EU) n. 782/2013. Oggi è in vigore in 28 Paesi dell’Unione Europea e nei Paesi appartenenti allo Spazio Economico Europeo - SEE (Norvegia, Islanda, Liechtenstein). Si tratta di una etichetta ambientale di tipo I, regolamentata dalla norma ISO 14024, così definita: “un sistema volontario che identifica ufficialmente e certifica che determinati

prodotti o servizi, per tutto il loro ciclo di vita, hanno un minore impatto sull'ambiente". Per poter essere certificati tali prodotti devono soddisfare precisi **criteri** inerenti il ciclo di vita del prodotto- dall'estrazione delle materie prime fino alla gestione del fine vita- la cui assegnazione avviene attraverso una verifica da parte di una terza parte indipendente (il Comitato per l'Ecolabel e l'Ecoaudit). I criteri presi in esame dallo schema Ecolabel prevedono valori minimi, o di soglia e riguardano non solo gli aspetti ambientali tra cui l'uso dell'energia, dell'acqua, delle sostanze chimiche e la produzione di rifiuti, ma anche la funzionalità del prodotto e la qualità delle sue prestazioni.

Tra i gruppi di prodotto attualmente in vigore c'è quello riguardante le coperture dure "*hard covering products*" (Decision EU 2021/476) che comprende: a) pietra naturale; b) agglomerati lapidei a base di leganti in resina; c) ceramica e laterizio; d) prodotti in calcestruzzo prefabbricato, blocchi in terra compressa a base di leganti idraulici o cementi alternativi.

I criteri previsti da "*EU Ecolabel hard covering products*" (Donatello S. et al., 2021) sono stati così strutturati:

- Criteri orizzontali per tutti i sottoprodotti (da 1.1 a 1.7);
- Criteri specifici per i prodotti in pietra naturale (da 2.1 a 2.11);
- Criteri specifici per i prodotti lapidei agglomerati a base di leganti resinosi (da 3.1 a 3.5);
- Criteri specifici per i prodotti in ceramica e argilla cotta (da 4.1 a 4.7), e
- Criteri specifici per i prodotti prefabbricati in calcestruzzo a base di leganti idraulici o cementi alternativi (da 5.1 a 5.6).

Più in dettaglio, i **criteri orizzontali** previsti nel primo gruppo sono:

- 1.1. Estrazione mineraria industriale e da costruzione
- 1.2. Sostanze soggette a restrizioni
- 1.3. Emissioni di COV
- 1.4. Idoneità all'uso
- 1.5. Informazioni utente
- 1.6. Informazioni che compaiono sull'Ecolabel UE
- 1.7. Sistema di Gestione Ambientale (opzionale).

A cui si aggiungono quelli **specifici** per le pietre naturali:

- 2.1. Consumo energetico in cava*
- 2.2. Efficienza del materiale in cava*
- 2.3. Gestione delle acque/acque reflue in cava*
- 2.4. Controllo polveri in cava*
- 2.5. Sicurezza del personale e condizioni di lavoro in cava*
- 2.6. Rapporti di impatto sul paesaggio della cava* (opzionale)
- 2.7. Consumo energetico al trans. pianta
- 2.8. Gestione delle acque/reflue nell'impianto di trasformazione
- 2.9. Controllo delle polveri nell'impianto di trasformazione
- 2.10. Riutilizzo degli scarti di processo dell'impianto di trasformazione
- 2.11. Produzione integrata regionale presso l'impianto di trasformazione (opzionale)

*criterio applicabile per l'assegnazione dell'Ecolabel UE alle pietre da taglio estratte da cave di pietra naturale.

Alla **fase di estrazione**, che include quindi gestione ambientale della cava e impatto paesaggistico della stessa, è **attribuito un maggior peso in termini di attribuzione dei punteggi**, sono infatti 45 i punti massimi ottenibili nei criteri obbligatori e 15 quelli nei criteri facoltativi per un totale di 60 punti nella **fase di cava**, contro i 35 punti massimi dei criteri obbligatori e i 10 dei criteri facoltativi per un totale di 45 punti nella **fase di trasformazione**. Il punteggio globale, ovvero tra criteri obbligatori e facoltativi, per i blocchi o lastre intermedie deve essere compreso tra 30 e 60, mentre per i prodotti finali, tra 50 e 100 (Fig. 6).

Mentre, **alla scala di prodotto** la certificazione Ecolabel applicata alle pietre naturali è basata sulla conformità ai criteri generali comuni a tutti i tipi di rivestimenti duri rientranti nel punto 1, a cui va aggiunto il soddisfacimento di criteri specifici per le pietre naturali rientranti nel criterio numero 2.

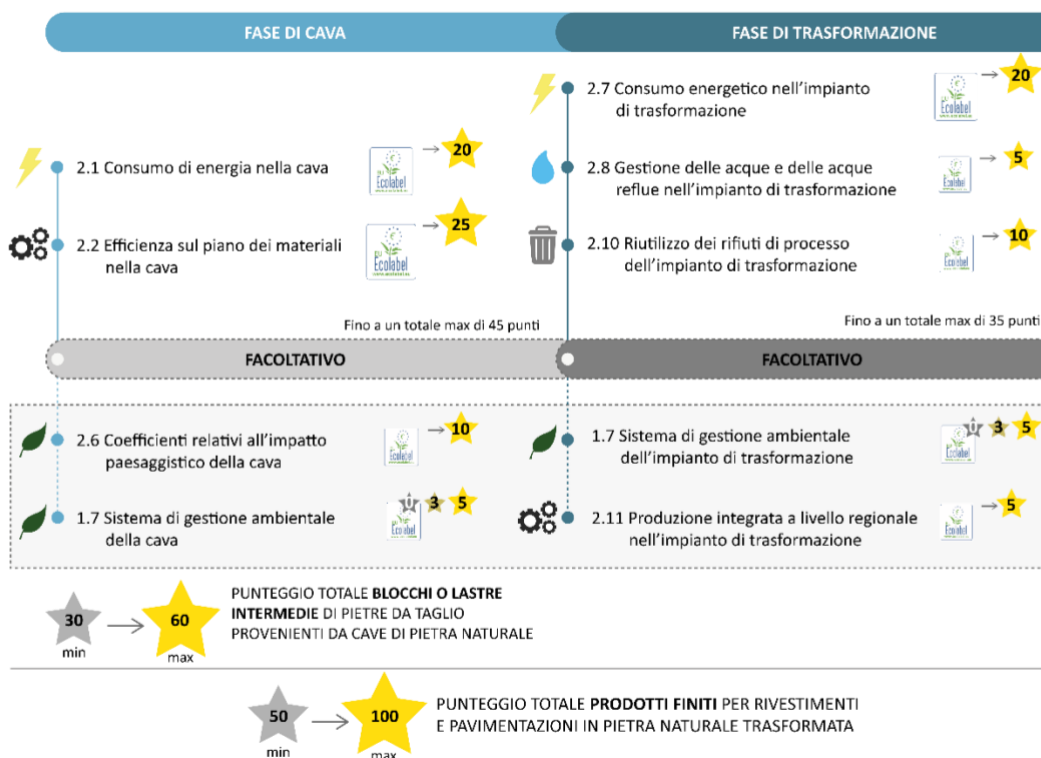


Fig. 6 - Criteri di assegnazione del punteggio secondo lo schema Ecolabel sulle coperture dure. (Elaborazione di Università degli Studi di Bergamo)

3.5.4 Dichiarazione Ambientale di prodotto EPD (Tipo III)

L'*Environmental Product Declaration*, acronimo EPD o in italiano DAP (Dichiarazione Ambientale di Prodotto), è quello strumento che permette di comunicare dati quantitativi sugli impatti ambientali associati al ciclo di vita di un prodotto ottenuti attraverso uno studio Life Cycle Assessment (LCA) e verificato da terze parti. Non è prevista la presenza di un benchmark o fattore di accettabilità. A livello generale le EPD sono regolate dai seguenti standard:

- ISO 14020:2002 "Environmental Labeling: General Principles";













- ISO 14021:2016 “Environmental labels and declarations - Self-declared environmental claims (Type II environmental labeling);
- ISO 14024:2018 “Environmental labels and declarations - Type I environmental labelling - Principles and procedures”;
- ISO 14025:2006 “Environmental labels and declarations - Type III Environmental declarations - Principles and procedures”;
- ISO/TS 14027:2017 “Environmental labels and declarations - Development of product category rules”;
- ISO 14040:2006 “Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework;
- ISO 14044:2006 “Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines”;
- ISO/TS 14071:2014 “Environmental management - Life cycle assessment - Critical review processes and reviewer competencies: Additional requirements and guidelines to ISO 14044:2006”.


Mentre, alla scala di prodotto/servizio per le costruzioni, i riferimenti sono:

- EN 15804:2012+A2:2019, Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products;
- CEN/TR 15941:2010 Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Methodology for selection and use of generic data;
- EN 15942:2010, Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Communication format business-to-business;
- EN 15978:2011, Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method;
- CEN/TR 16970:2016, Sustainability of construction works — Guidance for the implementation of EN 15804;
- ISO 19011:2018, Guidelines for auditing management systems;
- ISO 21930:2017, Sustainability in buildings and civil engineering works — Core rules for environmental declaration of construction products and services used in any type of construction works;
- Guidance for Product Category Rule Development, PCR Guidance Development Initiative, www.pcrguidance.org, <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC82098>.

In linea con il trend del mercato dei prodotti da costruzione negli ultimi anni anche i produttori della filiera delle pietre ornamentali si sono dotati di certificazioni EPD. Infatti, l’analisi condotta sulle EPD presenti nei principali Program Operator (PO) europei rileva che delle 17 EPD individuate solo una non è riferita al singolo prodotto ma a un valore medio tra materiali litici differenti (Tab. 10). In aggiunta, dal 2021 il numero di etichette sembra essere aumentato in tutti e 6 i PO analizzati.

In ambito nazionale, al momento di elaborazione del presente report, le aziende che hanno ottenuto la EPD sono sei, tre delle quali lo riferiscono a un prodotto specifico (marmo della cava “Bettogli B”, Pietra Serena di Firenzuola e Ceppo di Grè), mentre le restanti comprendono più tipologie di prodotti, come meglio dettagliato in Tab. 10.

| AZIENDA/E | ANNO DI PUBBLICAZIONE | LITOTIPO | PAESE | TIPOLOGIA | PROGRAM OPERATOR |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| CAMPOLONGHI ITALIA S.p.A. | 2021 | Marmo e pietre ornamentali. Spessori da 1 a 5 cm. |  | Singola azienda per diverse tipologie di prodotto | EPD International |
| CAMPOLONGHI ITALIA S.p.A. | 2021 | Manufatti in granito in varie lavorazioni e spessori. |  | Singola azienda per diverse tipologie di prodotto | EPD International |
| SAVEMA S.p.A. | 2021 | Marmo e pietre ornamentali. Spessori da 1 a 6 cm. |  | Singola azienda per diverse tipologie di prodotto | EPD International |
| FRANCHI UMBERTO MARMI S.p.A. | 2020 | Marmo proveniente da cava denominata "Bettogli B". Spessori 2 e 3 cm. |  | Singola azienda per prodotto di specifico spessore. | EPD International |
| CASONE GROUP S.p.A. | 2019 | Rivestimento in Pietra Serena proveniente da cava nel Distretto di Firenzuola. Spessori compresi tra 2 e 6 cm. |  | Singola azienda per prodotto di specifico spessore. | EPD Italy |
| CASONE GROUP S.p.A. | 2023 | Rivestimento in breccia monogenica dolomitica. Spessori compresi tra 2 e 6 cm. |  | Singola azienda per prodotto di specifico spessore. | EPD Italy |
| MINERA SKIFER | 2018 | Lastra di quarzite da cava Oppdal. Spessore 1,1 cm |  | Singola azienda per prodotto di specifico spessore. | EPD Norge |
| MINERA SKIFER | 2018 | Lastra di quarzite. Spessore 3 cm |  | Singola azienda per prodotto di specifico spessore. | EPD Norge |
| MINERA SKIFER | 2018 | Lastra di quarzite. Spessori 1,5 e 3 cm |  | Singola azienda per prodotto di specifico spessore. | EPD Norge |
| ALTASKIFER | 2018 | Lastra in ardesia. Spessore tra 1,5 e 6 cm. |  | Singola azienda per prodotto di specifico spessore | EPD Norge |
| Franken-Schotter GmbH & Co. KG | 2017 | Rivestimento per facciate e pavimenti in Jura Limestone (calcare). Spessori da 1,5 cm |  | Singola azienda per prodotto di specifico spessore. | Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) |
| Naturstenskompniet Sverige AB | 2021 | Prodotti in granito e calcare |  | Singola azienda per famiglie di prodotti | EPD International |
| SOLANCIS — Sociedade Exploradora de Pedreiras, S.A. | 2022 | Rivestimento per facciate e pavimenti in pietra calcarea semidura. Densità 2350 kg/m ³ . |  | Singola azienda per famiglia di prodotto | DAP habitat |
| SOLANCIS — Sociedade Exploradora de Pedreiras, S.A. | 2022 | Rivestimento per facciate e pavimenti in pietra calcarea. Densità 2500 kg/m ³ . |  | Singola azienda per famiglia di prodotto | DAP habitat |
| SOLANCIS — Sociedade Exploradora de Pedreiras, S.A. | 2022 | Cubetti, lastre e cordoli in pietra calcarea. Densità 2680 kg/m ³ . |  | Singola azienda per famiglia di prodotto | DAP habitat |
| CLÚSTER DA PIZARRA DE GALICIA | 2021 | Prodotto in pietra naturale, valore medio di settore. |  | Filiera aziendale, più prodotti. | DAPcons® |

| | | | | | |
|--------------------------|------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------|
| Naturstein monte ring AS | 2018 | Rivestimento per facciate proveniente dalla Cina. Spessore 3 cm. |  | Singola azienda per famiglia di prodotto | EPD Norge |
| Beer Sten AS | 2022 | Prodotto in pietra naturale, valore medio aziendale. |  | Singola azienda per famiglia di prodotto | EPD Norge |

Tab. 10 - Quadro di riferimento delle dichiarazioni EPD di pietre ornamentali nazionali e internazionali

4 Gruppo di lavoro

In Tab. 11 è riportato il Gruppo di Lavoro (GdL) che ha contribuito al presente studio.

| NOME | ENTE/IMPRESA | TIPOLOGIA | SITO WEB | CONTATTI |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Elisabetta Palumbo (coordinatrice gruppo di ricerca) | Università degli Studi di Bergamo | Università | https://www.unibg.it | email: elisabetta.palumbo@unibg.it |
| Chiara Panozzo | Università degli Studi di Bergamo | Università | https://www.unibg.it | email: chiara.panozzo@unibg.it |
| Caterina Rinaldi (responsabile scientifico progetto Arcadia) | ENEA | Centro di ricerca | www.enea.it | email: caterina.rinaldi@enea.it |
| Marilisa Cellurale (referente studio di filiera) | ENEA | Centro di ricerca | www.enea.it | email: marilisa.cellurale@enea.it |
| Alberto Bartolomei | Casone Group S.p.A. | Azienda | https://www.casonegroup.com | email: info@casonegroup.com |
| Giulio Marini | Marini Marmi s.r.l. | Azienda | https://www.marinimarmi.com | email: info@marinimarmi.com |
| Francesco Grassi | Grassi Pietre s.r.l. | Azienda | https://grassipietre.it | email: info@grassipietre.it |
| Riccardo Centofante | Grassi Pietre s.r.l. | Azienda | https://grassipietre.it | email: info@grassipietre.it |
| Paolo Palma | Santafiora s.r.l. | Azienda | https://www.santafiorasrl.com | email: info@santafiorasrl.com |
| Francesco Giuseppe Rossi | Santafiora s.r.l. | Consulente | https://www.santafiorasrl.com | email: info@santafiorasrl.com |
| Maurizio Sora | Santafiora s.r.l. | Azienda | https://www.santafiorasrl.com | email: fornitori@santafiorasrl.com |
| Alessandra Zamagni, Nicola Ferrara (revisore esterno) | Ecoinnovazione S.r.l. | Consulente | https://ecoinnovazione.it | email: a.zamagni@ecoinnovazione.it n.ferrara@ecoinnovazione.it |

Tab. 11 – Gruppo di lavoro dello studio di filiera

5 Ambito di applicazione dello studio

5.1 Funzione del sistema, unità funzionale e flusso di riferimento

L'oggetto della valutazione è la produzione di una lastra di rivestimento in pietra ornamentale, destinata all'utilizzo in pavimentazioni, parietali o di finiture interne (es. top piano cucina, lavabo, piatto doccia, ecc.).

L'Unità Funzionale (UF) adottata ai fini dello studio è 1 m² di lastra di pietra ornamentale di diversa tipologia litica e relativa densità (valori tra 1980 e 2550 kg/m³), in due differenti spessori, 2 e 3 cm, rispettivamente, senza e con lavorazioni superficiali nell'arco temporale di 60 anni. Il packaging del prodotto resta escluso dall'UF.

La Tab. 12 definisce i dettagli relativi agli aspetti chiave utilizzati per definire l'UF dello studio.

| | | |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FUNZIONE FORNITA | Che cosa? | Produzione di lastre di pietra ornamentale rifilata e con lavorazioni superficiali (bocciardatura o levigatura o sabbatura o rigatura) destinate a pavimentazioni interne ed esterne, rivestimenti a parete e finiture varie |
| QUANTITÀ FUNZIONE FORNITA | Quanto? | 1 m ² di lastre di rivestimento in pietra ornamentale, di 2 e 3 cm di spessore con densità variabile tra 1980 e 2550 kg/m ³ |
| LIVELLO DI QUALITÀ FUNZIONE ATTESA | Quanto bene la funzione viene espletata | Le pietre ornamentali analizzate rientrano tra i prodotti compresi nella categoria CPA 08.11 <i>"Ornamental and building stone, limestone and gypsum, chalk and slate"</i> |
| DURATA DEL PRODOTTO | Per quanto tempo la funzione è espletata? | La durata media è di 60 anni |

Tab. 12 - Unità funzionale delle lastre di pietra di rivestimento

Il flusso di riferimento è rappresentato di 1 ton di blocchi (in cava) e 1 m² di lastre di rivestimento in pietra ornamentale in uscita dallo stabilimento di lavorazione.

5.2 Confini del sistema

Il confine di sistema è definito con un approccio "dalla culla al cancello" (from *Cradle to gate*). Include quindi tutte le fasi di estrazione della materia prima in cava, il trasporto dalla cava allo stabilimento di lavorazione, e le diverse lavorazioni eseguite nello stabilimento produttivo, ovvero segazione del blocco in lastre, fresatura della lastra e, solo per il materiale denominato "Breccia monogenica" quattro diverse lavorazioni superficiali.

Le fasi di vita successive all'uscita del rivestimento in pietra dal "cancello aziendale" sono state escluse dal confine del sistema in quanto il prodotto può essere destinato a diversi usi con caratteristiche molto diverse tra loro. Sono altresì escluse tutte le attrezzature e i macchinari utilizzati nelle diverse fasi, visto il minimo contributo in termini di impatto riferito al singolo prodotto.

La Fig. 7 riporta il diagramma del confine di sistema e quindi tutti i processi oggetto della presente analisi. I dati riferiti all'estrazione in cava, compreso il consumo di energia e gasolio dei vari macchinari, al trasporto, sia interno che tra cava e stabilimento, e alle diverse lavorazioni sono di tipo primario. Mentre i dati sulle emissioni in aria e acqua sono modellati attraverso processi da banche dati o di letteratura.

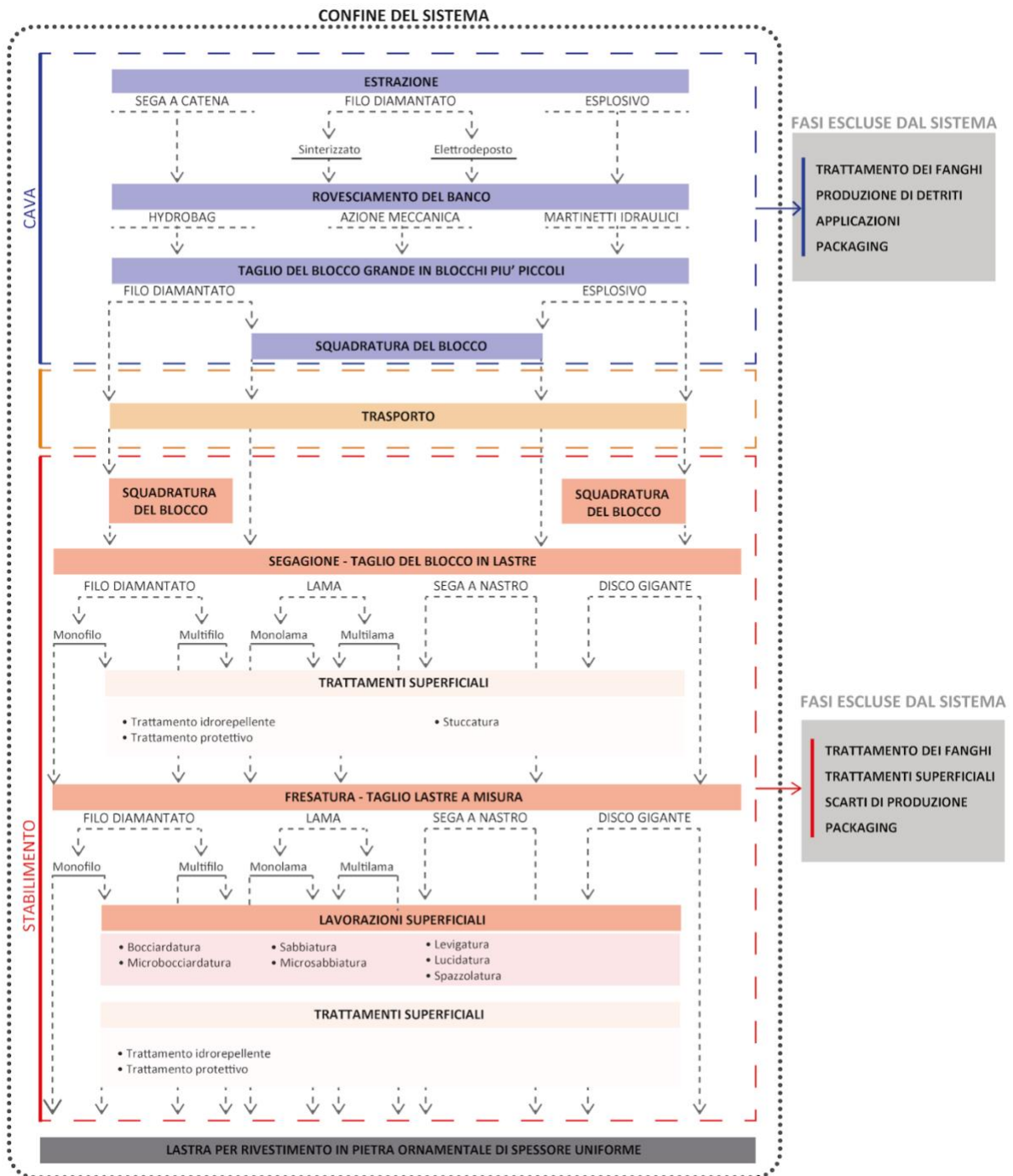


Fig. 7 - Diagramma di flusso relativo al ciclo produttivo delle pietre ornamentali

5.2.1 Analisi di una breccia monogenica

Il primo materiale litico oggetto di questo studio è una breccia monogenica, di aspetto conglomerato, classificata secondo la UNI 8458:1983 come marmo. Si tratta di una pietra naturale porosa ed eterogenea con una grana formata da clasti di forma irregolare e granulometria variabile (da qualche centimetro fino a qualche decimetro) cementati in una matrice microcristallina carbonatica (prevalentemente calcidica).

5.2.1.1 *Ciclo produttivo della breccia monogenica dolomitica*

L'analisi ha riguardato la fase di estrazione in cava in galleria attraverso l'utilizzo della sega a catena, seguita del rovesciamento del banco tramite azione di una pala meccanica e il taglio del blocco da grandi a piccole dimensioni per mezzo del filo diamantato. Successivamente il blocco viene trasportato tramite pala gommata e segato in lastre per mezzo di telaio multilama all'interno della cava stessa. Questa ultima operazione può essere svolta anche in stabilimento.

La breccia monogenica in lastre presenta avvallamenti e vuoti nella matrice microcristallina legati alla sua formazione geologica, e pertanto necessita di un preliminare trattamento superficiale di stuccatura prima di essere tagliato a misura e, in base alle esigenze e richieste di mercato ulteriormente lavorato superficialmente. Nell'analisi sono state incluse le lavorazioni superficiali di bocciardatura, sabbiatura, levigatura e rigatura.

La Fig. 8 esplicita le fasi analizzate, da cui è possibile delineare i confini del sistema e quindi le fasi non incluse nello studio.

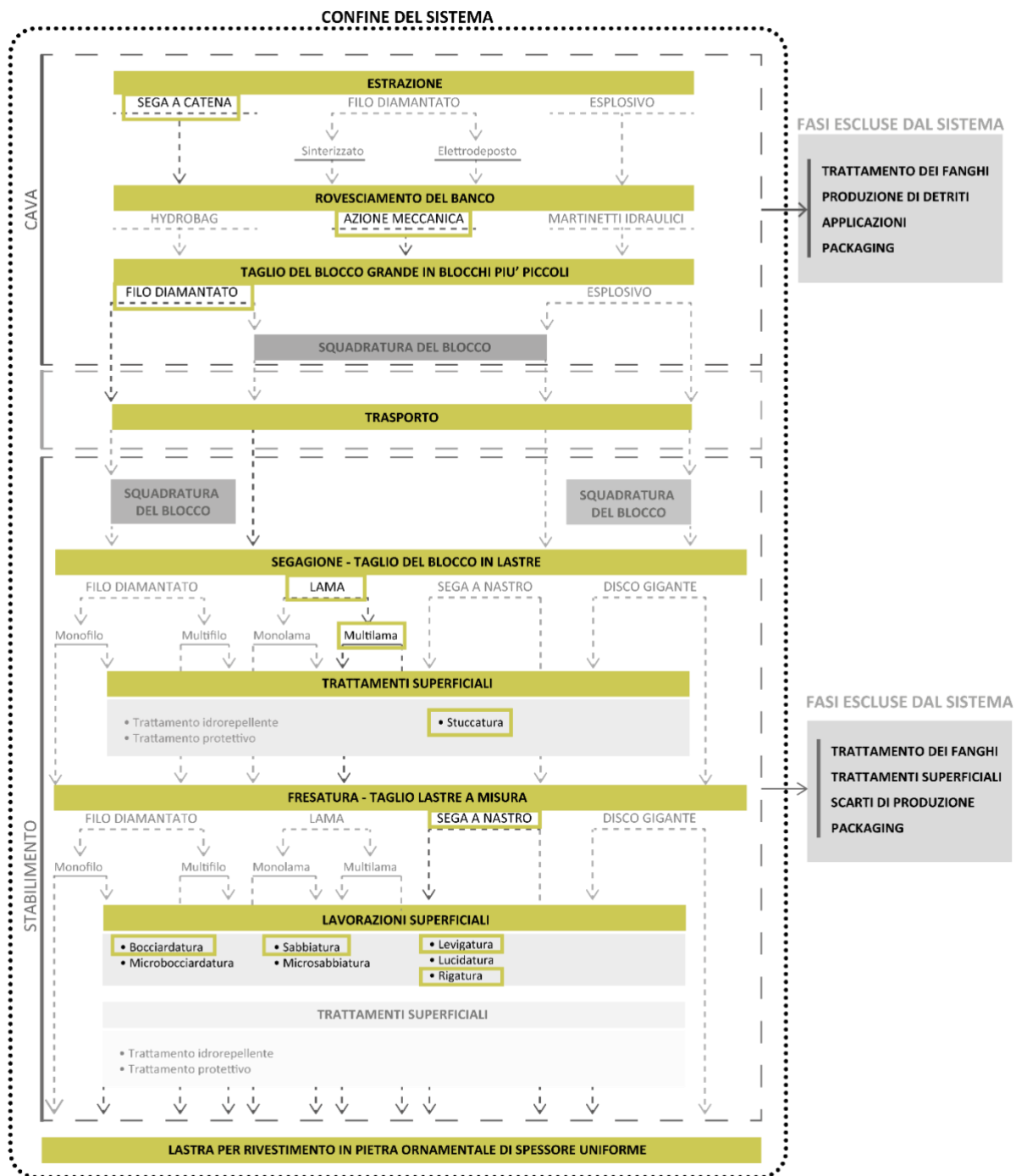


Fig. 8 – Diagramma di flusso relativo al ciclo produttivo della breccia

5.2.2 Analisi della pietra arenaria

Il secondo gruppo di litotipi si riferisce a due pietre arenarie- arenaria con densità 2550 kg/m^3 (SS) e arenaria con densità 2500 kg/m^3 (SP)- estratte rispettivamente in Toscana e Lazio.

5.2.2.1 Ciclo produttivo della pietra arenaria

Lo studio ha analizzato la fase di estrazione in cava a cielo aperto, considerando le due diverse tecniche: l'uso sia della sega a catena e l'utilizzo dell'esplosivo. A questa, similmente alla breccia,

segue il rovesciamento del banco con pala meccanica e il taglio del blocco da grandi a piccole dimensioni tramite filo diamantato. Una volta ridotto di dimensioni il blocco viene trasportato in stabilimento e segato in lastre per mezzo di un telaio multilama.

A questo punto la lastra viene tagliata a misura e su richiesta specifica della committenza anche lavorata superficialmente.

Il diagramma di flusso specifico per la pietra arenaria è illustrato in Fig. 9.

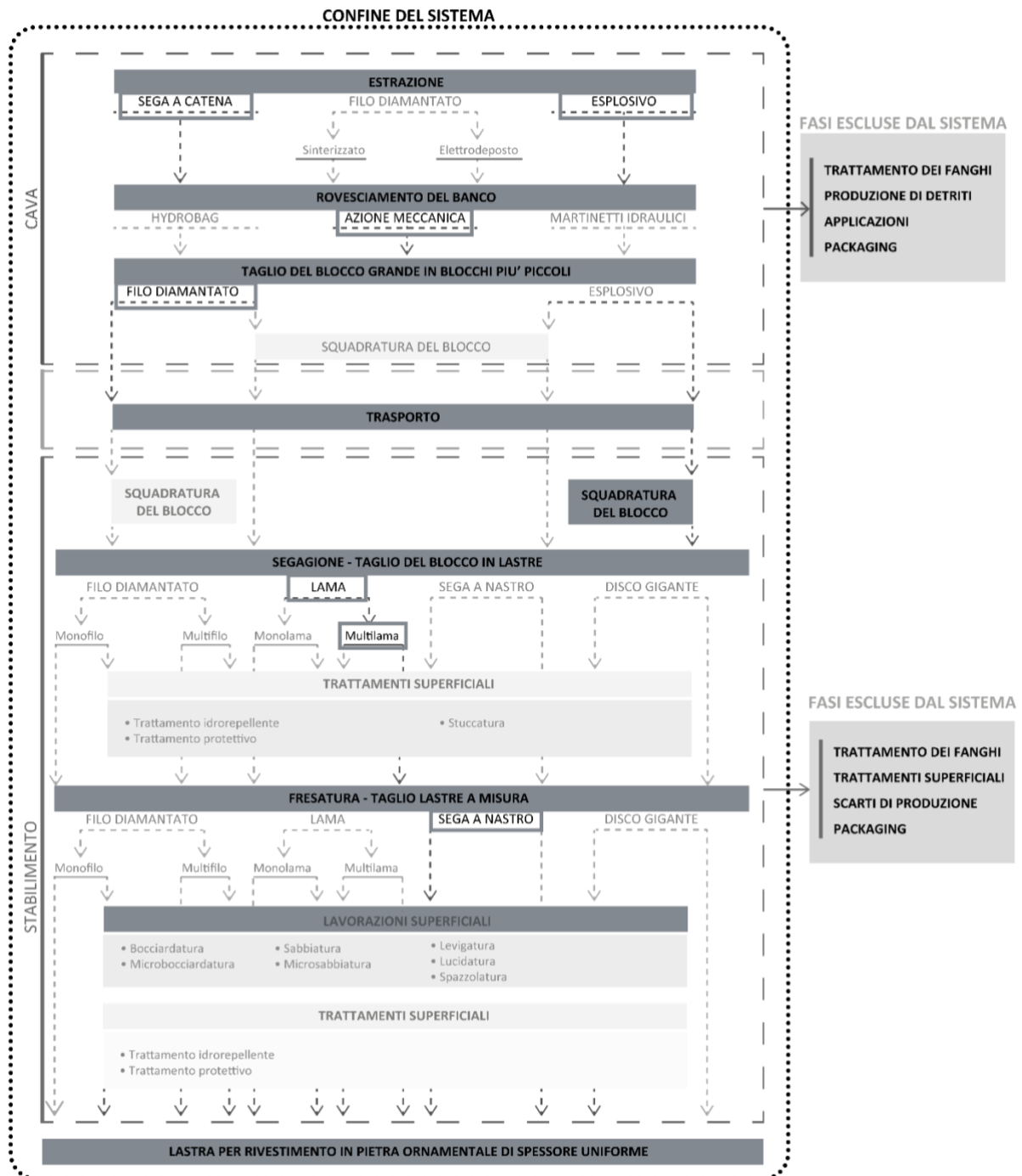


Fig. 9 - Diagramma di flusso relativo al ciclo produttivo dalla pietra arenaria

5.2.3 Analisi della pietra calcarea

La pietra calcarea oggetto di valutazione presenta una colorazione che varia dal colore avorio, al paglierino, al grigio, fino a tonalità marroni più scure e calde.

5.2.3.1 Ciclo produttivo della pietra calcarea

L'estrazione avviene in cave in galleria tramite l'ausilio della segatrice a catena, che può essere utilizzato contro il fronte di galleria per aumentarne la profondità, oppure in banco per aumentare l'altezza. L'operazione di taglio viene condotta attraverso tagli orizzontali e verticali tali da formare una scacchiera di blocchi che vengono successivamente distaccati con delle pale gommate.

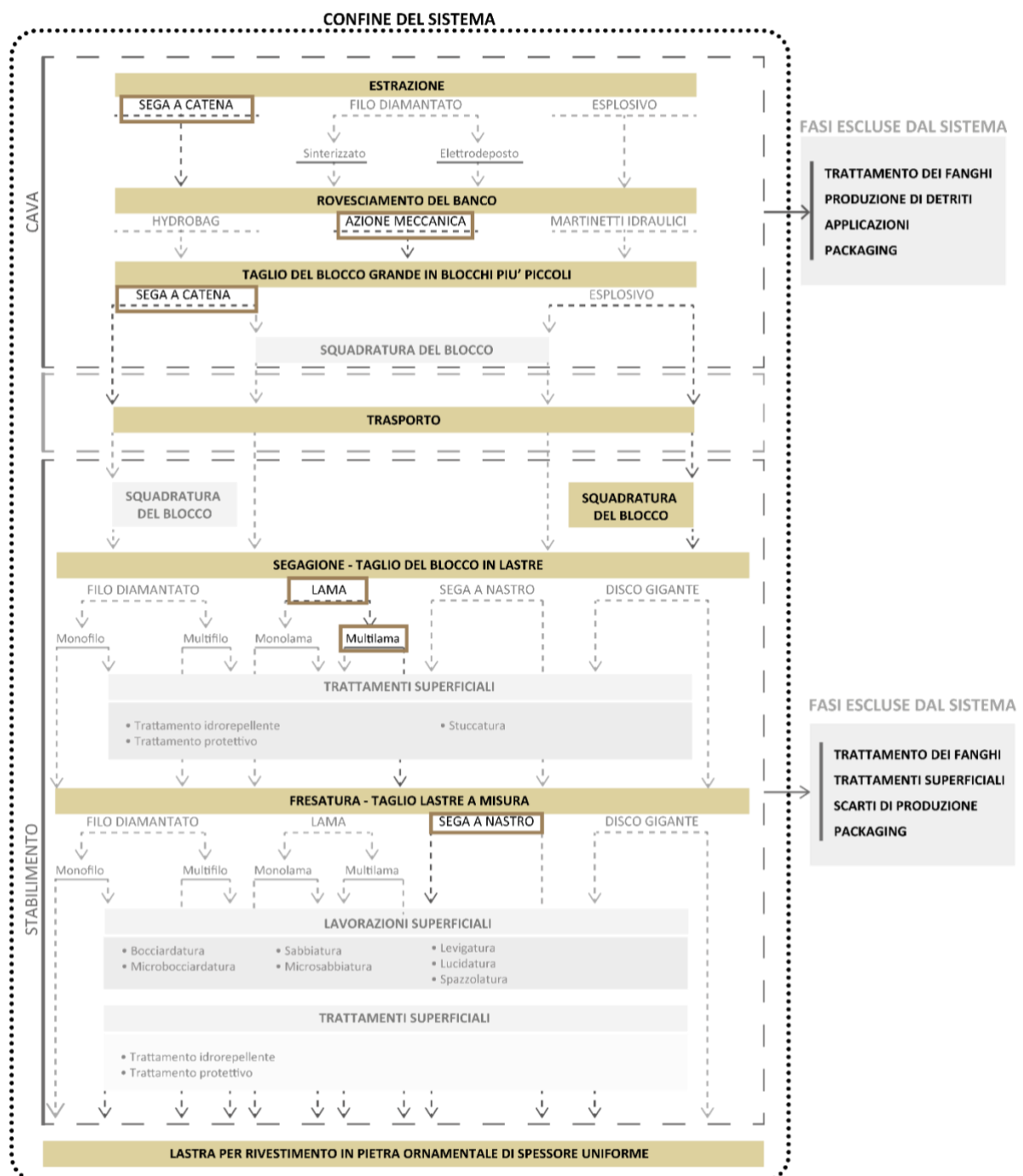


Fig. 10 – Diagramma di flusso relativo al ciclo produttivo dalla pietra calcarea

5.2.4 Analisi della pietra vulcanica

Similmente alla precedente pietra calcarea, la pietra vulcanica viene estratta con l'uso della sega a catena con l'unica eccezione che la cava non è in galleria ma a fossa.

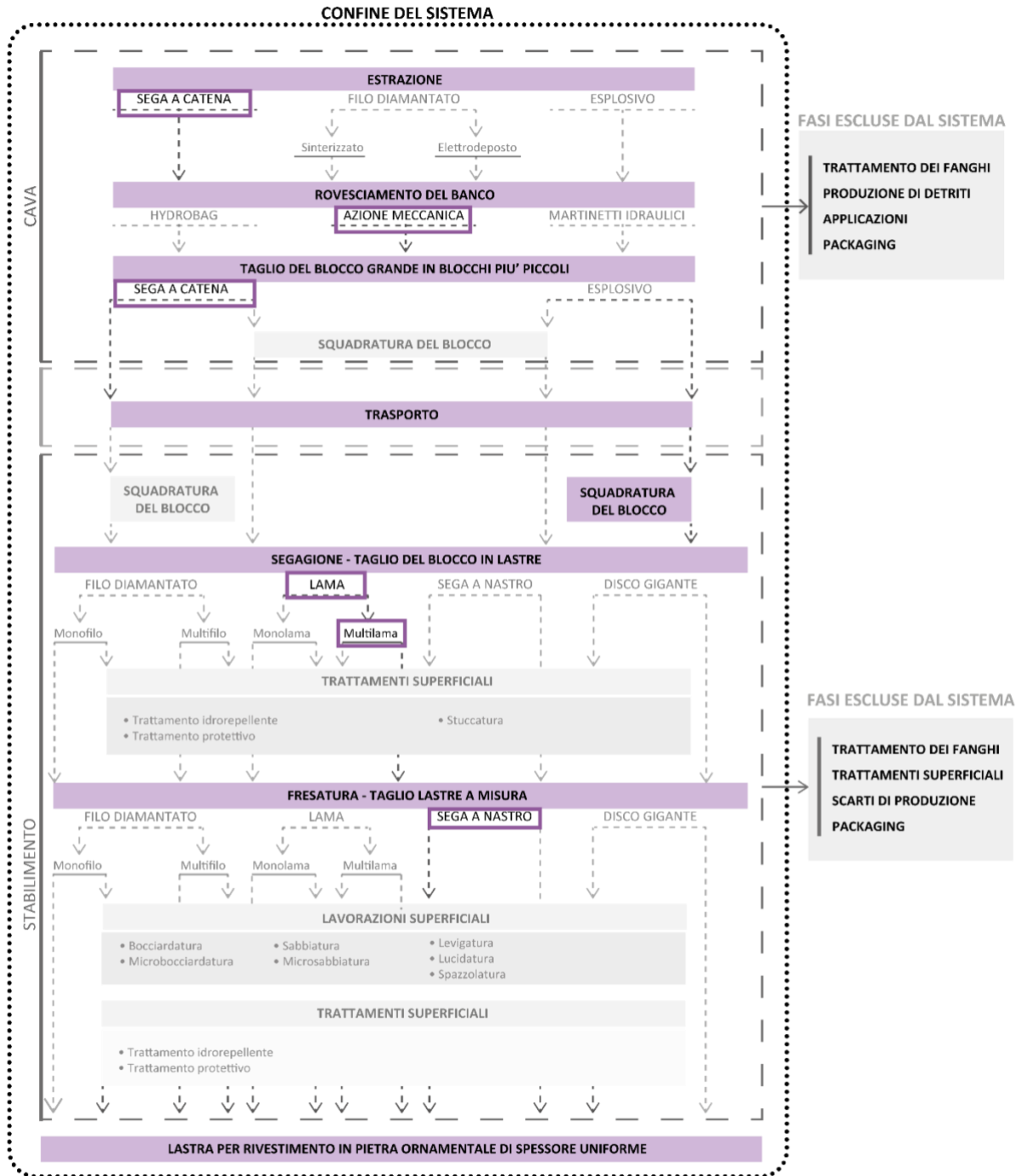


Fig. 11 - Diagramma di flusso relativo al ciclo produttivo dalla pietra vulcanica

5.3 Assunzioni e giudizi di valore

Le principali assunzioni prese nella modellazione dei processi sono basate quasi per la totalità sui dati forniti dalle quattro aziende pilota, e riguardano nello specifico:

- le operazioni di cava, dove si rilevano principalmente consumi di combustibile, acqua ed energia elettrica (per le estrazioni meccaniche), tiene conto delle diverse tecniche di coltivazione;
- la movimentazione del blocco dalla cava allo stabilimento è valutata sia come distanza chilometrica percorsa dal mezzo sia come tipologia di veicolo (classificazione Euro, portata, capacità di carico);
- la trasformazione in stabilimento fa principalmente riferimento al consumo di energia elettrica e all'uso di acqua, che si diversifica per ciascun litotipo;
- le emissioni in aria sono state computate in base alle emissioni di particolato provenienti dalle sole cave a cielo aperto adottando il metodo di calcolo per la determinazione di valori limite di emissione delle attività produttive definito dal Piano regionale per la qualità dell'aria ambiente (PQRA) (Barbaro A. et al., 2018).

5.4 Gestione della multifunzionalità

La filiera di lavorazione della pietra ornamentale non comporta la generazione di co-prodotti. Inoltre, i rifiuti in uscita dallo stabilimento, sia come spezzoni che come fanghi, sono stati quantificati da ciascun produttore prendendo come riferimento la documentazione normalmente prodotta nelle usuali operazioni di smaltimento.

5.5 Revisione critica

La metodologia per gli studi di filiera del progetto Arcadia prevede una revisione critica degli studi LCA di filiera e dei rispettivi dataset, effettuata da revisori interni afferenti ad ENEA oppure da revisori esterni. La verifica dello studio LCA (dati raccolti, calcolati e stimati, modello LCA) assicura la conformità alle norme ISO 14040-44, mentre la validazione delle informazioni contenute nello studio valuta se i dati e le informazioni utilizzate nello studio sono consistenti, affidabili e tracciabili, e se i calcoli sono stati eseguiti correttamente.

Lo studio LCA di filiera è stato sottoposto a revisione critica esterna (da parte di Ecoinnovazione S.r.l), secondo la metodologia di revisione prevista dal progetto Arcadia. Il revisore ha stabilito che lo studio LCA risulta conforme alla metodologia ISO 14040-44 e alla "Metodologia per gli studi di filiera della Banca Dati italiana LCA". Inoltre, i dataset sviluppati e i relativi metadati sono da ritenere corretti e coerenti con lo studio LCA.

5.6 Modellizzazione e metodologia di analisi degli impatti

Il software utilizzato per lo sviluppo del lavoro è Simapro v 9.3.0.3, contenente la banca dati Ecoinvent 3.8.

La valutazione degli impatti si basa sull'utilizzo del metodo di caratterizzazione EF 3.0 come da indicazioni della Commissione Europea per la realizzazione di studi basati sul metodo Product Environmental Footprint (PEF) (Zampori L., Pant R., 2019). La valutazione degli impatti comprende, rispettivamente, le fasi di classificazione, caratterizzazione, normalizzazione, e pesatura.

5.7 Informazioni ambientali aggiuntive

Nessuna

6 Modellazione dei dataset della filiera

Nello studio di filiera sono stati sviluppati i seguenti dataset:

- 1 mq monogenic breccia slab thickness 20 mm, natural, at production, density 2400 kg/m³;
- 1 mq monogenic breccia slab thickness 30 mm, natural, at production, density 2400 kg/m³;
- 1 mq limestone slab thickness 20 mm, natural, at production, density 1980 kg/m³;
- 1 mq limestone slab thickness 30 mm, natural, at production, density 1980 kg/m³;
- 1 mq limestone slab thickness 20 mm, natural, at production, density 2330 kg/m³;
- 1 mq limestone slab thickness 30 mm, natural, at production, density 2330 kg/m³;
- 1 mq limestone slab thickness 20 mm, natural, at production, density 2170 kg/m³;
- 1 mq limestone slab thickness 30 mm, natural, at production, density 2170 kg/m³;
- 1 mq sandstone slab thickness 20 mm, natural, at production, density 2500 kg/m³;
- 1 mq sandstone slab thickness 30 mm, natural, at production, density 2500 kg/m³;
- 1 mq sandstone slab thickness 20 mm, natural, at production, density 2550 kg/m³;
- 1 mq sandstone slab thickness 30 mm, natural, at production, density 2550 kg/m³;
- 1 mq volcanic stone slab thickness 20 mm, natural, at production, density 2500 kg/m³;
- 1 mq volcanic stone slab thickness 30 mm, natural, at production, density 2500 kg/m³;
- 1 mq monogenic breccia slab thickness 20 mm, bush-hammered, at production, density 2400 kg/m³;
- 1 mq monogenic breccia slab thickness 20 mm, honed, at production, density 2400 kg/m³;
- 1 mq monogenic breccia slab thickness 20 mm, sand-blasted, at production, density 2400 kg/m³;
- 1 mq monogenic breccia slab thickness 20 mm, grooved, at production, density 2400 kg/m³.

I dataset creati si riferiscono per la maggior parte a prodotti finiti con superficie naturale, ovvero senza lavorazioni superficiali aggiuntive, e pronti per esser posati. Inoltre, al fine di fornire uno studio più completo possibile rispetto ai prodotti presenti in commercio, sono stati aggiunti solo per la breccia monogenica, quattro ulteriori dataset, che sono: bocciardatura, levigatura, sabbiatura e rigatura.

7 Analisi di inventario

7.1 Descrizione e documentazione processi unitari

La modellazione dei processi di lavorazione delle diverse pietre ornamentali valutate è basata su dati primari (*foreground system*) raccolti tramite visite, questionari alle aziende e numerosi incontri anche online. Per l'intero studio non è stato necessario utilizzare processi di background.

In particolare la procedura di raccolta dati si è svolta come da Fig. 12.

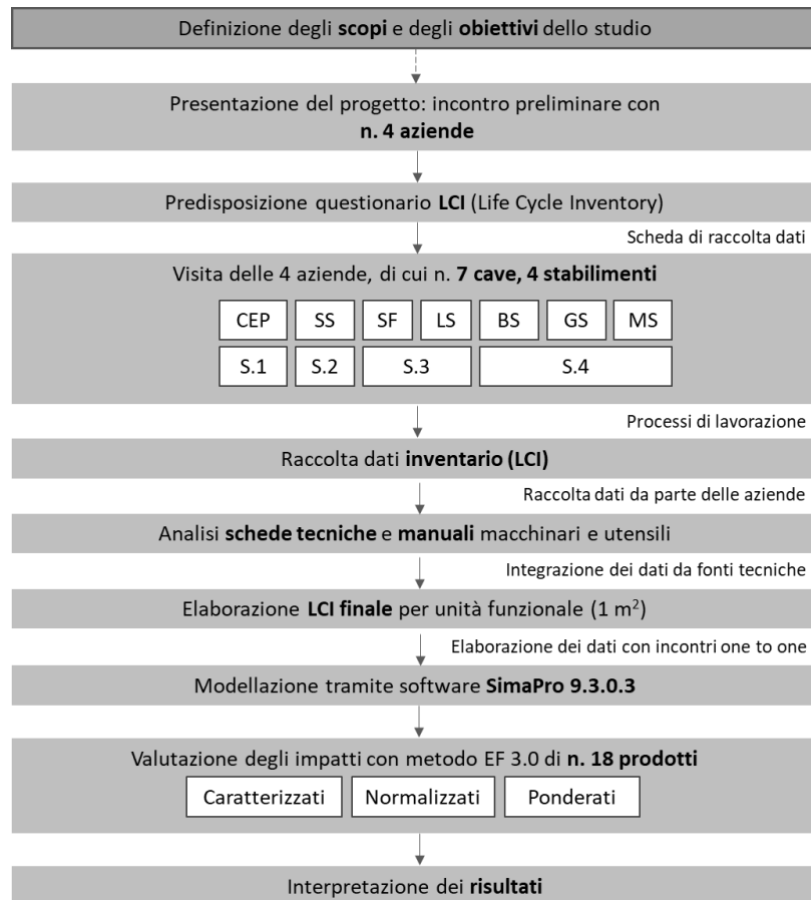


Fig. 12 - Procedura di raccolta dati (Elaborazione di Università di Bergamo)

Raccolta dati di inventario (LCI) è così suddivisa:

- dati di **Input**, distinti tra la fase di estrazione in cava e quella di lavorazione in laboratorio, che riguardano i consumi di energia elettrica, gasolio e acqua necessari per il funzionamento dei vari mezzi e macchinari adottati dalle varie tecniche estrattive considerate;
- dati di **Output**, riferiti alla produzione di polveri (solo per le cave a cielo aperto, ossia arenaria e pietra vulcanica). In linea con le indicazioni previste dal PRQA della regione Toscana (Barbaro A. et al., 2018) per le cave in galleria (pietra calcarea e breccia monogenica) non sono stati riportati i valori in quanto a livello ambientale, come da regolamento PQRA, non sono necessari rilievi per polveri che non escono dall'ingresso della cava. Anche nello stabilimento le polveri sono trascurabili in quanto l'utilizzo di bagnature nelle varie lavorazioni diminuisce in modo sensibile la possibilità di trasporto e sospensione delle particelle.

Le tabelle che seguono, oltre ai processi/flussi coinvolti, precisano i processi unitari⁸, il dataset e la banca dati di riferimento.

⁸ Un processo unitario è l'elemento più piccolo preso in considerazione nell'inventario del ciclo di vita per il quale sono quantificati i dati di input e output (basato su ISO 14040: 2006).

7.1.1 Processo produttivo delle lastre in breccia monogenica

7.1.1.1 Lastra in breccia monogenica spessore 2 cm, naturale

Tab. 13 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in breccia monogenica spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,048 | ton | Monogenic breccia, density 2400 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (2 cm) | 1 | m ² | Monogenic breccia, density 2400 kg/m ³ , thickness 2 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 0,0408 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.1.2 Lastra in breccia monogenica spessore 2 cm, bocciardata

Tab. 14 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in breccia monogenica spessore 2 cm bocciardata

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|------------------------------------------|--------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,048 | ton | Monogenic breccia, density 2400 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (2 cm) | 1 | m ² | Monogenic breccia, density 2400 kg/m ³ , thickness 2 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 0,0408 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Lavorazione superficiale (bocciardatura) | 2,335 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.1.3 Lastra in breccia monogenica spessore 2 cm, levigata

Tab. 15 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in breccia monogenica spessore 2 cm levigata

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,048 | ton | Monogenic breccia, density 2400 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (2 cm) | 1 | m ² | Monogenic breccia, density 2400 kg/m ³ , thickness 2 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 0,0408 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Lavorazione superficiale (levigatura) | 3,12 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.1.4 Lastra in breccia monogenica spessore 2 cm, sabbiata

Tab. 16 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in breccia monogenica spessore 2 cm sabbiata

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,048 | ton | Monogenic breccia, density 2400 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (2 cm) | 1 | m ² | Monogenic breccia, density 2400 kg/m ³ , thickness 2 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 0,0408 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Lavorazione superficiale (sabbiatura) | 0,918 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.1.5 Lastra in breccia monogenica spessore 2 cm, rigata

Tab. 17 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in breccia monogenica spessore 2 cm rigata

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,048 | ton | Monogenic breccia, density 2400 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (2 cm) | 1 | m ² | Monogenic breccia, density 2400 kg/m ³ , thickness 2 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 0,0408 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Lavorazione superficiale (rigatura) | 1,18 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.1.6 Lastra in breccia monogenica spessore 3 cm, naturale

Tab. 18 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in breccia monogenica spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,072 | ton | Monogenic breccia, density 2400 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (3 cm) | 1 | m ² | Monogenic breccia, density 2400 kg/m ³ , thickness 3 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 0,0612 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.1.7 Operazioni di cava breccia monogenica

Tab. 19 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava. I valori sono riferiti a 1 ton di Breccia monogenica

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|-----------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Energia elettrica (sega a catena) | 8,5 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Olio lubrificante (sega a catena) | 0,2 | kg | Lubricating oil {RER} market for lubricating oil Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in cava | 91,2 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.1.8 Operazioni in stabilimento breccia monogenica (2 cm)

Tab. 20 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in Breccia monogenica spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio del blocco in lastre (multilama diamantata - 70 lame) | 7 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 0,99 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in stabilimento | 1,8 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio a misura | 10 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 7,5 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.1.9 Operazioni in stabilimento breccia monogenica (3 cm)

Tab. 21 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in breccia monogenica spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio del blocco in lastre (multilama diamantata - 70 lame) | 10,5 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 1,5 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in stabilimento | 2,8 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio a misura | 10 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 7,5 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.2 Processo produttivo delle lastre in calcare, densità 1980 kg/m³

7.1.2.1 Lastra in calcare, densità 1980 kg/m³ spessore 2 cm, naturale

Tab. 22 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in calcare, densità 1980 kg/m³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,0396 | ton | Limestone, density 1980 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (2 cm) | 1 | m ² | Limestone, density 1980 kg/m ³ , thickness 2 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 1,0692 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.2.2 Lastra in calcare, densità 1980 kg/m³ spessore 3 cm, naturale

Tab. 23 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in calcare, densità 1980 kg/m³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,0594 | ton | Limestone, density 1980 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (3 cm) | 1 | m ² | Limestone, density 1980 kg/m ³ , thickness 3 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 1,6038 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.2.3 Operazioni di cava, calcare, densità 1980 kg/m³

Tab. 24 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava. I valori sono riferiti a 1 ton di calcare, densità 1980 kg/m³

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|---------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Fase di taglio in avanzamento (sega a catena + pala gommata) | 22,8 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| | 4,5 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Fase di taglio del banco (sega a catena + pala gommata) | 23 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| | 3,6 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Fase di squadratura del blocco (sega a catena + pala gommata) | 38,6 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| | 9,7 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Olio lubrificante (sega a catena) | 0,3 | kg | Lubricating oil {RER} market for lubricating oil Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in cava | 19,3 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.2.4 Operazioni in stabilimento calcare, densità 1980 kg/m³ (2 cm)

Tab. 25 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in calcare, densità 1980 kg/m³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio del blocco in lastre (multilama diamantata - 50 lame) | 6,3 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 0,6 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in stabilimento | 2,2 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio a misura | 23,3 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 0,35 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.2.5 Operazioni in stabilimento calcare, densità 1980 kg/m³ (3 cm)

Tab. 26 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in calcare, densità 1980 kg/m³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio del blocco in lastre (multilama diamantata - 70 lame) | 9,5 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 1,1 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in stabilimento | 3,4 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio a misura | 35,1 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 0,5 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.3 Processo produttivo delle lastre in calcare, densità 2330 kg/m³

7.1.3.1 Lastra in calcare, densità 2330 kg/m³ spessore 2 cm, naturale

Tab. 27 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in calcare, densità 2330 kg/m³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,0466 | ton | Limestone, density 2330 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (2 cm) | 1 | m ² | Limestone, density 2330 kg/m ³ , thickness 2 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 1,165 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.3.2 Lastra in calcare, densità 2330 kg/m³ spessore 3 cm, naturale

Tab. 28 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in calcare, densità 2330 kg/m³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,0699 | ton | Limestone, density 2330 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (3 cm) | 1 | m ² | Limestone, density 2330 kg/m ³ , thickness 3 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 1,7475 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.3.3 Operazioni di cava, calcare, densità 2330 kg/m³

Tab. 29 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava. I valori sono riferiti a 1 ton di calcare, densità 2330 kg/m³

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|-----------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio in avanzamento con sega a catena | 10,7 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| | 2,8 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio del banco con sega a catena | 14 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| | 1,5 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Squadratura del blocco | 11 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| | 3,7 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Olio lubrificante (sega a catena) | 0,25 | kg | Lubricating oil {RER} market for lubricating oil Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in cava | 16,2 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.3.4 Operazioni in stabilimento calcare, densità 2330 kg/m³ (2 cm)

Tab. 30 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in calcare, densità 2330 kg/m³ io spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio del blocco in lastre (multilama diamantata - 50 lame) | 9,7 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 1 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in stabilimento | 2,6 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio a misura | 27,5 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 0,4 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.3.5 Operazioni in stabilimento calcare, densità 2330 kg/m³ (3 cm)

Tab. 31 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in calcare, densità 2330 kg/m³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio del blocco in lastre (multilama diamantata - 70 lame) | 14,6 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 1,6 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in stabilimento | 3,9 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio a misura | 41,2 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 0,6 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.4 Processo produttivo delle lastre in calcare, densità 2170 kg/m³

7.1.4.1 Lastra in calcare, densità 2170 kg/m³ spessore 2 cm, naturale

Tab. 32 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in calcare, densità 2170 kg/m³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,0434 | ton | Limestone, density 2170 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (2 cm) | 1 | m ² | Limestone, density 2170 kg/m ³ , thickness 2 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 1,0416 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.4.2 Lastra in calcare, densità 2170 kg/m³ spessore 3 cm, naturale

Tab. 33 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in calcare, densità 2170 kg/m³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,0651 | ton | Limestone, density 2170 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (3 cm) | 1 | m ² | Limestone, density 2170 kg/m ³ , thickness 3 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 1,5624 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.4.3 Operazioni di cava, calcare, densità 2170 kg/m³

Tab. 34 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava. I valori sono riferiti a 1 ton di calcare, densità 2170 kg/m³

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|-----------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio in avanzamento con sega a catena | 36,9 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| | 0,6 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio del banco con sega a catena | 38,9 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| | 0,5 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Squadratura del blocco | 59,5 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| | 2 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Olio lubrificante (sega a catena) | 0,28 | kg | Lubricating oil {RER} market for lubricating oil Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in cava | 9,4 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.4.4 Operazioni in stabilimento calcare, densità 2170 kg/m³ (2 cm)

Tab. 35 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in calcare, densità 2170 kg/m³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio del blocco in lastre (multilama diamantata - 50 lame) | 8,3 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 0,8 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in stabilimento | 2,4 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio a misura | 25,6 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 0,4 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.4.5 Operazioni in stabilimento calcare, densità 2170 kg/m³ (3 cm)

Tab. 36 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in calcare, densità 2170 kg/m³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio del blocco in lastre (multilama diamantata - 70 lame) | 12,6 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 1,4 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in stabilimento | 3,6 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio a misura | 38,4 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 0,5 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.5 Processo produttivo delle lastre in arenaria, densità 2500 kg/m³

7.1.5.1 Lastra in arenaria, densità 2500 kg/m³ spessore 2 cm, naturale

Tab. 37 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in arenaria, densità 2500 kg/m³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,05 | ton | Sandstone, density 2500 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (2 cm) | 1 | m ² | Sandstone, density 2500 kg/m ³ , thickness 2 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 3 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.5.2 Lastra in arenaria, densità 2500 kg/m³ spessore 3 cm, naturale

Tab. 38 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in arenaria, densità 2500 kg/m³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,075 | ton | Sandstone, density 2500 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (3 cm) | 1 | m ² | Sandstone, density 2500 kg/m ³ , thickness 3 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 4,5 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.5.3 Operazioni di cava arenaria, densità 2500 kg/m³

Tab. 39 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava. I valori sono riferiti a 1 ton di arenaria, densità 2500 kg/m³

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|------------------------------------------|----------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Perforazione | 0,4 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| | 142,7 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio della bancata con filo diamantato | 2,4 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio della bancata con sega a catena | 0,9 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| | 0,05 | kg | Lubricating oil {RER} market for lubricating oil Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Rovesciamento del banco | 28,5 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Dimensionamento del blocco | 0,3 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in cava | 42,5 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Acqua | 214 | litri | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| Emissioni in aria (particolato < 10 um)* | 0,048527 | kg | Particulates, >2,5 um, and < 10um | Ecoinvent 3.8 |

*Valori di emissione calcolati in base alla relazione di cava svolta nel 2021 dal geologo Francesco Giuseppe Rossi

7.1.5.4 Operazioni in stabilimento arenaria, densità 2500 kg/m³ (2 cm)

Tab. 40 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in arenaria, densità 2500 kg/m³ io spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio del blocco in lastre (multilama diamantata - 90 lame) | 5,6 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 4,1 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in stabilimento | 1,8 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio a misura | 29,2 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 2,9 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.5.5 Operazioni in stabilimento arenaria, densità 2500 kg/m³ (3 cm)

Tab. 41 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in arenaria, densità 2500 kg/m³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------|--------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio del blocco in lastre (multilama diamantata - 90 lame) | 12,8 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 6,2 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in stabilimento | 2,8 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio a misura | 29,2 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 3,5 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.6 Processo produttivo delle lastre in pietra vulcanica

7.1.6.1 Lastra in pietra vulcanica spessore 2 cm, naturale

Tab. 42 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in pietra vulcanica spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,05 | ton | Volcanic stone, density 2500 kg/m ³ , quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (2 cm) | 1 | m ² | Volcanic stone, density 2500 kg/m ³ , thickness 2 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 0,04 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.6.2 Lastra in pietra vulcanica spessore 3 cm, naturale

Tab. 43 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in pietra vulcanica spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,075 | ton | Volcanic stone, density 2500 kg/m ³ , quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (3 cm) | 1 | m ² | Volcanic stone, density 2500 kg/m ³ , thickness 3 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 0,006 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.6.3 Operazioni di cava pietra vulcanica

Tab. 44 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava. I valori sono riferiti a 1 ton di pietra vulcanica

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|------------------------------------------|---------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Estrazione con sega a catena | 0,3 | kg | Lubricating oil {RER} market for lubricating oil Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| | 1,7 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Squadratura del blocco | 2,2 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| | 133,3 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in cava | 48,2 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Lavaggio piazzali | 441,1 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| Emissioni in aria (particolato < 10 um)* | 0,08317 | kg | Particulates, >2,5 um, and < 10um | Ecoinvent 3.8 |

*Valori di emissione calcolati in base alla relazione di cava svolta nel 2021 dal geologo Francesco Giuseppe Rossi

7.1.6.4 Operazioni in stabilimento pietra vulcanica (2 cm)

Tab. 45 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in pietra vulcanica io spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio del blocco in lastre (multilama diamantata - 70 lame) | 5,6 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 2,2 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in stabilimento | 1,9 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio a misura | 29,2 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 2,9 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.6.5 Operazioni in stabilimento pietra vulcanica (3 cm)

Tab. 46 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in pietra vulcanica spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio del blocco in lastre (multilama diamantata - 90 lame) | 12,8 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 3,3 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in stabilimento | 2,9 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio a misura | 29,2 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 3,5 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.7 Processo produttivo delle lastre in arenaria, densità 2550 kg/m³

7.1.7.1 Lastra in arenaria, densità 2550 kg/m³ spessore 2 cm, naturale

Tab. 47 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in arenaria, densità 2550 kg/m³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,051 | ton | Sandstone, density 2550 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (2 cm) | 1 | m ² | Sandstone, density 2550 kg/m ³ , thickness 2 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 0,663 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.7.2 Lastra in arenaria, densità 2550 kg/m³ spessore 3 cm, naturale

Tab. 48 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava e stabilimento e relativo trasporto. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in arenaria, densità 2550 kg/m³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|----------------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Operazioni di cava | 0,0765 | ton | Sandstone, density 2550 kg/m ³ , Quarry operation | / |
| Operazioni in stabilimento (3 cm) | 1 | m ² | Sandstone, density 2550 kg/m ³ , thickness 3 cm, natural, at production | / |
| Trasporto dalla cava allo stabilimento | 0,9945 | tkm | Transport, freight, lorry 16-32 ton, euro 5 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.7.3 Operazioni di cava arenaria, densità 2550 kg/m³

Tab. 49 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni di cava. I valori sono riferiti a 1 ton di arenaria, densità 2550 kg/m³

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|------------------------------------------|---------|-----------------|--------------------------------------------------------------------|---------------|
| Acqua | 21,4 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| Esplosivo | 1,9 | kg | Explosive, tovox {CH} production Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in cava | 214,1 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Emissioni in aria (particolato < 10 um)* | 0,03805 | kg | Particulates, >2,5 um, and < 10um | Ecoinvent 3.8 |

*Valori di emissione calcolati in base alla relazione di cava svolta nel 2021 dal geologo Francesco Giuseppe Rossi

7.1.7.4 Operazioni in stabilimento arenaria, densità 2550 kg/m³ (2 cm)

Tab. 50 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in arenaria, densità 2550 kg/m³ spessore 2 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------|--------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio del blocco in lastre (multilama diamantata - 40 lame) | 4,7 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 1,1 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in stabilimento | 2 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio a misura | 7 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 1,3 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.1.7.5 Operazioni in stabilimento arenaria, densità 2550 kg/m³ (3 cm)

Tab. 51 - Processi utilizzati per la modellazione degli input delle operazioni in stabilimento. I valori sono riferiti a 1m² di lastra in arenaria, densità 2550 kg/m³ spessore 3 cm senza lavorazioni superficiali

| Flussi/processi in input | Valore | Unità di misura | Dataset di riferimento | Banca dati |
|--------------------------------------------------------------|--------|-----------------|--------------------------------------------------------------------|---------------|
| Taglio del blocco in lastre (multilama diamantata - 40 lame) | 7,1 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 1,6 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Movimentazioni in stabilimento | 2,9 | MJ | Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |
| Taglio a misura | 10,3 | l | Water, unspecified natural origin, IT | Ecoinvent 3.8 |
| | 1,3 | kWh | Electricity, medium voltage {IT} market for Cut-off, U | Ecoinvent 3.8 |

7.2 Sviluppo dei datasets

Nello studio di filiera sono stati sviluppati i seguenti dataset:

- 1 mq monogenic breccia slab thickness 20 mm, natural, density 2400 kg/m³;
- 1 mq monogenic breccia slab thickness 30 mm, natural, density 2400 kg/m³;
- 1 mq limestone slab thickness 20 mm, natural, density 1980 kg/m³;
- 1 mq limestone slab thickness 30 mm, natural, density 1980 kg/m³;
- 1 mq limestone slab thickness 20 mm, natural, density 2330 kg/m³;
- 1 mq limestone slab thickness 30 mm, natural, density 2330 kg/m³;
- 1 mq limestone slab thickness 20 mm, natural, density 2170 kg/m³;
- 1 mq limestone slab thickness 30 mm, natural, density 2170 kg/m³;
- 1 mq sandstone slab thickness 20 mm, natural, density 2500 kg/m³;
- 1 mq sandstone slab thickness 30 mm, natural, density 2500 kg/m³;
- 1 mq sandstone slab thickness 20 mm, natural, density 2550 kg/m³;
- 1 mq sandstone slab thickness 30 mm, natural, density 2550 kg/m³;
- 1 mq volcanic stone slab thickness 20 mm, natural, density 2500 kg/m³;
- 1 mq volcanic stone slab thickness 30 mm, natural, density 2500 kg/m³;

- 1 m³ monogenic breccia slab thickness 20 mm, bush-hammered, density 2400 kg/m³;
- 1 m³ monogenic breccia slab thickness 20 mm, honed, density 2400 kg/m³;
- 1 m³ monogenic breccia slab thickness 20 mm, sand-blasted, density 2400 kg/m³;
- 1 m³ monogenic breccia slab thickness 20 mm, grooved, density 2400 kg/m³.

8 Valutazione degli impatti ambientali

In questa sezione sono espressi gli esiti dell'analisi relativa ai calcestruzzi attraverso 16 categorie di impatto, che in accordo con la Norma ISO 14040, sono mostrati sottoforma di:

- ◆ valori caratterizzati;
- ◆ valori normalizzati;
- ◆ valori ponderati o pesati

8.1 Indicatori di impatto breccia monogenica (CEP)

8.1.1 Caratterizzazione - Breccia monogenica sp. 2 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra CEP sp. 2 cm |
|--------------------------------------------|-----------------|----------|-----------------------------------------|------------------|----------------------------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabiliment o | Stabiliment o | |
| Climate change | kg CO2 eq | 5,80E-01 | 6,79E-03 | 3,60E+00 | 4,19E+00 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 1,16E-07 | 1,57E-09 | 5,03E-07 | 6,20E-07 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 5,07E-02 | 5,27E-04 | 4,81E-01 | 5,33E-01 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 6,19E-03 | 2,77E-05 | 9,73E-03 | 1,59E-02 |
| Particulate matter | disease inc. | 1,16E-07 | 5,85E-10 | 1,06E-07 | 2,22E-07 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 3,50E-09 | 8,39E-11 | 2,05E-08 | 2,41E-08 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 1,70E-10 | 2,59E-12 | 8,19E-10 | 9,92E-10 |
| Acidification | mol H+ eq | 5,02E-03 | 2,75E-05 | 1,74E-02 | 2,24E-02 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 5,36E-05 | 4,37E-07 | 7,88E-04 | 8,42E-04 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 1,98E-03 | 8,29E-06 | 3,14E-03 | 5,13E-03 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 2,17E-02 | 9,06E-05 | 3,49E-02 | 5,67E-02 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 5,16E+00 | 8,00E-02 | 3,42E+01 | 3,94E+01 |
| Land use | Pt | 1,22E+00 | 7,04E-02 | 9,31E+00 | 1,06E+01 |
| Water use | m3 depriv. | 1,22E-01 | 3,07E-04 | 3,05E+00 | 3,17E+00 |
| Resource use, fossils | MJ | 8,61E+00 | 1,03E-01 | 5,42E+01 | 6,30E+01 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 7,48E-07 | 2,36E-08 | 7,51E-06 | 8,28E-06 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 5,77E-01 | 6,78E-03 | 3,55E+00 | 4,14E+00 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 2,46E-03 | 2,39E-06 | 4,92E-02 | 5,17E-02 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 7,11E-05 | 2,66E-06 | 4,56E-04 | 5,30E-04 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 1,38E-10 | 3,42E-12 | 7,38E-10 | 8,80E-10 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 1,90E-09 | 1,86E-11 | 5,08E-09 | 7,00E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 1,49E-09 | 6,21E-11 | 1,51E-08 | 1,67E-08 |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 8,43E-11 | 1,23E-12 | 3,54E-10 | 4,39E-10 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 8,56E-11 | 1,36E-12 | 4,66E-10 | 5,53E-10 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 3,87E-01 | 6,16E-03 | 4,48E-01 | 8,41E-01 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 1,11E+00 | 2,18E-02 | 3,01E+00 | 4,14E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 3,66E+00 | 5,21E-02 | 3,07E+01 | 3,44E+01 |

8.1.2 Normalizzazione – Breccia monogenica sp. 2 cm

| Impact category | A1 Cava | A2 Trasporto cava - stabiliment o | A3 Stabiliment o | TOTALE Lastra CEP sp. 2 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|------------------------|----------------------------------|-----------------|
| Climate change | 7,16E-05 | 8,38E-07 | 4,45E-04 | 5,17E-04 | 9,6% |
| Ozone depletion | 2,16E-06 | 2,93E-08 | 9,37E-06 | 1,16E-05 | 0,2% |
| Ionising radiation | 1,20E-05 | 1,25E-07 | 1,14E-04 | 1,26E-04 | 2,3% |
| Photochemical ozone formation | 1,53E-04 | 6,83E-07 | 2,40E-04 | 3,93E-04 | 7,3% |
| Particulate matter | 1,94E-04 | 9,83E-07 | 1,78E-04 | 3,73E-04 | 6,9% |
| Human toxicity, non-cancer | 1,52E-05 | 3,65E-07 | 8,94E-05 | 1,05E-04 | 1,9% |
| Human toxicity, cancer | 1,01E-05 | 1,53E-07 | 4,85E-05 | 5,87E-05 | 1,1% |
| Acidification | 9,04E-05 | 4,95E-07 | 3,12E-04 | 4,03E-04 | 7,5% |
| Eutrophication, freshwater | 3,33E-05 | 2,72E-07 | 4,90E-04 | 5,24E-04 | 9,7% |
| Eutrophication, marine | 1,01E-04 | 4,24E-07 | 1,61E-04 | 2,63E-04 | 4,9% |
| Eutrophication, terrestrial | 1,23E-04 | 5,13E-07 | 1,97E-04 | 3,21E-04 | 5,9% |
| Ecotoxicity, freshwater | 1,21E-04 | 1,87E-06 | 8,00E-04 | 9,23E-04 | 17,1% |
| Land use | 1,49E-06 | 8,59E-08 | 1,14E-05 | 1,29E-05 | 0,2% |
| Water use | 1,06E-05 | 2,68E-08 | 2,66E-04 | 2,77E-04 | 5,1% |
| Resource use, fossils | 1,32E-04 | 1,58E-06 | 8,34E-04 | 9,68E-04 | 17,9% |
| Resource use, minerals and metals | 1,18E-05 | 3,70E-07 | 1,18E-04 | 1,30E-04 | 2,4% |

8.1.3 Pesatura – Breccia monogenica sp. 2 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra CEP sp. 2 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | μPt | 1,51E+01 | 1,76E-01 | 9,37E+01 | 1,09E+02 | 30,0% |
| Ozone depletion | μPt | 1,36E-01 | 1,85E-03 | 5,91E-01 | 7,30E-01 | 0,2% |
| Ionising radiation | μPt | 6,02E-01 | 6,26E-03 | 5,72E+00 | 6,32E+00 | 1,7% |
| Photochemical ozone formation | μPt | 7,29E+00 | 3,27E-02 | 1,15E+01 | 1,88E+01 | 5,2% |
| Particulate matter | μPt | 1,74E+01 | 8,81E-02 | 1,59E+01 | 3,34E+01 | 9,2% |
| Human toxicity, non-cancer | μPt | 2,80E-01 | 6,72E-03 | 1,65E+00 | 1,93E+00 | 0,5% |
| Human toxicity, cancer | μPt | 2,14E-01 | 3,27E-03 | 1,03E+00 | 1,25E+00 | 0,3% |
| Acidification | μPt | 5,60E+00 | 3,07E-02 | 1,94E+01 | 2,50E+01 | 6,9% |
| Eutrophication, freshwater | μPt | 9,34E-01 | 7,61E-03 | 1,37E+01 | 1,47E+01 | 4,0% |
| Eutrophication, marine | μPt | 3,00E+00 | 1,26E-02 | 4,76E+00 | 7,77E+00 | 2,1% |
| Eutrophication, terrestrial | μPt | 4,56E+00 | 1,90E-02 | 7,32E+00 | 1,19E+01 | 3,3% |
| Ecotoxicity, freshwater | μPt | 2,32E+00 | 3,60E-02 | 1,54E+01 | 1,77E+01 | 4,9% |
| Land use | μPt | 1,18E-01 | 6,82E-03 | 9,02E-01 | 1,03E+00 | 0,3% |
| Water use | μPt | 9,06E-01 | 2,28E-03 | 2,26E+01 | 2,36E+01 | 6,5% |
| Resource use, fossils | μPt | 1,10E+01 | 1,31E-01 | 6,94E+01 | 8,06E+01 | 22,2% |
| Resource use, minerals and metals | μPt | 8,87E-01 | 2,80E-02 | 8,91E+00 | 9,83E+00 | 2,7% |

8.1.4 Caratterizzazione - Breccia monogenica sp. 2 cm con trattamento superficiale (bocciardatura/levigatura/sabbiatura/rigatura)

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | | | | |
|-----------------------------------------|--------------|----------|-------------------------------|--------------|---------------|------------|------------|----------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | Bocciardatura | Levigatura | Sabbiatura | Rigatura |
| Climate change | kg CO2 eq | 5,80E-01 | 6,79E-03 | 3,60E+00 | 9,45E-01 | 1,26E+00 | 3,71E-01 | 4,78E-01 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 1,16E-07 | 1,57E-09 | 5,03E-07 | 1,29E-07 | 1,72E-07 | 5,05E-08 | 6,50E-08 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 5,07E-02 | 5,27E-04 | 4,81E-01 | 1,30E-01 | 1,73E-01 | 5,09E-02 | 6,55E-02 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 6,19E-03 | 2,77E-05 | 9,73E-03 | 2,04E-03 | 2,73E-03 | 8,03E-04 | 1,03E-03 |
| Particulate matter | disease inc. | 1,16E-07 | 5,85E-10 | 1,06E-07 | 1,64E-08 | 2,19E-08 | 6,45E-09 | 8,30E-09 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 3,50E-09 | 8,39E-11 | 2,05E-08 | 5,38E-09 | 7,19E-09 | 2,12E-09 | 2,72E-09 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 1,70E-10 | 2,59E-12 | 8,19E-10 | 2,11E-10 | 2,82E-10 | 8,30E-11 | 1,07E-10 |
| Acidification | mol H+ eq | 5,02E-03 | 2,75E-05 | 1,74E-02 | 4,30E-03 | 5,75E-03 | 1,69E-03 | 2,17E-03 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 5,36E-05 | 4,37E-07 | 7,88E-04 | 2,15E-04 | 2,88E-04 | 8,46E-05 | 1,09E-04 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 1,98E-03 | 8,29E-06 | 3,14E-03 | 6,55E-04 | 8,76E-04 | 2,57E-04 | 3,31E-04 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 2,17E-02 | 9,06E-05 | 3,49E-02 | 7,30E-03 | 9,75E-03 | 2,87E-03 | 3,69E-03 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 5,16E+00 | 8,00E-02 | 3,42E+01 | 9,03E+00 | 1,21E+01 | 3,55E+00 | 4,56E+00 |
| Land use | Pt | 1,22E+00 | 7,04E-02 | 9,31E+00 | 2,48E+00 | 3,31E+00 | 9,75E-01 | 1,25E+00 |
| Water use | m3 depriv. | 1,22E-01 | 3,07E-04 | 3,05E+00 | 6,29E-01 | 8,40E-01 | 2,47E-01 | 3,18E-01 |
| Resource use, fossils | MJ | 8,61E+00 | 1,03E-01 | 5,42E+01 | 1,43E+01 | 1,91E+01 | 5,62E+00 | 7,22E+00 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 7,48E-07 | 2,36E-08 | 7,51E-06 | 2,04E-06 | 2,73E-06 | 8,03E-07 | 1,03E-06 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 5,77E-01 | 6,78E-03 | 3,55E+00 | 9,32E-01 | 1,24E+00 | 3,66E-01 | 4,71E-01 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 2,46E-03 | 2,39E-06 | 4,92E-02 | 1,35E-02 | 1,81E-02 | 5,32E-03 | 6,84E-03 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 7,11E-05 | 2,66E-06 | 4,56E-04 | 1,21E-04 | 1,61E-04 | 4,75E-05 | 6,10E-05 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 1,38E-10 | 3,42E-12 | 7,38E-10 | 1,95E-10 | 2,60E-10 | 7,64E-11 | 9,83E-11 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 1,90E-09 | 1,86E-11 | 5,08E-09 | 1,21E-09 | 1,62E-09 | 4,76E-10 | 6,12E-10 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 1,49E-09 | 6,21E-11 | 1,51E-08 | 4,09E-09 | 5,46E-09 | 1,61E-09 | 2,07E-09 |

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 8,43E-11 | 1,23E-12 | 3,54E-10 | 8,98E-11 | 1,20E-10 | 3,53E-11 | 4,54E-11 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 8,56E-11 | 1,36E-12 | 4,66E-10 | 1,21E-10 | 1,62E-10 | 4,77E-11 | 6,14E-11 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 3,87E-01 | 6,16E-03 | 4,48E-01 | 8,45E-02 | 1,13E-01 | 3,32E-02 | 4,27E-02 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 1,11E+00 | 2,18E-02 | 3,01E+00 | 7,25E-01 | 9,68E-01 | 2,85E-01 | 3,66E-01 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 3,66E+00 | 5,21E-02 | 3,07E+01 | 8,22E+00 | 1,10E+01 | 3,23E+00 | 4,15E+00 |

8.1.5 Normalizzazione - Breccia monogenica sp. 2 cm con trattamento superficiale (bocciardatura/levigatura/sabbiatura/rigatura)

| Impact category | A1 | A2 | A3 | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-------------------------------|--------------|---------------|-------------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|----------|--------------------|
| | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | Bocciardatura | Contrib.% bocciardatura | Levigatura | Contrib.% levigatura | Sabbiatura | Contrib.% sabbiatura | Rigatura | Contrib.% rigatura |
| Climate change | 7,16E-05 | 8,38E-07 | 4,45E-04 | 1,17E-04 | 18,4% | 1,56E-04 | 23,2% | 4,59E-05 | 8,1% | 5,90E-05 | 10,2% |
| Ozone depletion | 2,16E-06 | 2,93E-08 | 9,37E-06 | 2,40E-06 | 17,2% | 3,20E-06 | 21,7% | 9,42E-07 | 7,5% | 1,21E-06 | 9,5% |
| Ionising radiation | 1,20E-05 | 1,25E-07 | 1,14E-04 | 3,07E-05 | 19,6% | 4,10E-05 | 24,6% | 1,21E-05 | 8,7% | 1,55E-05 | 11,0% |
| Photochemical ozone formation | 1,53E-04 | 6,83E-07 | 2,40E-04 | 5,03E-05 | 11,4% | 6,73E-05 | 14,6% | 1,98E-05 | 4,8% | 2,54E-05 | 6,1% |
| Particulate matter | 1,94E-04 | 9,83E-07 | 1,78E-04 | 2,76E-05 | 6,9% | 3,69E-05 | 9,0% | 1,08E-05 | 2,8% | 1,39E-05 | 3,6% |
| Human toxicity, non-cancer | 1,52E-05 | 3,65E-07 | 8,94E-05 | 2,34E-05 | 18,3% | 3,13E-05 | 23,0% | 9,21E-06 | 8,1% | 1,18E-05 | 10,1% |
| Human toxicity, cancer | 1,01E-05 | 1,53E-07 | 4,85E-05 | 1,25E-05 | 17,6% | 1,67E-05 | 22,2% | 4,91E-06 | 7,7% | 6,32E-06 | 9,7% |
| Acidification | 9,04E-05 | 4,95E-07 | 3,12E-04 | 7,74E-05 | 16,1% | 1,03E-04 | 20,4% | 3,04E-05 | 7,0% | 3,91E-05 | 8,8% |
| Eutrophication, freshwater | 3,33E-05 | 2,72E-07 | 4,90E-04 | 1,34E-04 | 20,4% | 1,79E-04 | 25,5% | 5,26E-05 | 9,1% | 6,77E-05 | 11,5% |
| Eutrophication, marine | 1,01E-04 | 4,24E-07 | 1,61E-04 | 3,35E-05 | 11,3% | 4,48E-05 | 14,5% | 1,32E-05 | 4,8% | 1,69E-05 | 6,0% |
| Eutrophication, terrestrial | 1,23E-04 | 5,13E-07 | 1,97E-04 | 4,13E-05 | 11,4% | 5,52E-05 | 14,7% | 1,62E-05 | 4,8% | 2,09E-05 | 6,1% |
| Ecotoxicity, freshwater | 1,21E-04 | 1,87E-06 | 8,00E-04 | 2,12E-04 | 18,7% | 2,83E-04 | 23,5% | 8,31E-05 | 8,3% | 1,07E-04 | 10,4% |
| Land use | 1,49E-06 | 8,59E-08 | 1,14E-05 | 3,03E-06 | 19,0% | 4,04E-06 | 23,8% | 1,19E-06 | 8,4% | 1,53E-06 | 10,6% |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------|--------------|-------|-------------|------|-------------|-------|
| Water use | 1,06E-05 | 2,68E-08 | 2,66E-04 | 5,48E-05 | 3,3% | 7,32E-05 | 4,3% | 2,15E-05 | 1,3% | 2,77E-05 | 1,7% |
| Resource use, fossils | 1,32E-04 | 1,58E-06 | 8,34E-04 | 2,20E-04 | 18,5% | 2,94E-04 | 23,3% | 8,64E-05 | 8,2% | 1,11E-04 | 10,3% |
| Resource use, minerals and metals | 1,18E-05 | 3,70E-07 | 1,18E-04 | 3,21E-05 | 19,8% | 4,29E-05 | 24,9% | 1,26E-05 | 8,9% | 1,62E-05 | 11,1% |
| Contrib. % di ogni fase sul totale degli impatti BOCCIARDATURA | 13,8% | 0,1% | 72,4% | 13,7% | | | | | | | |
| Contrib. % di ogni fase sul totale degli impatti LEVIGATURA | 13,2% | 0,1% | 69,2% | | | 17,5% | | | | | |
| Contrib. % di ogni fase sul totale degli impatti SABBIATURA | 15,0% | 0,1% | 79,0% | | | | | 5,9% | | | |
| Contrib. % di ogni fase sul totale degli impatti RIGATURA | 14,8% | 0,1% | 77,7% | | | | | | | 7,4% | |

8.1.6 Pesatura - Breccia monogenica sp. 2 cm con trattamento superficiale (bocciardatura/levigatura/sabbiatura/rigatura)

| Impact category | A1 | A2 | A3 | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------|-------------------------------|--------------|---------------|-------------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|----------|--------------------|
| | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | Bocciardatura | Contrib.% bocciardatura | Levigatura | Contrib.% levigatura | Sabbiatura | Contrib.% sabbiatura | Rigatura | Contrib.% rigatura |
| Climate change | 1,51E+01 | 1,76E-01 | 9,37E+01 | 2,46E+01 | 18,4% | 3,29E+01 | 23,2% | 9,66E+00 | 8,1% | 1,24E+01 | 10,2% |
| Ozone depletion | 1,36E-01 | 1,85E-03 | 5,91E-01 | 1,51E-01 | 17,2% | 2,02E-01 | 21,7% | 5,94E-02 | 7,5% | 7,64E-02 | 9,5% |
| Ionising radiation | 6,02E-01 | 6,26E-03 | 5,72E+00 | 1,54E+00 | 19,6% | 2,06E+00 | 24,6% | 6,05E-01 | 8,7% | 7,78E-01 | 11,0% |
| Photochemical ozone formation | 7,29E+00 | 3,27E-02 | 1,15E+01 | 2,41E+00 | 11,4% | 3,22E+00 | 14,6% | 9,46E-01 | 4,8% | 1,22E+00 | 6,1% |
| Particulate matter | 1,74E+01 | 8,81E-02 | 1,59E+01 | 2,47E+00 | 6,9% | 3,30E+00 | 9,0% | 9,71E-01 | 2,8% | 1,25E+00 | 3,6% |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------|--------------|-------|-------------|------|-------------|-------|
| Human toxicity, non-cancer | 2,80E-01 | 6,72E-03 | 1,65E+00 | 4,31E-01 | 18,3% | 5,76E-01 | 23,0% | 1,69E-01 | 8,1% | 2,18E-01 | 10,1% |
| Human toxicity, cancer | 2,14E-01 | 3,27E-03 | 1,03E+00 | 2,66E-01 | 17,6% | 3,56E-01 | 22,2% | 1,05E-01 | 7,7% | 1,35E-01 | 9,7% |
| Acidification | 5,60E+00 | 3,07E-02 | 1,94E+01 | 4,80E+00 | 16,1% | 6,41E+00 | 20,4% | 1,89E+00 | 7,0% | 2,42E+00 | 8,8% |
| Eutrophication, freshwater | 9,34E-01 | 7,61E-03 | 1,37E+01 | 3,75E+00 | 20,4% | 5,01E+00 | 25,5% | 1,47E+00 | 9,1% | 1,90E+00 | 11,5% |
| Eutrophication, marine | 3,00E+00 | 1,26E-02 | 4,76E+00 | 9,92E-01 | 11,3% | 1,33E+00 | 14,5% | 3,90E-01 | 4,8% | 5,01E-01 | 6,0% |
| Eutrophication, terrestrial | 4,56E+00 | 1,90E-02 | 7,32E+00 | 1,53E+00 | 11,4% | 2,05E+00 | 14,7% | 6,02E-01 | 4,8% | 7,74E-01 | 6,1% |
| Ecotoxicity, freshwater | 2,32E+00 | 3,60E-02 | 1,54E+01 | 4,06E+00 | 18,7% | 5,43E+00 | 23,5% | 1,60E+00 | 8,3% | 2,05E+00 | 10,4% |
| Land use | 1,18E-01 | 6,82E-03 | 9,02E-01 | 2,40E-01 | 19,0% | 3,21E-01 | 23,8% | 9,44E-02 | 8,4% | 1,21E-01 | 10,6% |
| Water use | 9,06E-01 | 2,28E-03 | 2,26E+01 | 4,66E+00 | 3,3% | 6,23E+00 | 4,4% | 1,83E+00 | 1,3% | 2,36E+00 | 1,7% |
| Resource use, fossils | 1,10E+01 | 1,31E-01 | 6,94E+01 | 1,83E+01 | 18,5% | 2,44E+01 | 23,3% | 7,19E+00 | 8,2% | 9,24E+00 | 10,3% |
| Resource use, minerals and metals | 8,87E-01 | 2,80E-02 | 8,91E+00 | 2,42E+00 | 19,8% | 3,24E+00 | 24,9% | 9,52E-01 | 8,9% | 1,22E+00 | 11,1% |
| Contrib. % di ogni fase sul totale degli impatti BOCCIARDATURA | 12,7% | 0,1% | 73,9% | 13,2% | | | | | | | |
| Contrib. % di ogni fase sul totale degli impatti LEVIGATURA | 12,2% | 0,1% | 70,8% | | | 16,9% | | | | | |
| Contrib. % di ogni fase sul totale degli impatti SABBIATURA | 13,8% | 0,1% | 80,4% | | | | | 5,6% | | | |
| Contrib. % di ogni fase sul totale degli impatti RIGATURA | 13,6% | 0,1% | 79,1% | | | | | | | 7,1% | |

8.1.7 Caratterizzazione - Breccia monogenica sp. 3 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra CEP sp. 3 cm |
|--------------------------------------------|-----------------|----------|-------------------------------------|--------------|----------------------------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | |
| Climate change | kg CO2 eq | 8,69E-01 | 1,02E-02 | 3,90E+00 | 4,78E+00 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 1,74E-07 | 2,35E-09 | 5,51E-07 | 7,27E-07 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 7,61E-02 | 7,91E-04 | 5,15E-01 | 5,92E-01 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 9,29E-03 | 4,16E-05 | 1,14E-02 | 2,08E-02 |
| Particulate matter | disease inc. | 1,73E-07 | 8,78E-10 | 1,35E-07 | 3,09E-07 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 5,25E-09 | 1,26E-10 | 2,22E-08 | 2,76E-08 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 2,55E-10 | 3,89E-12 | 8,94E-10 | 1,15E-09 |
| Acidification | mol H+ eq | 7,53E-03 | 4,13E-05 | 1,92E-02 | 2,68E-02 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 8,04E-05 | 6,55E-07 | 8,37E-04 | 9,18E-04 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 2,97E-03 | 1,24E-05 | 3,71E-03 | 6,69E-03 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 3,26E-02 | 1,36E-04 | 4,11E-02 | 7,38E-02 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 7,74E+00 | 1,20E-01 | 3,69E+01 | 4,47E+01 |
| Land use | Pt | 1,83E+00 | 1,06E-01 | 1,00E+01 | 1,19E+01 |
| Water use | m3 depriv. | 1,83E-01 | 4,61E-04 | 3,35E+00 | 3,53E+00 |
| Resource use, fossils | MJ | 1,29E+01 | 1,54E-01 | 5,86E+01 | 7,17E+01 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 1,12E-06 | 3,54E-08 | 8,01E-06 | 9,16E-06 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 8,66E-01 | 1,02E-02 | 3,85E+00 | 4,72E+00 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 3,69E-03 | 3,58E-06 | 5,22E-02 | 5,59E-02 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 1,07E-04 | 3,99E-06 | 4,91E-04 | 6,02E-04 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 2,07E-10 | 5,13E-12 | 7,97E-10 | 1,01E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 2,85E-09 | 2,79E-11 | 5,72E-09 | 8,60E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 2,24E-09 | 9,31E-11 | 1,62E-08 | 1,85E-08 |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 1,26E-10 | 1,84E-12 | 3,88E-10 | 5,17E-10 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 1,28E-10 | 2,05E-12 | 5,06E-10 | 6,36E-10 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 5,80E-01 | 9,24E-03 | 5,44E-01 | 1,13E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 1,67E+00 | 3,27E-02 | 3,37E+00 | 5,08E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 5,49E+00 | 7,81E-02 | 3,30E+01 | 3,85E+01 |

8.1.8 Normalizzazione – Breccia monogenica sp. 3 cm

| Impact category | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra CEP sp. 3 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|
| | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | 1,07E-04 | 1,26E-06 | 4,82E-04 | 5,90E-04 | 9,2% |
| Ozone depletion | 3,24E-06 | 4,39E-08 | 1,03E-05 | 1,35E-05 | 0,2% |
| Ionising radiation | 1,80E-05 | 1,87E-07 | 1,22E-04 | 1,40E-04 | 2,2% |
| Photochemical ozone formation | 2,29E-04 | 1,02E-06 | 2,82E-04 | 5,12E-04 | 8,0% |
| Particulate matter | 2,91E-04 | 1,47E-06 | 4,36E-04 | 5,19E-04 | 8,1% |
| Human toxicity, non-cancer | 2,28E-05 | 5,48E-07 | 9,69E-05 | 1,20E-04 | 1,9% |
| Human toxicity, cancer | 1,51E-05 | 2,30E-07 | 5,29E-05 | 6,82E-05 | 1,1% |
| Acidification | 1,36E-04 | 7,43E-07 | 3,46E-04 | 4,83E-04 | 7,5% |
| Eutrophication, freshwater | 5,00E-05 | 4,08E-07 | 5,21E-04 | 5,72E-04 | 8,9% |
| Eutrophication, marine | 1,52E-04 | 6,36E-07 | 1,90E-04 | 3,42E-04 | 5,4% |
| Eutrophication, terrestrial | 1,84E-04 | 7,69E-07 | 2,33E-04 | 4,18E-04 | 6,5% |
| Ecotoxicity, freshwater | 1,81E-04 | 2,81E-06 | 8,64E-04 | 1,05E-03 | 16,4% |
| Land use | 2,23E-06 | 1,29E-07 | 1,22E-05 | 1,46E-05 | 0,2% |
| Water use | 1,60E-05 | 4,02E-08 | 2,92E-04 | 3,08E-04 | 4,8% |
| Resource use, fossils | 1,99E-04 | 2,37E-06 | 9,02E-04 | 1,10E-03 | 17,2% |
| Resource use, minerals and metals | 1,76E-05 | 5,56E-07 | 1,26E-04 | 1,44E-04 | 2,3% |

8.1.9 Pesatura – Breccia monogenica sp. 3 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra CEP sp. 3 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | μPt | 2,26E+01 | 2,65E-01 | 1,01E+02 | 1,24E+02 | 29,0% |
| Ozone depletion | μPt | 2,05E-01 | 2,77E-03 | 6,48E-01 | 8,55E-01 | 0,2% |
| Ionising radiation | μPt | 9,03E-01 | 9,39E-03 | 6,12E+00 | 7,03E+00 | 1,6% |
| Photochemical ozone formation | μPt | 1,09E+01 | 4,90E-02 | 1,35E+01 | 2,45E+01 | 5,7% |
| Particulate matter | μPt | 2,61E+01 | 1,32E-01 | 2,03E+01 | 4,65E+01 | 10,9% |
| Human toxicity, non-cancer | μPt | 4,20E-01 | 1,01E-02 | 1,78E+00 | 2,21E+00 | 0,5% |
| Human toxicity, cancer | μPt | 3,21E-01 | 4,90E-03 | 1,13E+00 | 1,45E+00 | 0,3% |
| Acidification | μPt | 8,41E+00 | 4,61E-02 | 2,15E+01 | 2,99E+01 | 7,0% |
| Eutrophication, freshwater | μPt | 1,40E+00 | 1,14E-02 | 1,46E+01 | 1,60E+01 | 3,7% |
| Eutrophication, marine | μPt | 4,50E+00 | 1,88E-02 | 5,62E+00 | 1,01E+01 | 2,4% |
| Eutrophication, terrestrial | μPt | 6,84E+00 | 2,85E-02 | 8,63E+00 | 1,55E+01 | 3,6% |
| Ecotoxicity, freshwater | μPt | 3,48E+00 | 5,40E-02 | 1,66E+01 | 2,01E+01 | 4,7% |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Land use | μPt | 1,77E-01 | 1,02E-02 | 9,70E-01 | 1,16E+00 | 0,3% |
| Water use | μPt | 1,36E+00 | 3,42E-03 | 2,48E+01 | 2,62E+01 | 6,1% |
| Resource use, fossils | μPt | 1,65E+01 | 1,97E-01 | 7,50E+01 | 9,17E+01 | 21,4% |
| Resource use, minerals and metals | μPt | 1,33E+00 | 4,19E-02 | 9,50E+00 | 1,09E+01 | 2,5% |

8.2 Indicatori di impatto Calcare, densità 1980 kg/m³ (BS)

8.2.1 Caratterizzazione - Calcare, densità 1980 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra BS sp. 2 cm |
|--------------------------------------------|-----------------|----------|-----------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabiliment o | Stabiliment o | |
| Climate change | kg CO2 eq | 6,78E-01 | 1,78E-01 | 5,87E-01 | 1,44E+00 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 1,29E-07 | 4,11E-08 | 9,55E-08 | 2,65E-07 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 6,64E-02 | 1,38E-02 | 6,52E-02 | 1,45E-01 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 6,17E-03 | 7,27E-04 | 3,64E-03 | 1,05E-02 |
| Particulate matter | disease inc. | 1,11E-07 | 1,53E-08 | 6,30E-08 | 1,89E-07 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 4,09E-09 | 2,20E-09 | 3,37E-09 | 9,65E-09 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 1,91E-10 | 6,79E-11 | 1,49E-10 | 4,08E-10 |
| Acidification | mol H+ eq | 5,33E-03 | 7,21E-04 | 3,85E-03 | 9,90E-03 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 8,10E-05 | 1,14E-05 | 9,38E-05 | 1,86E-04 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 1,95E-03 | 2,17E-04 | 1,20E-03 | 3,37E-03 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 2,14E-02 | 2,37E-03 | 1,32E-02 | 3,70E-02 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 6,19E+00 | 2,10E+00 | 5,30E+00 | 1,36E+01 |
| Land use | Pt | 1,51E+00 | 1,85E+00 | 1,36E+00 | 4,72E+00 |
| Water use | m3 depriv. | 2,02E-01 | 8,05E-03 | 1,59E+00 | 1,80E+00 |
| Resource use, fossils | MJ | 1,02E+01 | 2,69E+00 | 8,59E+00 | 2,15E+01 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 1,04E-06 | 6,18E-07 | 9,35E-07 | 2,59E-06 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 6,73E-01 | 1,78E-01 | 5,81E-01 | 1,43E+00 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 4,18E-03 | 6,26E-05 | 5,54E-03 | 9,78E-03 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 8,63E-05 | 6,98E-05 | 6,93E-05 | 2,25E-04 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 1,66E-10 | 8,96E-11 | 1,16E-10 | 3,72E-10 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 1,96E-09 | 4,87E-10 | 1,32E-09 | 3,77E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 2,01E-09 | 1,63E-09 | 1,98E-09 | 5,61E-09 |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 9,22E-11 | 3,21E-11 | 6,97E-11 | 1,94E-10 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 9,87E-11 | 3,58E-11 | 7,90E-11 | 2,13E-10 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 3,84E-01 | 1,61E-01 | 2,06E-01 | 7,51E-01 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 1,17E+00 | 5,70E-01 | 7,49E-01 | 2,49E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 4,64E+00 | 1,36E+00 | 4,34E+00 | 1,03E+01 |

8.2.2 Normalizzazione – Calcare, densità 1980 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra BS sp. 2 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | 8,37E-05 | 2,20E-05 | 7,25E-05 | 1,78E-04 | 7,5% |
| Ozone depletion | 2,40E-06 | 7,67E-07 | 1,78E-06 | 4,95E-06 | 0,2% |
| Ionising radiation | 1,57E-05 | 3,27E-06 | 1,55E-05 | 3,45E-05 | 1,4% |
| Photochemical ozone formation | 1,52E-04 | 1,79E-05 | 8,96E-05 | 2,59E-04 | 10,9% |
| Particulate matter | 1,86E-04 | 2,58E-05 | 1,06E-04 | 3,18E-04 | 13,3% |
| Human toxicity, non-cancer | 1,78E-05 | 9,57E-06 | 1,47E-05 | 4,20E-05 | 1,8% |
| Human toxicity, cancer | 1,13E-05 | 4,02E-06 | 8,80E-06 | 2,41E-05 | 1,0% |
| Acidification | 9,59E-05 | 1,30E-05 | 6,93E-05 | 1,78E-04 | 7,5% |
| Eutrophication, freshwater | 5,04E-05 | 7,12E-06 | 5,84E-05 | 1,16E-04 | 4,9% |
| Eutrophication, marine | 9,98E-05 | 1,11E-05 | 6,13E-05 | 1,72E-04 | 7,2% |
| Eutrophication, terrestrial | 1,21E-04 | 1,34E-05 | 7,45E-05 | 2,09E-04 | 8,8% |
| Ecotoxicity, freshwater | 1,45E-04 | 4,91E-05 | 1,24E-04 | 3,18E-04 | 13,3% |
| Land use | 1,84E-06 | 2,25E-06 | 1,66E-06 | 5,76E-06 | 0,2% |
| Water use | 1,76E-05 | 7,01E-07 | 1,39E-04 | 1,57E-04 | 6,6% |
| Resource use, fossils | 1,57E-04 | 4,13E-05 | 1,32E-04 | 3,31E-04 | 13,8% |
| Resource use, minerals and metals | 1,63E-05 | 9,71E-06 | 1,47E-05 | 4,07E-05 | 1,7% |

8.2.3 Pesatura – Calcare, densità 1980 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra BS sp. 2 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | μPt | 1,76E+01 | 4,63E+00 | 1,53E+01 | 3,75E+01 | 23,5% |
| Ozone depletion | μPt | 1,51E-01 | 4,84E-02 | 1,12E-01 | 3,12E-01 | 0,2% |
| Ionising radiation | μPt | 7,88E-01 | 1,64E-01 | 7,75E-01 | 1,73E+00 | 1,1% |
| Photochemical ozone formation | μPt | 7,26E+00 | 8,56E-01 | 4,28E+00 | 1,24E+01 | 7,8% |
| Particulate matter | μPt | 1,67E+01 | 2,31E+00 | 9,48E+00 | 2,85E+01 | 17,9% |
| Human toxicity, non-cancer | μPt | 3,28E-01 | 1,76E-01 | 2,70E-01 | 7,73E-01 | 0,5% |
| Human toxicity, cancer | μPt | 2,41E-01 | 8,56E-02 | 1,87E-01 | 5,14E-01 | 0,3% |
| Acidification | μPt | 5,95E+00 | 8,05E-01 | 4,30E+00 | 1,11E+01 | 6,9% |
| Eutrophication, freshwater | μPt | 1,41E+00 | 1,99E-01 | 1,63E+00 | 3,25E+00 | 2,0% |
| Eutrophication, marine | μPt | 2,96E+00 | 3,29E-01 | 1,81E+00 | 5,10E+00 | 3,2% |
| Eutrophication, terrestrial | μPt | 4,49E+00 | 4,98E-01 | 2,76E+00 | 7,76E+00 | 4,9% |
| Ecotoxicity, freshwater | μPt | 2,79E+00 | 9,43E-01 | 2,38E+00 | 6,11E+00 | 3,8% |
| Land use | μPt | 1,46E-01 | 1,79E-01 | 1,32E-01 | 4,57E-01 | 0,3% |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|----------|----------|----------|----------|-------|
| Water use | μPt | 1,50E+00 | 5,97E-02 | 1,18E+01 | 1,34E+01 | 8,4% |
| Resource use, fossils | μPt | 1,31E+01 | 3,44E+00 | 1,10E+01 | 2,75E+01 | 17,3% |
| Resource use, minerals and metals | μPt | 1,23E+00 | 7,33E-01 | 1,11E+00 | 3,07E+00 | 1,9% |

8.2.4 Caratterizzazione - Calcare, densità 1980 kg/m³ sp. 3 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra BS sp. 3 cm |
|--------------------------------------------|-----------------|----------|-----------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabiliment o | Stabiliment o | |
| Climate change | kg CO2 eq | 1,02E+00 | 2,67E-01 | 9,60E-01 | 2,24E+00 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 1,93E-07 | 6,17E-08 | 1,55E-07 | 4,10E-07 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 9,96E-02 | 2,07E-02 | 1,08E-01 | 2,28E-01 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 9,25E-03 | 1,09E-03 | 5,74E-03 | 1,61E-02 |
| Particulate matter | disease inc. | 1,66E-07 | 2,30E-08 | 9,83E-08 | 2,88E-07 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 6,13E-09 | 3,30E-09 | 5,51E-09 | 1,49E-08 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 2,86E-10 | 1,02E-10 | 2,42E-10 | 6,30E-10 |
| Acidification | mol H+ eq | 7,99E-03 | 1,08E-03 | 6,19E-03 | 1,53E-02 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 1,22E-04 | 1,72E-05 | 1,57E-04 | 2,96E-04 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 2,93E-03 | 3,26E-04 | 1,89E-03 | 5,14E-03 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 3,21E-02 | 3,56E-03 | 2,08E-02 | 5,64E-02 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 9,29E+00 | 3,15E+00 | 8,70E+00 | 2,11E+01 |
| Land use | Pt | 2,27E+00 | 2,77E+00 | 2,25E+00 | 7,28E+00 |
| Water use | m3 depriv. | 3,03E-01 | 1,21E-02 | 2,44E+00 | 2,76E+00 |
| Resource use, fossils | MJ | 1,53E+01 | 4,03E+00 | 1,41E+01 | 3,35E+01 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 1,56E-06 | 9,27E-07 | 1,56E-06 | 4,05E-06 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 1,01E+00 | 2,67E-01 | 9,51E-01 | 2,23E+00 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 6,27E-03 | 9,39E-05 | 9,33E-03 | 1,57E-02 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 1,29E-04 | 1,05E-04 | 1,14E-04 | 3,48E-04 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 2,48E-10 | 1,34E-10 | 1,91E-10 | 5,74E-10 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 2,94E-09 | 7,31E-10 | 2,11E-09 | 5,78E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 3,01E-09 | 2,44E-09 | 3,29E-09 | 8,74E-09 |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 1,38E-10 | 4,82E-11 | 1,13E-10 | 2,99E-10 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 1,48E-10 | 5,36E-11 | 1,29E-10 | 3,31E-10 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 5,76E-01 | 2,42E-01 | 3,23E-01 | 1,14E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 1,76E+00 | 8,56E-01 | 1,20E+00 | 3,81E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 6,96E+00 | 2,05E+00 | 7,18E+00 | 1,62E+01 |

8.2.5 Normalizzazione – Calcare, densità 1980 kg/m³ sp. 3 cm

| Impact category | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra BS sp. 3 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | 1,26E-04 | 3,29E-05 | 1,19E-04 | 2,77E-04 | 7,5% |
| Ozone depletion | 3,60E-06 | 1,15E-06 | 2,89E-06 | 7,64E-06 | 0,2% |
| Ionising radiation | 2,36E-05 | 4,91E-06 | 2,56E-05 | 5,41E-05 | 1,5% |
| Photochemical ozone formation | 2,28E-04 | 2,69E-05 | 1,41E-04 | 3,96E-04 | 10,7% |
| Particulate matter | 2,79E-04 | 3,86E-05 | 1,65E-04 | 4,83E-04 | 13,1% |
| Human toxicity, non-cancer | 2,67E-05 | 1,44E-05 | 2,40E-05 | 6,50E-05 | 1,8% |
| Human toxicity, cancer | 1,69E-05 | 6,03E-06 | 1,43E-05 | 3,73E-05 | 1,0% |
| Acidification | 1,44E-04 | 1,95E-05 | 1,12E-04 | 2,75E-04 | 7,5% |
| Eutrophication, freshwater | 7,56E-05 | 1,07E-05 | 9,78E-05 | 1,84E-04 | 5,0% |
| Eutrophication, marine | 1,50E-04 | 1,67E-05 | 9,66E-05 | 2,63E-04 | 7,1% |
| Eutrophication, terrestrial | 1,82E-04 | 2,01E-05 | 1,17E-04 | 3,19E-04 | 8,7% |
| Ecotoxicity, freshwater | 2,18E-04 | 7,37E-05 | 2,04E-04 | 4,95E-04 | 13,4% |
| Land use | 2,76E-06 | 3,38E-06 | 2,74E-06 | 8,88E-06 | 0,2% |
| Water use | 2,65E-05 | 1,05E-06 | 2,13E-04 | 2,40E-04 | 6,5% |
| Resource use, fossils | 2,36E-04 | 6,20E-05 | 2,17E-04 | 5,15E-04 | 14,0% |
| Resource use, minerals and metals | 2,45E-05 | 1,46E-05 | 2,45E-05 | 6,36E-05 | 1,7% |

8.2.6 Pesatura - Calcare, densità 1980 kg/m³ sp. 3 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra BS sp. 3 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | μPt | 2,64E+01 | 6,94E+00 | 2,50E+01 | 5,84E+01 | 23,7% |
| Ozone depletion | μPt | 2,27E-01 | 7,26E-02 | 1,82E-01 | 4,82E-01 | 0,2% |
| Ionising radiation | μPt | 1,18E+00 | 2,46E-01 | 1,28E+00 | 2,71E+00 | 1,1% |
| Photochemical ozone formation | μPt | 1,09E+01 | 1,28E+00 | 6,75E+00 | 1,89E+01 | 7,7% |
| Particulate matter | μPt | 2,50E+01 | 3,46E+00 | 1,48E+01 | 4,33E+01 | 17,6% |
| Human toxicity, non-cancer | μPt | 4,91E-01 | 2,64E-01 | 4,41E-01 | 1,20E+00 | 0,5% |
| Human toxicity, cancer | μPt | 3,61E-01 | 1,28E-01 | 3,05E-01 | 7,94E-01 | 0,3% |
| Acidification | μPt | 8,92E+00 | 1,21E+00 | 6,91E+00 | 1,70E+01 | 6,9% |
| Eutrophication, freshwater | μPt | 2,12E+00 | 2,99E-01 | 2,74E+00 | 5,15E+00 | 2,1% |
| Eutrophication, marine | μPt | 4,43E+00 | 4,93E-01 | 2,86E+00 | 7,79E+00 | 3,2% |
| Eutrophication, terrestrial | μPt | 6,74E+00 | 7,47E-01 | 4,36E+00 | 1,18E+01 | 4,8% |
| Ecotoxicity, freshwater | μPt | 4,18E+00 | 1,41E+00 | 3,91E+00 | 9,51E+00 | 3,9% |
| Land use | μPt | 2,19E-01 | 2,68E-01 | 2,18E-01 | 7,05E-01 | 0,3% |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|----------|----------|----------|----------|-------|
| Water use | μPt | 2,25E+00 | 8,95E-02 | 1,81E+01 | 2,04E+01 | 8,3% |
| Resource use, fossils | μPt | 1,96E+01 | 5,16E+00 | 1,80E+01 | 4,28E+01 | 17,4% |
| Resource use, minerals and metals | μPt | 1,85E+00 | 1,10E+00 | 1,85E+00 | 4,80E+00 | 2,0% |

8.3 Indicatori di impatto Calcare, densità 2330 kg/m³ (GS)

8.3.1 Caratterizzazione - Calcare, densità 2330 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra GS sp. 2 cm |
|--------------------------------------------|-----------------|----------|-------------------------------------|--------------|---------------------------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | |
| Climate change | kg CO2 eq | 3,88E-01 | 1,94E-01 | 8,06E-01 | 1,39E+00 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 7,71E-08 | 4,48E-08 | 1,28E-07 | 2,50E-07 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 3,83E-02 | 1,50E-02 | 9,25E-02 | 1,46E-01 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 3,72E-03 | 7,92E-04 | 4,54E-03 | 9,05E-03 |
| Particulate matter | disease inc. | 6,53E-08 | 1,67E-08 | 7,64E-08 | 1,58E-07 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 2,41E-09 | 2,40E-09 | 4,62E-09 | 9,43E-09 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 1,13E-10 | 7,40E-11 | 2,01E-10 | 3,87E-10 |
| Acidification | mol H+ eq | 3,10E-03 | 7,86E-04 | 5,06E-03 | 8,95E-03 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 4,55E-05 | 1,25E-05 | 1,36E-04 | 1,94E-04 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 1,14E-03 | 2,37E-04 | 1,49E-03 | 2,87E-03 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 1,25E-02 | 2,59E-03 | 1,64E-02 | 3,16E-02 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 3,65E+00 | 2,28E+00 | 7,33E+00 | 1,33E+01 |
| Land use | Pt | 8,85E-01 | 2,01E+00 | 1,90E+00 | 4,80E+00 |
| Water use | m3 depriv. | 1,09E-01 | 8,77E-03 | 2,05E+00 | 2,17E+00 |
| Resource use, fossils | MJ | 6,05E+00 | 2,93E+00 | 1,18E+01 | 2,08E+01 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 6,64E-07 | 6,73E-07 | 1,35E-06 | 2,68E-06 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 3,85E-01 | 1,94E-01 | 7,98E-01 | 1,38E+00 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 2,23E-03 | 6,82E-05 | 8,16E-03 | 1,05E-02 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 5,34E-05 | 7,60E-05 | 9,63E-05 | 2,26E-04 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 1,09E-10 | 9,76E-11 | 1,61E-10 | 3,67E-10 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 1,15E-09 | 5,31E-10 | 1,71E-09 | 3,39E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 1,18E-09 | 1,77E-09 | 2,82E-09 | 5,77E-09 |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 5,39E-11 | 3,50E-11 | 9,31E-11 | 1,82E-10 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 5,86E-11 | 3,90E-11 | 1,08E-10 | 2,05E-10 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 2,39E-01 | 1,76E-01 | 2,54E-01 | 6,69E-01 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 7,17E-01 | 6,22E-01 | 9,71E-01 | 2,31E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 2,70E+00 | 1,49E+00 | 6,11E+00 | 1,03E+01 |

8.3.2 Normalizzazione – Calcare, densità 2330 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra GS sp. 2 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | 4,79E-05 | 2,39E-05 | 9,95E-05 | 1,71E-04 | 7,6% |
| Ozone depletion | 1,44E-06 | 8,35E-07 | 2,39E-06 | 4,66E-06 | 0,2% |
| Ionising radiation | 9,08E-06 | 3,57E-06 | 2,19E-05 | 3,46E-05 | 1,5% |
| Photochemical ozone formation | 9,16E-05 | 1,95E-05 | 1,12E-04 | 2,23E-04 | 10,0% |
| Particulate matter | 1,10E-04 | 2,81E-05 | 1,28E-04 | 2,66E-04 | 11,9% |
| Human toxicity, non-cancer | 1,05E-05 | 1,04E-05 | 2,01E-05 | 4,11E-05 | 1,8% |
| Human toxicity, cancer | 6,66E-06 | 4,38E-06 | 1,19E-05 | 2,29E-05 | 1,0% |
| Acidification | 5,59E-05 | 1,41E-05 | 9,11E-05 | 1,61E-04 | 7,2% |
| Eutrophication, freshwater | 2,83E-05 | 7,76E-06 | 8,49E-05 | 1,21E-04 | 5,4% |
| Eutrophication, marine | 5,85E-05 | 1,21E-05 | 7,64E-05 | 1,47E-04 | 6,6% |
| Eutrophication, terrestrial | 7,10E-05 | 1,46E-05 | 9,30E-05 | 1,79E-04 | 8,0% |
| Ecotoxicity, freshwater | 8,56E-05 | 5,35E-05 | 1,72E-04 | 3,11E-04 | 13,9% |
| Land use | 1,08E-06 | 2,45E-06 | 2,32E-06 | 5,86E-06 | 0,3% |
| Water use | 9,54E-06 | 7,64E-07 | 1,79E-04 | 1,89E-04 | 8,4% |
| Resource use, fossils | 9,31E-05 | 4,50E-05 | 1,82E-04 | 3,20E-04 | 14,3% |
| Resource use, minerals and metals | 1,04E-05 | 1,06E-05 | 2,12E-05 | 4,22E-05 | 1,9% |

8.3.3 Pesatura – Calcare, densità 2330 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra GS sp. 2 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | μPt | 1,01E+01 | 5,04E+00 | 2,10E+01 | 3,61E+01 | 24,0% |
| Ozone depletion | μPt | 9,07E-02 | 5,27E-02 | 1,51E-01 | 2,94E-01 | 0,2% |
| Ionising radiation | μPt | 4,55E-01 | 1,79E-01 | 1,10E+00 | 1,73E+00 | 1,1% |
| Photochemical ozone formation | μPt | 4,38E+00 | 9,33E-01 | 5,35E+00 | 1,07E+01 | 7,1% |
| Particulate matter | μPt | 9,83E+00 | 2,52E+00 | 1,15E+01 | 2,38E+01 | 15,8% |
| Human toxicity, non-cancer | μPt | 1,93E-01 | 1,92E-01 | 3,70E-01 | 7,55E-01 | 0,5% |
| Human toxicity, cancer | μPt | 1,42E-01 | 9,33E-02 | 2,53E-01 | 4,88E-01 | 0,3% |
| Acidification | μPt | 3,46E+00 | 8,77E-01 | 5,65E+00 | 9,99E+00 | 6,6% |
| Eutrophication, freshwater | μPt | 7,93E-01 | 2,17E-01 | 2,38E+00 | 3,39E+00 | 2,3% |
| Eutrophication, marine | μPt | 1,73E+00 | 3,58E-01 | 2,26E+00 | 4,35E+00 | 2,9% |
| Eutrophication, terrestrial | μPt | 2,63E+00 | 5,43E-01 | 3,45E+00 | 6,63E+00 | 4,4% |
| Ecotoxicity, freshwater | μPt | 1,64E+00 | 1,03E+00 | 3,30E+00 | 5,97E+00 | 4,0% |
| Land use | μPt | 8,57E-02 | 1,95E-01 | 1,85E-01 | 4,65E-01 | 0,3% |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|----------|----------|----------|----------|-------|
| Water use | μPt | 8,12E-01 | 6,50E-02 | 1,52E+01 | 1,61E+01 | 10,7% |
| Resource use, fossils | μPt | 7,74E+00 | 3,75E+00 | 1,52E+01 | 2,67E+01 | 17,7% |
| Resource use, minerals and metals | μPt | 7,88E-01 | 7,99E-01 | 1,60E+00 | 3,18E+00 | 2,1% |

8.3.4 Caratterizzazione - Calcare, densità 2330 kg/m³ sp. 3 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra GS sp. 3 cm |
|--------------------------------------------|-----------------|----------|-----------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabiliment o | Stabiliment o | |
| Climate change | kg CO2 eq | 5,82E-01 | 2,91E-01 | 1,25E+00 | 2,12E+00 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 1,16E-07 | 6,72E-08 | 1,98E-07 | 3,81E-07 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 5,74E-02 | 2,26E-02 | 1,44E-01 | 2,24E-01 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 5,58E-03 | 1,19E-03 | 6,90E-03 | 1,37E-02 |
| Particulate matter | disease inc. | 9,79E-08 | 2,51E-08 | 1,15E-07 | 2,38E-07 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 3,62E-09 | 3,59E-09 | 7,16E-09 | 1,44E-08 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 1,69E-10 | 1,11E-10 | 3,10E-10 | 5,90E-10 |
| Acidification | mol H+ eq | 4,66E-03 | 1,18E-03 | 7,78E-03 | 1,36E-02 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 6,83E-05 | 1,87E-05 | 2,14E-04 | 3,01E-04 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 1,72E-03 | 3,55E-04 | 2,27E-03 | 4,34E-03 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 1,88E-02 | 3,88E-03 | 2,50E-02 | 4,77E-02 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 5,48E+00 | 3,43E+00 | 1,14E+01 | 2,03E+01 |
| Land use | Pt | 1,33E+00 | 3,02E+00 | 2,96E+00 | 7,31E+00 |
| Water use | m3 depriv. | 1,64E-01 | 1,31E-02 | 3,11E+00 | 3,28E+00 |
| Resource use, fossils | MJ | 9,08E+00 | 4,39E+00 | 1,84E+01 | 3,19E+01 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 9,96E-07 | 1,01E-06 | 2,11E-06 | 4,11E-06 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 5,78E-01 | 2,90E-01 | 1,24E+00 | 2,10E+00 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 3,35E-03 | 1,02E-04 | 1,28E-02 | 1,63E-02 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 8,01E-05 | 1,14E-04 | 1,50E-04 | 3,44E-04 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 1,63E-10 | 1,46E-10 | 2,49E-10 | 5,59E-10 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 1,73E-09 | 7,96E-10 | 2,61E-09 | 5,14E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 1,77E-09 | 2,66E-09 | 4,41E-09 | 8,84E-09 |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 8,08E-11 | 5,25E-11 | 1,43E-10 | 2,77E-10 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 8,79E-11 | 5,84E-11 | 1,67E-10 | 3,13E-10 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 3,59E-01 | 2,64E-01 | 3,84E-01 | 1,01E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 1,08E+00 | 9,32E-01 | 1,49E+00 | 3,50E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 4,05E+00 | 2,23E+00 | 9,51E+00 | 1,58E+01 |

8.3.5 Normalizzazione – Calcare, densità 2330 kg/m³ sp. 3 cm

| Impact category | A1 Cava | A2 Trasporto cava - stabiliment o | A3 Stabiliment o | TOTALE Lastra GS sp. 3 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Climate change | 7,18E-05 | 3,59E-05 | 1,54E-04 | 2,62E-04 | 7,7% |
| Ozone depletion | 2,16E-06 | 1,25E-06 | 3,69E-06 | 7,10E-06 | 0,2% |
| Ionising radiation | 1,36E-05 | 5,35E-06 | 3,42E-05 | 5,32E-05 | 1,6% |
| Photochemical ozone formation | 1,37E-04 | 2,93E-05 | 1,70E-04 | 3,37E-04 | 9,9% |
| Particulate matter | 1,65E-04 | 4,21E-05 | 1,94E-04 | 4,00E-04 | 11,8% |
| Human toxicity, non-cancer | 1,58E-05 | 1,56E-05 | 3,12E-05 | 6,26E-05 | 1,8% |
| Human toxicity, cancer | 9,99E-06 | 6,57E-06 | 1,84E-05 | 3,49E-05 | 1,0% |
| Acidification | 8,38E-05 | 2,12E-05 | 1,40E-04 | 2,45E-04 | 7,2% |
| Eutrophication, freshwater | 4,25E-05 | 1,16E-05 | 1,33E-04 | 1,87E-04 | 5,5% |
| Eutrophication, marine | 8,78E-05 | 1,82E-05 | 1,16E-04 | 2,22E-04 | 6,5% |
| Eutrophication, terrestrial | 1,06E-04 | 2,20E-05 | 1,41E-04 | 2,70E-04 | 7,9% |
| Ecotoxicity, freshwater | 1,28E-04 | 8,03E-05 | 2,67E-04 | 4,75E-04 | 14,0% |
| Land use | 1,62E-06 | 3,68E-06 | 3,62E-06 | 8,91E-06 | 0,3% |
| Water use | 1,43E-05 | 1,15E-06 | 2,71E-04 | 2,86E-04 | 8,4% |
| Resource use, fossils | 1,40E-04 | 6,75E-05 | 2,83E-04 | 4,90E-04 | 14,4% |
| Resource use, minerals and metals | 1,56E-05 | 1,59E-05 | 3,31E-05 | 6,46E-05 | 1,9% |

8.3.6 Pesatura – Calcare, densità 2330 kg/m³ sp. 3 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra GS sp. 3 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | μPt | 1,51E+01 | 7,56E+00 | 3,25E+01 | 5,52E+01 | 24,1% |
| Ozone depletion | μPt | 1,36E-01 | 7,91E-02 | 2,33E-01 | 4,48E-01 | 0,2% |
| Ionising radiation | μPt | 6,82E-01 | 2,68E-01 | 1,71E+00 | 2,66E+00 | 1,2% |
| Photochemical ozone formation | μPt | 6,57E+00 | 1,40E+00 | 8,12E+00 | 1,61E+01 | 7,0% |
| Particulate matter | μPt | 1,47E+01 | 3,77E+00 | 1,74E+01 | 3,59E+01 | 15,7% |
| Human toxicity, non-cancer | μPt | 2,90E-01 | 2,88E-01 | 5,74E-01 | 1,15E+00 | 0,5% |
| Human toxicity, cancer | μPt | 2,13E-01 | 1,40E-01 | 3,91E-01 | 7,44E-01 | 0,3% |
| Acidification | μPt | 5,20E+00 | 1,32E+00 | 8,68E+00 | 1,52E+01 | 6,6% |
| Eutrophication, freshwater | μPt | 1,19E+00 | 3,26E-01 | 3,73E+00 | 5,24E+00 | 2,3% |
| Eutrophication, marine | μPt | 2,60E+00 | 5,38E-01 | 3,43E+00 | 6,57E+00 | 2,9% |
| Eutrophication, terrestrial | μPt | 3,95E+00 | 8,14E-01 | 5,24E+00 | 1,00E+01 | 4,4% |
| Ecotoxicity, freshwater | μPt | 2,46E+00 | 1,54E+00 | 5,12E+00 | 9,13E+00 | 4,0% |
| Land use | μPt | 1,29E-01 | 2,92E-01 | 2,87E-01 | 7,08E-01 | 0,3% |
| Water use | μPt | 1,22E+00 | 9,76E-02 | 2,30E+01 | 2,44E+01 | 10,6% |
| Resource use, fossils | μPt | 1,16E+01 | 5,62E+00 | 2,35E+01 | 4,08E+01 | 17,8% |
| Resource use, minerals and metals | μPt | 1,18E+00 | 1,20E+00 | 2,50E+00 | 4,88E+00 | 2,1% |

8.4 Indicatori di impatto Calcare, densità 2170 kg/m³ (MS)

8.4.1 Caratterizzazione - Calcare, densità 2170 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra MS sp. 2 cm |
|--------------------------------------------|-----------------|----------|-----------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabiliment o | Stabiliment o | |
| Climate change | kg CO2 eq | 6,47E-01 | 1,73E-01 | 7,07E-01 | 1,53E+00 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 1,40E-07 | 4,01E-08 | 1,13E-07 | 2,94E-07 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 4,72E-02 | 1,35E-02 | 8,02E-02 | 1,41E-01 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 8,45E-03 | 7,08E-04 | 4,11E-03 | 1,33E-02 |
| Particulate matter | disease inc. | 1,63E-07 | 1,49E-08 | 6,99E-08 | 2,47E-07 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 3,94E-09 | 2,14E-09 | 4,05E-09 | 1,01E-08 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 2,02E-10 | 6,62E-11 | 1,77E-10 | 4,45E-10 |
| Acidification | mol H+ eq | 6,36E-03 | 7,03E-04 | 4,50E-03 | 1,16E-02 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 3,47E-05 | 1,12E-05 | 1,17E-04 | 1,63E-04 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 2,71E-03 | 2,12E-04 | 1,35E-03 | 4,28E-03 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 2,97E-02 | 2,31E-03 | 1,49E-02 | 4,69E-02 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 5,60E+00 | 2,04E+00 | 6,41E+00 | 1,41E+01 |
| Land use | Pt | 1,26E+00 | 1,80E+00 | 1,66E+00 | 4,71E+00 |
| Water use | m3 depriv. | 5,31E-02 | 7,84E-03 | 1,94E+00 | 2,00E+00 |
| Resource use, fossils | MJ | 9,49E+00 | 2,62E+00 | 1,04E+01 | 2,25E+01 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 6,48E-07 | 6,02E-07 | 1,16E-06 | 2,41E-06 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 6,46E-01 | 1,73E-01 | 6,99E-01 | 1,52E+00 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 9,08E-04 | 6,10E-05 | 6,99E-03 | 7,96E-03 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 7,70E-05 | 6,80E-05 | 8,41E-05 | 2,29E-04 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 1,56E-10 | 8,73E-11 | 1,41E-10 | 3,84E-10 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 2,49E-09 | 4,75E-10 | 1,53E-09 | 4,49E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 1,32E-09 | 1,59E-09 | 2,45E-09 | 5,35E-09 |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 1,03E-10 | 3,13E-11 | 8,24E-11 | 2,17E-10 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 9,85E-11 | 3,48E-11 | 9,47E-11 | 2,28E-10 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 5,34E-01 | 1,57E-01 | 2,31E-01 | 9,22E-01 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 1,44E+00 | 5,56E-01 | 8,68E-01 | 2,87E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 3,62E+00 | 1,33E+00 | 5,31E+00 | 1,03E+01 |

8.4.2 Normalizzazione – Calcare, densità 2170 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | A1 Cava | A2 Trasporto cava - stabiliment o | A3 Stabiliment o | TOTALE Lastra MS sp. 2 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Climate change | 7,99E-05 | 2,14E-05 | 8,73E-05 | 1,89E-04 | 6,9% |
| Ozone depletion | 2,61E-06 | 7,47E-07 | 2,11E-06 | 5,47E-06 | 0,2% |
| Ionising radiation | 1,12E-05 | 3,19E-06 | 1,90E-05 | 3,34E-05 | 1,2% |
| Photochemical ozone formation | 2,08E-04 | 1,74E-05 | 1,01E-04 | 3,27E-04 | 12,0% |
| Particulate matter | 2,73E-04 | 2,51E-05 | 1,17E-04 | 4,16E-04 | 15,2% |
| Human toxicity, non-cancer | 1,72E-05 | 9,33E-06 | 1,76E-05 | 4,41E-05 | 1,6% |
| Human toxicity, cancer | 1,19E-05 | 3,91E-06 | 1,05E-05 | 2,63E-05 | 1,0% |
| Acidification | 1,14E-04 | 1,26E-05 | 8,10E-05 | 2,08E-04 | 7,6% |
| Eutrophication, freshwater | 2,16E-05 | 6,94E-06 | 7,31E-05 | 1,02E-04 | 3,7% |
| Eutrophication, marine | 1,39E-04 | 1,08E-05 | 6,92E-05 | 2,19E-04 | 8,0% |
| Eutrophication, terrestrial | 1,68E-04 | 1,31E-05 | 8,42E-05 | 2,65E-04 | 9,7% |
| Ecotoxicity, freshwater | 1,31E-04 | 4,79E-05 | 1,50E-04 | 3,29E-04 | 12,1% |
| Land use | 1,53E-06 | 2,19E-06 | 2,03E-06 | 5,75E-06 | 0,2% |
| Water use | 4,63E-06 | 6,83E-07 | 1,69E-04 | 1,74E-04 | 6,4% |
| Resource use, fossils | 1,46E-04 | 4,03E-05 | 1,60E-04 | 3,46E-04 | 12,7% |
| Resource use, minerals and metals | 1,02E-05 | 9,46E-06 | 1,83E-05 | 3,79E-05 | 1,4% |

8.4.3 Pesatura – Calcare, densità 2170 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | Unit | A1 Cava | A2 Trasporto cava - stabiliment o | A3 Stabiliment o | TOTALE Lastra MS sp. 2 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-----------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Climate change | μPt | 1,68E+01 | 4,51E+00 | 1,84E+01 | 3,97E+01 | 21,9% |
| Ozone depletion | μPt | 1,65E-01 | 4,71E-02 | 1,33E-01 | 3,45E-01 | 0,2% |
| Ionising radiation | μPt | 5,60E-01 | 1,60E-01 | 9,53E-01 | 1,67E+00 | 0,9% |
| Photochemical ozone formation | μPt | 9,95E+00 | 8,34E-01 | 4,84E+00 | 1,56E+01 | 8,6% |
| Particulate matter | μPt | 2,45E+01 | 2,25E+00 | 1,05E+01 | 3,72E+01 | 20,5% |
| Human toxicity, non-cancer | μPt | 3,16E-01 | 1,72E-01 | 3,25E-01 | 8,12E-01 | 0,4% |
| Human toxicity, cancer | μPt | 2,54E-01 | 8,34E-02 | 2,23E-01 | 5,61E-01 | 0,3% |
| Acidification | μPt | 7,10E+00 | 7,84E-01 | 5,02E+00 | 1,29E+01 | 7,1% |
| Eutrophication, freshwater | μPt | 6,05E-01 | 1,94E-01 | 2,05E+00 | 2,85E+00 | 1,6% |
| Eutrophication, marine | μPt | 4,11E+00 | 3,20E-01 | 2,05E+00 | 6,48E+00 | 3,6% |
| Eutrophication, terrestrial | μPt | 6,24E+00 | 4,85E-01 | 3,12E+00 | 9,85E+00 | 5,4% |
| Ecotoxicity, freshwater | μPt | 2,52E+00 | 9,19E-01 | 2,88E+00 | 6,32E+00 | 3,5% |
| Land use | μPt | 1,22E-01 | 1,74E-01 | 1,61E-01 | 4,57E-01 | 0,3% |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|----------|----------|----------|----------|-------|
| Water use | μPt | 3,94E-01 | 5,82E-02 | 1,44E+01 | 1,48E+01 | 8,2% |
| Resource use, fossils | μPt | 1,21E+01 | 3,35E+00 | 1,33E+01 | 2,88E+01 | 15,9% |
| Resource use, minerals and metals | μPt | 7,68E-01 | 7,14E-01 | 1,38E+00 | 2,86E+00 | 1,6% |

8.4.4 Caratterizzazione - Calcare, densità 2170 kg/m³ sp. 3 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra MS sp. 3 cm |
|-----------------------------------------|-----------------|----------|-------------------------------------|--------------|---------------------------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | |
| Climate change | kg CO2 eq | 9,71E-01 | 2,60E-01 | 1,10E+00 | 2,33E+00 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 2,10E-07 | 6,01E-08 | 1,75E-07 | 4,46E-07 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 7,08E-02 | 2,02E-02 | 1,26E-01 | 2,17E-01 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 1,27E-02 | 1,06E-03 | 6,25E-03 | 2,00E-02 |
| Particulate matter | disease inc. | 2,44E-07 | 2,24E-08 | 1,06E-07 | 3,72E-07 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 5,91E-09 | 3,21E-09 | 6,31E-09 | 1,54E-08 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 3,02E-10 | 9,92E-11 | 2,75E-10 | 6,76E-10 |
| Acidification | mol H+ eq | 9,54E-03 | 1,05E-03 | 6,94E-03 | 1,75E-02 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 5,21E-05 | 1,67E-05 | 1,85E-04 | 2,54E-04 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 4,07E-03 | 3,17E-04 | 2,06E-03 | 6,44E-03 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 4,46E-02 | 3,47E-03 | 2,26E-02 | 7,07E-02 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 8,40E+00 | 3,06E+00 | 1,00E+01 | 2,15E+01 |
| Land use | Pt | 1,88E+00 | 2,70E+00 | 2,60E+00 | 7,18E+00 |
| Water use | m3 depriv. | 7,97E-02 | 1,18E-02 | 2,81E+00 | 2,90E+00 |
| Resource use, fossils | MJ | 1,42E+01 | 3,93E+00 | 1,62E+01 | 3,43E+01 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 9,72E-07 | 9,03E-07 | 1,83E-06 | 3,71E-06 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 9,69E-01 | 2,60E-01 | 1,09E+00 | 2,32E+00 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 1,36E-03 | 9,15E-05 | 1,11E-02 | 1,25E-02 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 1,16E-04 | 1,02E-04 | 1,31E-04 | 3,49E-04 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 2,34E-10 | 1,31E-10 | 2,19E-10 | 5,84E-10 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 3,73E-09 | 7,12E-10 | 2,34E-09 | 6,78E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 1,99E-09 | 2,38E-09 | 3,84E-09 | 8,21E-09 |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 1,55E-10 | 4,70E-11 | 1,27E-10 | 3,29E-10 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 1,48E-10 | 5,23E-11 | 1,47E-10 | 3,47E-10 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 8,00E-01 | 2,36E-01 | 3,50E-01 | 1,39E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 2,17E+00 | 8,34E-01 | 1,33E+00 | 4,33E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 5,43E+00 | 1,99E+00 | 8,32E+00 | 1,57E+01 |

8.4.5 Normalizzazione – Calcare, densità 2170 kg/m³ sp. 3 cm

| Impact category | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra MS sp. 3 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | 1,20E-04 | 3,21E-05 | 1,36E-04 | 2,88E-04 | 7,0% |
| Ozone depletion | 3,92E-06 | 1,12E-06 | 3,27E-06 | 8,31E-06 | 0,2% |
| Ionising radiation | 1,68E-05 | 4,78E-06 | 2,98E-05 | 5,14E-05 | 1,2% |
| Photochemical ozone formation | 3,12E-04 | 2,62E-05 | 1,54E-04 | 4,92E-04 | 11,9% |
| Particulate matter | 4,10E-04 | 3,76E-05 | 1,77E-04 | 6,24E-04 | 15,1% |
| Human toxicity, non-cancer | 2,57E-05 | 1,40E-05 | 2,75E-05 | 6,72E-05 | 1,6% |
| Human toxicity, cancer | 1,79E-05 | 5,87E-06 | 1,63E-05 | 4,00E-05 | 1,0% |
| Acidification | 1,72E-04 | 1,90E-05 | 1,25E-04 | 3,16E-04 | 7,6% |
| Eutrophication, freshwater | 3,24E-05 | 1,04E-05 | 1,15E-04 | 1,58E-04 | 3,8% |
| Eutrophication, marine | 2,08E-04 | 1,62E-05 | 1,05E-04 | 3,30E-04 | 8,0% |
| Eutrophication, terrestrial | 2,52E-04 | 1,96E-05 | 1,28E-04 | 4,00E-04 | 9,7% |
| Ecotoxicity, freshwater | 1,97E-04 | 7,18E-05 | 2,34E-04 | 5,03E-04 | 12,2% |
| Land use | 2,30E-06 | 3,29E-06 | 3,17E-06 | 8,76E-06 | 0,2% |
| Water use | 6,95E-06 | 1,03E-06 | 2,45E-04 | 2,53E-04 | 6,1% |
| Resource use, fossils | 2,19E-04 | 6,04E-05 | 2,49E-04 | 5,28E-04 | 12,8% |
| Resource use, minerals and metals | 1,53E-05 | 1,42E-05 | 2,88E-05 | 5,82E-05 | 1,4% |

8.4.6 Pesatura – Calcare, densità 2170 kg/m³ sp. 3 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra MS sp. 3 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | μPt | 2,52E+01 | 6,76E+00 | 2,86E+01 | 6,06E+01 | 22,1% |
| Ozone depletion | μPt | 2,47E-01 | 7,07E-02 | 2,06E-01 | 5,24E-01 | 0,2% |
| Ionising radiation | μPt | 8,40E-01 | 2,40E-01 | 1,50E+00 | 2,58E+00 | 0,9% |
| Photochemical ozone formation | μPt | 1,49E+01 | 1,25E+00 | 7,36E+00 | 2,35E+01 | 8,6% |
| Particulate matter | μPt | 3,67E+01 | 3,37E+00 | 1,59E+01 | 5,60E+01 | 20,4% |
| Human toxicity, non-cancer | μPt | 4,74E-01 | 2,57E-01 | 5,05E-01 | 1,24E+00 | 0,5% |
| Human toxicity, cancer | μPt | 3,81E-01 | 1,25E-01 | 3,46E-01 | 8,52E-01 | 0,3% |
| Acidification | μPt | 1,06E+01 | 1,18E+00 | 7,74E+00 | 1,96E+01 | 7,1% |
| Eutrophication, freshwater | μPt | 9,08E-01 | 2,91E-01 | 3,23E+00 | 4,43E+00 | 1,6% |
| Eutrophication, marine | μPt | 6,16E+00 | 4,81E-01 | 3,11E+00 | 9,76E+00 | 3,6% |
| Eutrophication, terrestrial | μPt | 9,36E+00 | 7,28E-01 | 4,75E+00 | 1,48E+01 | 5,4% |
| Ecotoxicity, freshwater | μPt | 3,78E+00 | 1,38E+00 | 4,50E+00 | 9,66E+00 | 3,5% |
| Land use | μPt | 1,83E-01 | 2,61E-01 | 2,52E-01 | 6,95E-01 | 0,3% |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Water use | μPt | 5,91E-01 | 8,72E-02 | 2,08E+01 | 2,15E+01 | 7,9% |
| Resource use, fossils | μPt | 1,82E+01 | 5,02E+00 | 2,07E+01 | 4,39E+01 | 16,0% |
| Resource use, minerals and metals | μPt | 1,15E+00 | 1,07E+00 | 2,17E+00 | 4,40E+00 | 1,6% |

8.5 Indicatori di impatto Arenaria, densità 2500 kg/m³ (SF)

8.5.1 Caratterizzazione - Arenaria, densità 2500 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra SF sp. 2 cm |
|--------------------------------------------|-----------------|----------|-----------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabiliment o | Stabiliment o | |
| Climate change | kg CO2 eq | 1,07E+00 | 4,99E-01 | 3,00E+00 | 4,57E+00 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 2,23E-07 | 1,15E-07 | 4,21E-07 | 7,59E-07 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 7,27E-02 | 3,88E-02 | 3,99E-01 | 5,10E-01 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 1,39E-02 | 2,04E-03 | 8,42E-03 | 2,43E-02 |
| Particulate matter | disease inc. | 3,97E-07 | 4,30E-08 | 9,53E-08 | 5,35E-07 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 6,23E-09 | 6,17E-09 | 1,71E-08 | 2,95E-08 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 3,25E-10 | 1,91E-10 | 6,85E-10 | 1,20E-09 |
| Acidification | mol H+ eq | 1,06E-02 | 2,02E-03 | 1,46E-02 | 2,72E-02 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 4,98E-05 | 3,21E-05 | 6,50E-04 | 7,32E-04 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 4,58E-03 | 6,10E-04 | 2,73E-03 | 7,92E-03 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 5,02E-02 | 6,66E-03 | 3,02E-02 | 8,71E-02 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 8,75E+00 | 5,88E+00 | 2,84E+01 | 4,30E+01 |
| Land use | Pt | 1,95E+00 | 5,18E+00 | 7,73E+00 | 1,49E+01 |
| Water use | m3 depriv. | 5,56E-01 | 2,26E-02 | 3,45E+00 | 4,03E+00 |
| Resource use, fossils | MJ | 1,49E+01 | 7,54E+00 | 4,51E+01 | 6,75E+01 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 7,28E-07 | 1,73E-06 | 6,21E-06 | 8,67E-06 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 1,07E+00 | 4,99E-01 | 2,96E+00 | 4,52E+00 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 1,33E-03 | 1,76E-04 | 4,06E-02 | 4,21E-02 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 1,11E-04 | 1,96E-04 | 3,79E-04 | 6,85E-04 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 2,05E-10 | 2,51E-10 | 6,14E-10 | 1,07E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 4,14E-09 | 1,37E-09 | 4,31E-09 | 9,81E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 1,93E-09 | 4,57E-09 | 1,25E-08 | 1,90E-08 |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 1,70E-10 | 9,02E-11 | 2,96E-10 | 5,56E-10 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 1,56E-10 | 1,00E-10 | 3,88E-10 | 6,44E-10 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 8,49E-01 | 4,53E-01 | 3,94E-01 | 1,70E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 2,29E+00 | 1,60E+00 | 2,54E+00 | 6,43E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 5,61E+00 | 3,83E+00 | 2,55E+01 | 3,49E+01 |

8.5.2 Normalizzazione – Arenaria, densità 2500 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra SF sp. 2 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | 1,32E-04 | 6,16E-05 | 3,70E-04 | 5,64E-04 | 8,3% |
| Ozone depletion | 4,16E-06 | 2,15E-06 | 7,84E-06 | 1,41E-05 | 0,2% |
| Ionising radiation | 1,72E-05 | 9,18E-06 | 9,45E-05 | 1,21E-04 | 1,8% |
| Photochemical ozone formation | 3,42E-04 | 5,02E-05 | 2,07E-04 | 5,99E-04 | 8,8% |
| Particulate matter | 6,67E-04 | 7,23E-05 | 1,60E-04 | 8,99E-04 | 13,2% |
| Human toxicity, non-cancer | 2,71E-05 | 2,69E-05 | 7,45E-05 | 1,28E-04 | 1,9% |
| Human toxicity, cancer | 1,92E-05 | 1,13E-05 | 4,05E-05 | 7,10E-05 | 1,0% |
| Acidification | 1,91E-04 | 3,64E-05 | 2,63E-04 | 4,90E-04 | 7,2% |
| Eutrophication, freshwater | 3,10E-05 | 2,00E-05 | 4,05E-04 | 4,56E-04 | 6,7% |
| Eutrophication, marine | 2,34E-04 | 3,12E-05 | 1,39E-04 | 4,05E-04 | 6,0% |
| Eutrophication, terrestrial | 2,84E-04 | 3,77E-05 | 1,71E-04 | 4,93E-04 | 7,3% |
| Ecotoxicity, freshwater | 2,05E-04 | 1,38E-04 | 6,65E-04 | 1,01E-03 | 14,8% |
| Land use | 2,38E-06 | 6,32E-06 | 9,43E-06 | 1,81E-05 | 0,3% |
| Water use | 4,85E-05 | 1,97E-06 | 3,01E-04 | 3,51E-04 | 5,2% |
| Resource use, fossils | 2,28E-04 | 1,16E-04 | 6,94E-04 | 1,04E-03 | 15,3% |
| Resource use, minerals and metals | 1,14E-05 | 2,72E-05 | 9,75E-05 | 1,36E-04 | 2,0% |

8.5.3 Pesatura – Arenaria, densità 2500 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra SF sp. 2 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | μPt | 2,77E+01 | 1,30E+01 | 7,80E+01 | 1,19E+02 | 25,8% |
| Ozone depletion | μPt | 2,62E-01 | 1,36E-01 | 4,95E-01 | 8,93E-01 | 0,2% |
| Ionising radiation | μPt | 8,63E-01 | 4,60E-01 | 4,73E+00 | 6,06E+00 | 1,3% |
| Photochemical ozone formation | μPt | 1,63E+01 | 2,40E+00 | 9,92E+00 | 2,86E+01 | 6,2% |
| Particulate matter | μPt | 5,98E+01 | 6,48E+00 | 1,43E+01 | 8,06E+01 | 17,5% |
| Human toxicity, non-cancer | μPt | 5,00E-01 | 4,94E-01 | 1,37E+00 | 2,36E+00 | 0,5% |
| Human toxicity, cancer | μPt | 4,10E-01 | 2,40E-01 | 8,63E-01 | 1,51E+00 | 0,3% |
| Acidification | μPt | 1,18E+01 | 2,26E+00 | 1,63E+01 | 3,04E+01 | 6,6% |
| Eutrophication, freshwater | μPt | 8,67E-01 | 5,60E-01 | 1,13E+01 | 1,28E+01 | 2,8% |
| Eutrophication, marine | μPt | 6,94E+00 | 9,23E-01 | 4,13E+00 | 1,20E+01 | 2,6% |
| Eutrophication, terrestrial | μPt | 1,05E+01 | 1,40E+00 | 6,34E+00 | 1,83E+01 | 4,0% |
| Ecotoxicity, freshwater | μPt | 3,94E+00 | 2,65E+00 | 1,28E+01 | 1,94E+01 | 4,2% |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Land use | μPt | 1,89E-01 | 5,02E-01 | 7,48E-01 | 1,44E+00 | 0,3% |
| Water use | μPt | 4,13E+00 | 1,67E-01 | 2,56E+01 | 2,99E+01 | 6,5% |
| Resource use, fossils | μPt | 1,90E+01 | 9,65E+00 | 5,77E+01 | 8,64E+01 | 18,8% |
| Resource use, minerals and metals | μPt | 8,64E-01 | 2,06E+00 | 7,36E+00 | 1,03E+01 | 2,2% |

8.5.4 Caratterizzazione - Arenaria, densità 2500 kg/m³ sp. 3 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra SF sp. 3 cm |
|--------------------------------------------|-----------------|----------|-----------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabiliment o | Stabiliment o | |
| Climate change | kg CO2 eq | 1,60E+00 | 7,48E-01 | 4,18E+00 | 6,53E+00 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 3,34E-07 | 1,73E-07 | 5,89E-07 | 1,10E-06 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 1,09E-01 | 5,81E-02 | 5,54E-01 | 7,21E-01 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 2,08E-02 | 3,06E-03 | 1,21E-02 | 3,59E-02 |
| Particulate matter | disease inc. | 5,96E-07 | 6,45E-08 | 1,40E-07 | 8,00E-07 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 9,35E-09 | 9,25E-09 | 2,39E-08 | 4,25E-08 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 4,88E-10 | 2,86E-10 | 9,57E-10 | 1,73E-09 |
| Acidification | mol H+ eq | 1,59E-02 | 3,04E-03 | 2,05E-02 | 3,95E-02 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 7,47E-05 | 4,82E-05 | 9,02E-04 | 1,02E-03 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 6,87E-03 | 9,14E-04 | 3,91E-03 | 1,17E-02 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 7,53E-02 | 9,99E-03 | 4,33E-02 | 1,29E-01 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 1,31E+01 | 8,82E+00 | 3,96E+01 | 6,15E+01 |
| Land use | Pt | 2,93E+00 | 7,77E+00 | 1,08E+01 | 2,14E+01 |
| Water use | m3 depriv. | 8,34E-01 | 3,39E-02 | 4,50E+00 | 5,37E+00 |
| Resource use, fossils | MJ | 2,23E+01 | 1,13E+01 | 6,29E+01 | 9,65E+01 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 1,09E-06 | 2,60E-06 | 8,62E-06 | 1,23E-05 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 1,60E+00 | 7,48E-01 | 4,13E+00 | 6,47E+00 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 1,99E-03 | 2,64E-04 | 5,63E-02 | 5,85E-02 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 1,66E-04 | 2,94E-04 | 5,28E-04 | 9,88E-04 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 3,08E-10 | 3,77E-10 | 8,56E-10 | 1,54E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 6,21E-09 | 2,05E-09 | 6,08E-09 | 1,43E-08 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 2,89E-09 | 6,85E-09 | 1,74E-08 | 2,71E-08 |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 2,54E-10 | 1,35E-10 | 4,15E-10 | 8,05E-10 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 2,33E-10 | 1,51E-10 | 5,42E-10 | 9,26E-10 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 1,27E+00 | 6,79E-01 | 5,70E-01 | 2,52E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 3,43E+00 | 2,40E+00 | 3,59E+00 | 9,42E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 8,42E+00 | 5,74E+00 | 3,54E+01 | 4,96E+01 |

8.5.5 Normalizzazione – Arenaria, densità 2500 kg/m³ sp. 3 cm

| Impact category | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra SF sp. 3 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | 1,98E-04 | 9,24E-05 | 5,17E-04 | 8,07E-04 | 8,2% |
| Ozone depletion | 6,23E-06 | 3,23E-06 | 1,10E-05 | 2,04E-05 | 0,2% |
| Ionising radiation | 2,58E-05 | 1,38E-05 | 1,31E-04 | 1,71E-04 | 1,7% |
| Photochemical ozone formation | 5,12E-04 | 7,54E-05 | 2,97E-04 | 8,85E-04 | 9,0% |
| Particulate matter | 1,00E-03 | 1,08E-04 | 2,35E-04 | 1,34E-03 | 13,7% |
| Human toxicity, non-cancer | 4,07E-05 | 4,03E-05 | 1,04E-04 | 1,85E-04 | 1,9% |
| Human toxicity, cancer | 2,89E-05 | 1,69E-05 | 5,67E-05 | 1,02E-04 | 1,0% |
| Acidification | 2,86E-04 | 5,46E-05 | 3,70E-04 | 7,10E-04 | 7,2% |
| Eutrophication, freshwater | 4,65E-05 | 3,00E-05 | 5,61E-04 | 6,38E-04 | 6,5% |
| Eutrophication, marine | 3,52E-04 | 4,68E-05 | 2,00E-04 | 5,98E-04 | 6,1% |
| Eutrophication, terrestrial | 4,26E-04 | 5,65E-05 | 2,45E-04 | 7,28E-04 | 7,4% |
| Ecotoxicity, freshwater | 3,08E-04 | 2,07E-04 | 9,27E-04 | 1,44E-03 | 14,7% |
| Land use | 3,57E-06 | 9,48E-06 | 1,31E-05 | 2,62E-05 | 0,3% |
| Water use | 7,28E-05 | 2,95E-06 | 3,93E-04 | 4,68E-04 | 4,8% |
| Resource use, fossils | 3,43E-04 | 1,74E-04 | 9,68E-04 | 1,48E-03 | 15,1% |
| Resource use, minerals and metals | 1,72E-05 | 4,09E-05 | 1,35E-04 | 1,93E-04 | 2,0% |

8.5.6 Pesatura – Arenaria, densità 2500 kg/m³ sp. 3 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra SF sp. 3 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | μPt | 4,16E+01 | 1,95E+01 | 1,09E+02 | 1,70E+02 | 25,7% |
| Ozone depletion | μPt | 3,93E-01 | 2,04E-01 | 6,93E-01 | 1,29E+00 | 0,2% |
| Ionising radiation | μPt | 1,29E+00 | 6,90E-01 | 6,58E+00 | 8,57E+00 | 1,3% |
| Photochemical ozone formation | μPt | 2,45E+01 | 3,60E+00 | 1,42E+01 | 4,23E+01 | 6,4% |
| Particulate matter | μPt | 8,97E+01 | 9,72E+00 | 2,11E+01 | 1,20E+02 | 18,2% |
| Human toxicity, non-cancer | μPt | 7,49E-01 | 7,41E-01 | 1,91E+00 | 3,40E+00 | 0,5% |
| Human toxicity, cancer | μPt | 6,15E-01 | 3,60E-01 | 1,21E+00 | 2,18E+00 | 0,3% |
| Acidification | μPt | 1,77E+01 | 3,39E+00 | 2,29E+01 | 4,41E+01 | 6,7% |
| Eutrophication, freshwater | μPt | 1,30E+00 | 8,39E-01 | 1,57E+01 | 1,79E+01 | 2,7% |
| Eutrophication, marine | μPt | 1,04E+01 | 1,38E+00 | 5,92E+00 | 1,77E+01 | 2,7% |
| Eutrophication, terrestrial | μPt | 1,58E+01 | 2,10E+00 | 9,09E+00 | 2,70E+01 | 4,1% |
| Ecotoxicity, freshwater | μPt | 5,90E+00 | 3,97E+00 | 1,78E+01 | 2,77E+01 | 4,2% |
| Land use | μPt | 2,83E-01 | 7,53E-01 | 1,04E+00 | 2,08E+00 | 0,3% |

| | | | | | | |
|------------------------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Water use | μPt | 6,19E+00 | 2,51E-01 | 3,34E+01 | 3,99E+01 | 6,0% |
| Resource use, fossils | μPt | 2,85E+01 | 1,45E+01 | 8,05E+01 | 1,23E+02 | 18,6% |
| Resource use, minerals and metals | μPt | 1,30E+00 | 3,08E+00 | 1,02E+01 | 1,46E+01 | 2,2% |

8.6 Indicatori di impatto Pietra vulcanica (LS)

8.6.1 Caratterizzazione - Pietra vulcanica sp. 2 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra LS sp. 2 cm |
|--------------------------------------------|-----------------|----------|-----------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabiliment o | Stabiliment o | |
| Climate change | kg CO2 eq | 3,19E-01 | 6,65E-03 | 2,24E+00 | 2,57E+00 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 6,98E-08 | 1,54E-09 | 3,18E-07 | 3,89E-07 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 2,95E-02 | 5,17E-04 | 2,94E-01 | 3,24E-01 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 3,64E-03 | 2,72E-05 | 6,89E-03 | 1,06E-02 |
| Particulate matter | disease inc. | 2,92E-07 | 5,74E-10 | 8,45E-08 | 3,77E-07 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 2,07E-09 | 8,22E-11 | 1,28E-08 | 1,49E-08 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 9,90E-11 | 2,54E-12 | 5,16E-10 | 6,17E-10 |
| Acidification | mol H+ eq | 2,80E-03 | 2,70E-05 | 1,12E-02 | 1,40E-02 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 3,03E-05 | 4,28E-07 | 4,75E-04 | 5,06E-04 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 1,09E-03 | 8,13E-06 | 2,24E-03 | 3,34E-03 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 1,20E-02 | 8,88E-05 | 2,47E-02 | 3,68E-02 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 3,08E+00 | 7,84E-02 | 2,11E+01 | 2,43E+01 |
| Land use | Pt | 7,23E-01 | 6,91E-02 | 5,72E+00 | 6,52E+00 |
| Water use | m3 depriv. | 1,35E+00 | 3,01E-04 | 2,94E+00 | 4,29E+00 |
| Resource use, fossils | MJ | 5,16E+00 | 1,01E-01 | 3,36E+01 | 3,89E+01 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 5,72E-07 | 2,31E-08 | 4,55E-06 | 5,15E-06 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 3,18E-01 | 6,65E-03 | 2,21E+00 | 2,53E+00 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 1,21E-03 | 2,34E-06 | 2,96E-02 | 3,08E-02 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 4,76E-05 | 2,61E-06 | 2,81E-04 | 3,31E-04 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 1,04E-10 | 3,35E-12 | 4,57E-10 | 5,65E-10 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 1,07E-09 | 1,82E-11 | 3,36E-09 | 4,45E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 9,16E-10 | 6,09E-11 | 9,20E-09 | 1,02E-08 |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 4,78E-11 | 1,20E-12 | 2,25E-10 | 2,74E-10 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 5,12E-11 | 1,34E-12 | 2,91E-10 | 3,43E-10 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 2,43E-01 | 6,04E-03 | 3,33E-01 | 5,82E-01 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 6,89E-01 | 2,13E-02 | 1,98E+00 | 2,69E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 2,15E+00 | 5,11E-02 | 1,88E+01 | 2,10E+01 |

8.6.2 Normalizzazione – Pietra vulcanica sp. 2 cm

| Impact category | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra LS sp. 2 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | 3,94E-05 | 8,22E-07 | 2,77E-04 | 3,17E-04 | 8,0% |
| Ozone depletion | 1,30E-06 | 2,87E-08 | 5,93E-06 | 7,26E-06 | 0,2% |
| Ionising radiation | 6,99E-06 | 1,22E-07 | 6,96E-05 | 7,68E-05 | 1,9% |
| Photochemical ozone formation | 8,97E-05 | 6,70E-07 | 1,70E-04 | 2,60E-04 | 6,5% |
| Particulate matter | 4,91E-04 | 9,64E-07 | 1,42E-04 | 6,34E-04 | 16,0% |
| Human toxicity, non-cancer | 9,03E-06 | 3,58E-07 | 5,56E-05 | 6,50E-05 | 1,6% |
| Human toxicity, cancer | 5,86E-06 | 1,50E-07 | 3,05E-05 | 3,65E-05 | 0,9% |
| Acidification | 5,04E-05 | 4,86E-07 | 2,02E-04 | 2,53E-04 | 6,4% |
| Eutrophication, freshwater | 1,89E-05 | 2,66E-07 | 2,96E-04 | 3,15E-04 | 7,9% |
| Eutrophication, marine | 5,60E-05 | 4,16E-07 | 1,14E-04 | 1,71E-04 | 4,3% |
| Eutrophication, terrestrial | 6,79E-05 | 5,02E-07 | 1,40E-04 | 2,08E-04 | 5,2% |
| Ecotoxicity, freshwater | 7,22E-05 | 1,84E-06 | 4,95E-04 | 5,69E-04 | 14,3% |
| Land use | 8,82E-07 | 8,42E-08 | 6,98E-06 | 7,95E-06 | 0,2% |
| Water use | 1,18E-04 | 2,62E-08 | 2,56E-04 | 3,74E-04 | 9,4% |
| Resource use, fossils | 7,94E-05 | 1,55E-06 | 5,17E-04 | 5,98E-04 | 15,1% |
| Resource use, minerals and metals | 8,99E-06 | 3,63E-07 | 7,15E-05 | 8,09E-05 | 2,0% |

8.6.3 Pesatura - Pietra vulcanica sp. 2 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra LS sp. 2 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | μPt | 8,30E+00 | 1,73E-01 | 5,82E+01 | 6,67E+01 | 23,9% |
| Ozone depletion | μPt | 8,21E-02 | 1,81E-03 | 3,74E-01 | 4,58E-01 | 0,2% |
| Ionising radiation | μPt | 3,50E-01 | 6,13E-03 | 3,49E+00 | 3,85E+00 | 1,4% |
| Photochemical ozone formation | μPt | 4,29E+00 | 3,20E-02 | 8,11E+00 | 1,24E+01 | 4,5% |
| Particulate matter | μPt | 4,40E+01 | 8,64E-02 | 1,27E+01 | 5,68E+01 | 20,4% |
| Human toxicity, non-cancer | μPt | 1,66E-01 | 6,59E-03 | 1,02E+00 | 1,20E+00 | 0,4% |
| Human toxicity, cancer | μPt | 1,25E-01 | 3,20E-03 | 6,50E-01 | 7,78E-01 | 0,3% |
| Acidification | μPt | 3,12E+00 | 3,01E-02 | 1,25E+01 | 1,57E+01 | 5,6% |
| Eutrophication, freshwater | μPt | 5,28E-01 | 7,46E-03 | 8,28E+00 | 8,82E+00 | 3,2% |
| Eutrophication, marine | μPt | 1,66E+00 | 1,23E-02 | 3,38E+00 | 5,06E+00 | 1,8% |
| Eutrophication, terrestrial | μPt | 2,52E+00 | 1,86E-02 | 5,19E+00 | 7,73E+00 | 2,8% |
| Ecotoxicity, freshwater | μPt | 1,39E+00 | 3,53E-02 | 9,50E+00 | 1,09E+01 | 3,9% |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Land use | μPt | 7,01E-02 | 6,69E-03 | 5,54E-01 | 6,31E-01 | 0,2% |
| Water use | μPt | 1,00E+01 | 2,23E-03 | 2,18E+01 | 3,18E+01 | 11,4% |
| Resource use, fossils | μPt | 6,60E+00 | 1,29E-01 | 4,30E+01 | 4,97E+01 | 17,8% |
| Resource use, minerals and metals | μPt | 6,79E-01 | 2,74E-02 | 5,40E+00 | 6,10E+00 | 2,2% |

8.6.4 Caratterizzazione - Pietra vulcanica sp. 3 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra LS sp. 3 cm |
|--------------------------------------------|-----------------|----------|-----------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabiliment o | Stabiliment o | |
| Climate change | kg CO2 eq | 4,79E-01 | 9,98E-04 | 3,02E+00 | 3,50E+00 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 1,05E-07 | 2,31E-10 | 4,31E-07 | 5,36E-07 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 4,42E-02 | 7,75E-05 | 3,94E-01 | 4,38E-01 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 5,46E-03 | 4,08E-06 | 9,65E-03 | 1,51E-02 |
| Particulate matter | disease inc. | 4,38E-07 | 8,61E-11 | 1,22E-07 | 5,60E-07 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 3,11E-09 | 1,23E-11 | 1,72E-08 | 2,04E-08 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 1,48E-10 | 3,81E-13 | 6,98E-10 | 8,47E-10 |
| Acidification | mol H+ eq | 4,20E-03 | 4,05E-06 | 1,53E-02 | 1,95E-02 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 4,55E-05 | 6,42E-08 | 6,35E-04 | 6,81E-04 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 1,64E-03 | 1,22E-06 | 3,14E-03 | 4,78E-03 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 1,80E-02 | 1,33E-05 | 3,47E-02 | 5,27E-02 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 4,62E+00 | 1,18E-02 | 2,84E+01 | 3,31E+01 |
| Land use | Pt | 1,08E+00 | 1,04E-02 | 7,69E+00 | 8,78E+00 |
| Water use | m3 depriv. | 2,03E+00 | 4,51E-05 | 3,72E+00 | 5,75E+00 |
| Resource use, fossils | MJ | 7,74E+00 | 1,51E-02 | 4,53E+01 | 5,30E+01 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 8,58E-07 | 3,47E-09 | 6,09E-06 | 6,95E-06 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 4,77E-01 | 9,97E-04 | 2,98E+00 | 3,46E+00 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 1,81E-03 | 3,51E-07 | 3,95E-02 | 4,13E-02 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 7,14E-05 | 3,92E-07 | 3,78E-04 | 4,50E-04 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 1,56E-10 | 5,03E-13 | 6,16E-10 | 7,73E-10 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 1,61E-09 | 2,73E-12 | 4,62E-09 | 6,23E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 1,37E-09 | 9,13E-12 | 1,23E-08 | 1,37E-08 |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 7,17E-11 | 1,80E-13 | 3,05E-10 | 3,77E-10 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 7,67E-11 | 2,01E-13 | 3,93E-10 | 4,70E-10 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 3,64E-01 | 9,06E-04 | 4,73E-01 | 8,38E-01 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 1,03E+00 | 3,20E-03 | 2,71E+00 | 3,75E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 3,22E+00 | 7,66E-03 | 2,53E+01 | 2,85E+01 |

8.6.5 Normalizzazione - Pietra vulcanica sp. 3 cm

| | A1 | A2 | A3 | TOTALE | Contributo |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Impact category | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | Lastra LS sp. 3 cm | % |
| Climate change | 5,91E-05 | 1,23E-07 | 3,73E-04 | 4,32E-04 | 7,8% |
| Ozone depletion | 1,95E-06 | 4,30E-09 | 8,04E-06 | 1,00E-05 | 0,2% |
| Ionising radiation | 1,05E-05 | 1,84E-08 | 9,34E-05 | 1,04E-04 | 1,9% |
| Photochemical ozone formation | 1,35E-04 | 1,00E-07 | 2,38E-04 | 3,72E-04 | 6,7% |
| Particulate matter | 7,36E-04 | 1,45E-07 | 2,05E-04 | 9,41E-04 | 17,0% |
| Human toxicity, non-cancer | 1,35E-05 | 5,37E-08 | 7,50E-05 | 8,86E-05 | 1,6% |
| Human toxicity, cancer | 8,79E-06 | 2,25E-08 | 4,13E-05 | 5,01E-05 | 0,9% |
| Acidification | 7,56E-05 | 7,29E-08 | 2,75E-04 | 3,51E-04 | 6,4% |
| Eutrophication, freshwater | 2,83E-05 | 4,00E-08 | 3,95E-04 | 4,23E-04 | 7,7% |
| Eutrophication, marine | 8,40E-05 | 6,24E-08 | 1,60E-04 | 2,44E-04 | 4,4% |
| Eutrophication, terrestrial | 1,02E-04 | 7,54E-08 | 1,96E-04 | 2,98E-04 | 5,4% |
| Ecotoxicity, freshwater | 1,08E-04 | 2,76E-07 | 6,66E-04 | 7,75E-04 | 14,0% |
| Land use | 1,32E-06 | 1,26E-08 | 9,38E-06 | 1,07E-05 | 0,2% |
| Water use | 1,77E-04 | 3,94E-09 | 3,25E-04 | 5,01E-04 | 9,1% |
| Resource use, fossils | 1,19E-04 | 2,32E-07 | 6,96E-04 | 8,16E-04 | 14,8% |
| Resource use, minerals and metals | 1,35E-05 | 5,45E-08 | 9,56E-05 | 1,09E-04 | 2,0% |

8.6.6 Pesatura - Pietra vulcanica sp. 3 cm

| | | A1 | A2 | A3 | TOTALE | Contributo |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Impact category | Unit | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | Lastra LS sp. 3 cm | % |
| Climate change | μPt | 1,24E+01 | 2,60E-02 | 7,85E+01 | 9,10E+01 | 23,4% |
| Ozone depletion | μPt | 1,23E-01 | 2,71E-04 | 5,07E-01 | 6,31E-01 | 0,2% |
| Ionising radiation | μPt | 5,25E-01 | 9,20E-04 | 4,68E+00 | 5,20E+00 | 1,3% |
| Photochemical ozone formation | μPt | 6,43E+00 | 4,80E-03 | 1,14E+01 | 1,78E+01 | 4,6% |
| Particulate matter | μPt | 6,60E+01 | 1,30E-02 | 1,84E+01 | 8,44E+01 | 21,7% |
| Human toxicity, non-cancer | μPt | 2,49E-01 | 9,88E-04 | 1,38E+00 | 1,63E+00 | 0,4% |
| Human toxicity, cancer | μPt | 1,87E-01 | 4,80E-04 | 8,80E-01 | 1,07E+00 | 0,3% |
| Acidification | μPt | 4,68E+00 | 4,52E-03 | 1,71E+01 | 2,18E+01 | 5,6% |
| Eutrophication, freshwater | μPt | 7,93E-01 | 1,12E-03 | 1,11E+01 | 1,19E+01 | 3,1% |
| Eutrophication, marine | μPt | 2,49E+00 | 1,85E-03 | 4,75E+00 | 7,24E+00 | 1,9% |
| Eutrophication, terrestrial | μPt | 3,78E+00 | 2,80E-03 | 7,28E+00 | 1,11E+01 | 2,9% |
| Ecotoxicity, freshwater | μPt | 2,08E+00 | 5,29E-03 | 1,28E+01 | 1,49E+01 | 3,8% |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Land use | μPt | 1,05E-01 | 1,00E-03 | 7,45E-01 | 8,51E-01 | 0,2% |
| Water use | μPt | 1,51E+01 | 3,35E-04 | 2,76E+01 | 4,27E+01 | 11,0% |
| Resource use, fossils | μPt | 9,90E+00 | 1,93E-02 | 5,79E+01 | 6,79E+01 | 17,5% |
| Resource use, minerals and metals | μPt | 1,02E+00 | 4,11E-03 | 7,22E+00 | 8,24E+00 | 2,1% |

8.7 Indicatori di impatto Arenaria, densità 2550 kg/m³ (SS)

8.7.1 Caratterizzazione - Arenaria, densità 2550 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra SS sp. 2 cm |
|--------------------------------------------|-----------------|----------|-----------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabiliment o | Stabiliment o | |
| Climate change | kg CO2 eq | 1,29E+00 | 1,10E-01 | 1,16E+00 | 2,56E+00 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 2,39E-07 | 2,55E-08 | 1,71E-07 | 4,36E-07 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 7,59E-02 | 8,56E-03 | 1,45E-01 | 2,29E-01 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 1,47E-02 | 4,51E-04 | 4,65E-03 | 1,98E-02 |
| Particulate matter | disease inc. | 4,04E-07 | 9,51E-09 | 6,81E-08 | 4,81E-07 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 1,15E-08 | 1,36E-09 | 6,60E-09 | 1,95E-08 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 5,78E-10 | 4,21E-11 | 2,74E-10 | 8,94E-10 |
| Acidification | mol H+ eq | 1,24E-02 | 4,47E-04 | 6,33E-03 | 1,92E-02 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 9,59E-05 | 7,10E-06 | 2,27E-04 | 3,30E-04 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 4,91E-03 | 1,35E-04 | 1,52E-03 | 6,57E-03 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 5,60E-02 | 1,47E-03 | 1,68E-02 | 7,42E-02 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 1,92E+01 | 1,30E+00 | 1,08E+01 | 3,13E+01 |
| Land use | Pt | 3,00E+00 | 1,14E+00 | 2,87E+00 | 7,02E+00 |
| Water use | m3 depriv. | 1,81E-01 | 4,99E-03 | 1,18E+00 | 1,36E+00 |
| Resource use, fossils | MJ | 1,72E+01 | 1,67E+00 | 1,72E+01 | 3,60E+01 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 6,14E-06 | 3,83E-07 | 2,19E-06 | 8,72E-06 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 1,29E+00 | 1,10E-01 | 1,14E+00 | 2,54E+00 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 6,53E-04 | 3,88E-05 | 1,39E-02 | 1,46E-02 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 4,62E-04 | 4,33E-05 | 1,43E-04 | 6,48E-04 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 3,60E-10 | 5,56E-11 | 2,34E-10 | 6,50E-10 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 5,04E-09 | 3,02E-10 | 2,00E-09 | 7,34E-09 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 6,15E-09 | 1,01E-09 | 4,49E-09 | 1,16E-08 |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 2,42E-10 | 1,99E-11 | 1,22E-10 | 3,84E-10 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 3,36E-10 | 2,22E-11 | 1,52E-10 | 5,10E-10 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 9,37E-01 | 1,00E-01 | 2,43E-01 | 1,28E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 4,18E+00 | 3,54E-01 | 1,16E+00 | 5,69E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 1,41E+01 | 8,46E-01 | 9,36E+00 | 2,43E+01 |

8.7.2 Normalizzazione - Arenaria, densità 2550 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra SS sp. 2 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | 1,59E-04 | 1,36E-05 | 1,43E-04 | 3,16E-04 | 6,8% |
| Ozone depletion | 4,46E-06 | 4,75E-07 | 3,20E-06 | 8,13E-06 | 0,2% |
| Ionising radiation | 1,80E-05 | 2,03E-06 | 3,43E-05 | 5,43E-05 | 1,2% |
| Photochemical ozone formation | 3,62E-04 | 1,11E-05 | 1,15E-04 | 4,87E-04 | 10,4% |
| Particulate matter | 6,78E-04 | 1,60E-05 | 1,14E-04 | 8,09E-04 | 17,3% |
| Human toxicity, non-cancer | 5,00E-05 | 5,94E-06 | 2,88E-05 | 8,47E-05 | 1,8% |
| Human toxicity, cancer | 3,42E-05 | 2,49E-06 | 1,62E-05 | 5,29E-05 | 1,1% |
| Acidification | 2,23E-04 | 8,05E-06 | 1,14E-04 | 3,45E-04 | 7,4% |
| Eutrophication, freshwater | 5,97E-05 | 4,42E-06 | 1,41E-04 | 2,05E-04 | 4,4% |
| Eutrophication, marine | 2,51E-04 | 6,89E-06 | 7,78E-05 | 3,36E-04 | 7,2% |
| Eutrophication, terrestrial | 3,17E-04 | 8,33E-06 | 9,49E-05 | 4,20E-04 | 9,0% |
| Ecotoxicity, freshwater | 4,50E-04 | 3,05E-05 | 2,52E-04 | 7,33E-04 | 15,7% |
| Land use | 3,67E-06 | 1,40E-06 | 3,50E-06 | 8,56E-06 | 0,2% |
| Water use | 1,58E-05 | 4,35E-07 | 1,02E-04 | 1,19E-04 | 2,5% |
| Resource use, fossils | 2,64E-04 | 2,56E-05 | 2,65E-04 | 5,54E-04 | 11,9% |
| Resource use, minerals and metals | 9,64E-05 | 6,02E-06 | 3,45E-05 | 1,37E-04 | 2,9% |

8.7.3 Pesatura - Arenaria, densità 2550 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra SS sp. 2 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | μPt | 3,36E+01 | 2,87E+00 | 3,01E+01 | 6,65E+01 | 22,0% |
| Ozone depletion | μPt | 2,81E-01 | 3,00E-02 | 2,02E-01 | 5,13E-01 | 0,2% |
| Ionising radiation | μPt | 9,01E-01 | 1,02E-01 | 1,72E+00 | 2,72E+00 | 0,9% |
| Photochemical ozone formation | μPt | 1,73E+01 | 5,31E-01 | 5,48E+00 | 2,33E+01 | 7,7% |
| Particulate matter | μPt | 6,08E+01 | 1,43E+00 | 1,02E+01 | 7,24E+01 | 24,0% |
| Human toxicity, non-cancer | μPt | 9,20E-01 | 1,09E-01 | 5,29E-01 | 1,56E+00 | 0,5% |
| Human toxicity, cancer | μPt | 7,28E-01 | 5,31E-02 | 3,46E-01 | 1,13E+00 | 0,4% |
| Acidification | μPt | 1,38E+01 | 4,99E-01 | 7,06E+00 | 2,14E+01 | 7,1% |
| Eutrophication, freshwater | μPt | 1,67E+00 | 1,24E-01 | 3,95E+00 | 5,75E+00 | 1,9% |
| Eutrophication, marine | μPt | 7,44E+00 | 2,04E-01 | 2,30E+00 | 9,94E+00 | 3,3% |
| Eutrophication, terrestrial | μPt | 1,17E+01 | 3,09E-01 | 3,52E+00 | 1,56E+01 | 5,2% |
| Ecotoxicity, freshwater | μPt | 8,65E+00 | 5,85E-01 | 4,84E+00 | 1,41E+01 | 4,7% |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Land use | μPt | 2,91E-01 | 1,11E-01 | 2,78E-01 | 6,80E-01 | 0,2% |
| Water use | μPt | 1,35E+00 | 3,70E-02 | 8,72E+00 | 1,01E+01 | 3,3% |
| Resource use, fossils | μPt | 2,20E+01 | 2,13E+00 | 2,20E+01 | 4,61E+01 | 15,3% |
| Resource use, minerals and metals | μPt | 7,28E+00 | 4,54E-01 | 2,60E+00 | 1,03E+01 | 3,4% |

8.7.4 Caratterizzazione - Arenaria, densità 2550 kg/m³ sp. 3 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra SS sp. 3 cm |
|--------------------------------------------|-----------------|----------|-----------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabiliment o | Stabiliment o | |
| Climate change | kg CO2 eq | 1,94E+00 | 1,65E-01 | 1,44E+00 | 3,54E+00 |
| Ozone depletion | kg CFC11 eq | 3,59E-07 | 3,83E-08 | 2,17E-07 | 6,14E-07 |
| Ionising radiation | kBq U-235 eq | 1,14E-01 | 1,28E-02 | 1,77E-01 | 3,04E-01 |
| Photochemical ozone formation | kg NMVOC eq | 2,20E-02 | 6,76E-04 | 6,24E-03 | 2,89E-02 |
| Particulate matter | disease inc. | 6,06E-07 | 1,43E-08 | 9,46E-08 | 7,14E-07 |
| Human toxicity, non-cancer | CTUh | 1,72E-08 | 2,04E-09 | 8,24E-09 | 2,75E-08 |
| Human toxicity, cancer | CTUh | 8,67E-10 | 6,32E-11 | 3,45E-10 | 1,27E-09 |
| Acidification | mol H+ eq | 1,86E-02 | 6,71E-04 | 8,11E-03 | 2,74E-02 |
| Eutrophication, freshwater | kg P eq | 1,44E-04 | 1,06E-05 | 2,76E-04 | 4,30E-04 |
| Eutrophication, marine | kg N eq | 7,37E-03 | 2,02E-04 | 2,04E-03 | 9,61E-03 |
| Eutrophication, terrestrial | mol N eq | 8,40E-02 | 2,21E-03 | 2,25E-02 | 1,09E-01 |
| Ecotoxicity, freshwater | CTUe | 2,88E+01 | 1,95E+00 | 1,34E+01 | 4,41E+01 |
| Land use | Pt | 4,51E+00 | 1,72E+00 | 3,55E+00 | 9,77E+00 |
| Water use | m3 depriv. | 2,72E-01 | 7,48E-03 | 1,57E+00 | 1,85E+00 |
| Resource use, fossils | MJ | 2,57E+01 | 2,50E+00 | 2,14E+01 | 4,97E+01 |
| Resource use, minerals and metals | kg Sb eq | 9,21E-06 | 5,75E-07 | 2,67E-06 | 1,25E-05 |
| Climate change - Fossil | kg CO2 eq | 1,93E+00 | 1,65E-01 | 1,42E+00 | 3,52E+00 |
| Climate change - Biogenic | kg CO2 eq | 9,80E-04 | 5,82E-05 | 1,69E-02 | 1,79E-02 |
| Climate change - Land use and LU change | kg CO2 eq | 6,93E-04 | 6,49E-05 | 1,77E-04 | 9,34E-04 |
| Human toxicity, non-cancer - organics | CTUh | 5,41E-10 | 8,33E-11 | 2,91E-10 | 9,15E-10 |
| Human toxicity, non-cancer - inorganics | CTUh | 7,56E-09 | 4,53E-10 | 2,60E-09 | 1,06E-08 |
| Human toxicity, non-cancer - metals | CTUh | 9,22E-09 | 1,51E-09 | 5,49E-09 | 1,62E-08 |
| Human toxicity, cancer - organics | CTUh | 3,63E-10 | 2,99E-11 | 1,55E-10 | 5,48E-10 |
| Human toxicity, cancer - inorganics | CTUh | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00E+00 |
| Human toxicity, cancer - metals | CTUh | 5,04E-10 | 3,33E-11 | 1,90E-10 | 7,27E-10 |
| Ecotoxicity, freshwater - organics | CTUe | 1,41E+00 | 1,50E-01 | 3,31E-01 | 1,89E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - inorganics | CTUe | 6,27E+00 | 5,31E-01 | 1,50E+00 | 8,30E+00 |
| Ecotoxicity, freshwater - metals | CTUe | 2,12E+01 | 1,27E+00 | 1,15E+01 | 3,39E+01 |

8.7.5 Normalizzazione - Arenaria, densità 2550 kg/m³ sp. 2 cm

| Impact category | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra SS sp. 3 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | 2,39E-04 | 2,04E-05 | 1,78E-04 | 4,38E-04 | 6,6% |
| Ozone depletion | 6,69E-06 | 7,13E-07 | 4,04E-06 | 1,14E-05 | 0,2% |
| Ionising radiation | 2,70E-05 | 3,04E-06 | 4,21E-05 | 7,21E-05 | 1,1% |
| Photochemical ozone formation | 5,42E-04 | 1,67E-05 | 1,54E-04 | 7,13E-04 | 10,7% |
| Particulate matter | 1,02E-03 | 2,40E-05 | 1,59E-04 | 1,20E-03 | 18,0% |
| Human toxicity, non-cancer | 7,50E-05 | 8,90E-06 | 3,59E-05 | 1,20E-04 | 1,8% |
| Human toxicity, cancer | 5,13E-05 | 3,74E-06 | 2,04E-05 | 7,54E-05 | 1,1% |
| Acidification | 3,35E-04 | 1,21E-05 | 1,46E-04 | 4,93E-04 | 7,4% |
| Eutrophication, freshwater | 8,95E-05 | 6,63E-06 | 1,71E-04 | 2,68E-04 | 4,0% |
| Eutrophication, marine | 3,77E-04 | 1,03E-05 | 1,04E-04 | 4,92E-04 | 7,4% |
| Eutrophication, terrestrial | 4,75E-04 | 1,25E-05 | 1,27E-04 | 6,15E-04 | 9,2% |
| Ecotoxicity, freshwater | 6,75E-04 | 4,57E-05 | 3,13E-04 | 1,03E-03 | 15,5% |
| Land use | 5,50E-06 | 2,09E-06 | 4,33E-06 | 1,19E-05 | 0,2% |
| Water use | 2,37E-05 | 6,52E-07 | 1,37E-04 | 1,61E-04 | 2,4% |
| Resource use, fossils | 3,96E-04 | 3,84E-05 | 3,29E-04 | 7,64E-04 | 11,5% |
| Resource use, minerals and metals | 1,45E-04 | 9,03E-06 | 4,20E-05 | 1,96E-04 | 2,9% |

8.7.6 Pesatura - Arenaria, densità 2550 kg/m³ sp. 3 cm

| Impact category | Unit | A1 | A2 | A3 | TOTALE Lastra SS sp. 3 cm | Contributo % |
|--------------------------------------|------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|
| | | Cava | Trasporto cava - stabilimento | Stabilimento | | |
| Climate change | μPt | 5,04E+01 | 4,30E+00 | 3,75E+01 | 9,21E+01 | 21,4% |
| Ozone depletion | μPt | 4,22E-01 | 4,50E-02 | 2,55E-01 | 7,22E-01 | 0,2% |
| Ionising radiation | μPt | 1,35E+00 | 1,53E-01 | 2,11E+00 | 3,61E+00 | 0,8% |
| Photochemical ozone formation | μPt | 2,59E+01 | 7,96E-01 | 7,34E+00 | 3,41E+01 | 7,9% |
| Particulate matter | μPt | 9,12E+01 | 2,15E+00 | 1,42E+01 | 1,08E+02 | 25,0% |
| Human toxicity, non-cancer | μPt | 1,38E+00 | 1,64E-01 | 6,60E-01 | 2,20E+00 | 0,5% |
| Human toxicity, cancer | μPt | 1,09E+00 | 7,96E-02 | 4,35E-01 | 1,61E+00 | 0,4% |
| Acidification | μPt | 2,08E+01 | 7,49E-01 | 9,05E+00 | 3,06E+01 | 7,1% |
| Eutrophication, freshwater | μPt | 2,51E+00 | 1,86E-01 | 4,80E+00 | 7,49E+00 | 1,7% |
| Eutrophication, marine | μPt | 1,12E+01 | 3,06E-01 | 3,09E+00 | 1,46E+01 | 3,4% |
| Eutrophication, terrestrial | μPt | 1,76E+01 | 4,63E-01 | 4,72E+00 | 2,28E+01 | 5,3% |
| Ecotoxicity, freshwater | μPt | 1,30E+01 | 8,77E-01 | 6,01E+00 | 1,99E+01 | 4,6% |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Land use | μPt | 4,37E-01 | 1,66E-01 | 3,44E-01 | 9,46E-01 | 0,2% |
| Water use | μPt | 2,02E+00 | 5,55E-02 | 1,16E+01 | 1,37E+01 | 3,2% |
| Resource use, fossils | μPt | 3,29E+01 | 3,20E+00 | 2,74E+01 | 6,35E+01 | 14,8% |
| Resource use, minerals and metals | μPt | 1,09E+01 | 6,82E-01 | 3,17E+00 | 1,48E+01 | 3,4% |

8.8 Analisi di sensibilità

L'analisi di sensibilità è stata svolta sull'operazione realizzata in stabilimento chiamata "taglio a misura". Questo processo permette di tagliare, tramite frese a ponte dotate di dischi, la lastra della misura desiderata in base alle esigenze.

I dati forniti dalle diverse aziende coinvolte nello studio presentano incertezze, sia a causa delle difficoltà nell'ottenere un dato certo di consumo di energia elettrica al metro quadrato, sia nella tipologia di taglio.

In particolare i valori massimi assunti riguardano i processi relativi alla **breccia monogenica (7,5 kWh al metro quadro)**, mentre il valore minimo riguarda il **calcare densità 1980 kg/m³ con il consumo di 0,35 kWh al metro quadro**.

Si è deciso in questo caso di comparare i risultati normalizzati di 1 m² di lastra di spessore 2 cm dei due litotipi (Tab. 52) con lo stesso consumo di energia elettrica per la fase di taglio a misura, come mostrato in Tab. 53.

Tab. 52 - Scenari di modellazione dell'analisi di sensibilità rispetto al consumo minimo e massimo del taglio a misura delle lastre

| | Breccia monogenica | Calcare |
|---------------------------------------------------------|--------------------|---------|
| Scenario con consumo minimo (kWh/m²) | 0,35 | 0,35 |
| Scenario con consumo massimo (kWh/m²) | 7,50 | 7,50 |

Tab. 53 - Risultati di normalizzazione relativi al confronto tra Scenario con consumo minimo e Scenario con consumo massimo

| Impact category | Breccia monogenica | | | Calcare | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------|
| | Scenario con consumo minimo | Scenario con consumo massimo | Variazione percentuale | Scenario con consumo minimo | Scenario con consumo massimo | Variazione percentuale |
| Climate change | 1,60E-04 | 5,17E-04 | 223,61% | 1,78E-04 | 5,36E-04 | 200,67% |
| Ozone depletion | 4,23E-06 | 1,16E-05 | 173,67% | 4,95E-06 | 1,23E-05 | 148,32% |
| Ionising radiation | 3,22E-05 | 1,26E-04 | 292,14% | 3,45E-05 | 1,29E-04 | 272,85% |
| Photochemical ozone formation | 2,39E-04 | 3,93E-04 | 64,60% | 2,59E-04 | 4,14E-04 | 59,43% |
| Particulate matter | 2,88E-04 | 3,73E-04 | 29,30% | 3,18E-04 | 4,02E-04 | 26,58% |
| Human toxicity, non-cancer | 3,32E-05 | 1,05E-04 | 215,93% | 4,20E-05 | 1,14E-04 | 170,75% |
| Human toxicity, cancer | 2,04E-05 | 5,87E-05 | 187,43% | 2,41E-05 | 6,24E-05 | 158,70% |
| Acidification | 1,66E-04 | 4,03E-04 | 142,55% | 1,78E-04 | 4,15E-04 | 132,96% |
| Eutrophication, freshwater | 1,14E-04 | 5,24E-04 | 360,79% | 1,16E-04 | 5,26E-04 | 353,77% |
| Eutrophication, marine | 1,60E-04 | 2,63E-04 | 64,18% | 1,72E-04 | 2,75E-04 | 59,60% |
| Eutrophication, terrestrial | 1,94E-04 | 3,21E-04 | 65,07% | 2,09E-04 | 3,35E-04 | 60,45% |
| Ecotoxicity, freshwater | 2,75E-04 | 9,23E-04 | 235,34% | 3,18E-04 | 9,66E-04 | 203,55% |
| Land use | 3,66E-06 | 1,29E-05 | 253,01% | 5,76E-06 | 1,50E-05 | 160,97% |
| Water use | 1,09E-04 | 2,77E-04 | 153,99% | 1,57E-04 | 3,25E-04 | 106,97% |
| Resource use, fossils | 2,95E-04 | 9,68E-04 | 228,12% | 3,31E-04 | 1,00E-03 | 203,53% |
| Resource use, minerals and metals | 3,19E-05 | 1,30E-04 | 308,27% | 4,07E-05 | 1,39E-04 | 241,34% |

9 Interpretazione dei risultati

9.1 Categorie di impatto rilevanti

Le categorie di impatto più rilevanti in base al processo di normalizzazione (par. 8.1) variano in base al tipo di litoide come presentato in Tab. 54.

Tab. 54 - Contributo percentuale delle categorie di impatto più rilevanti sui diversi litotipi nello spessore di 2 e 3 cm, in evidenza le % >20

| | CEP | | BS | | GS | | MS | | SF | | LS | | SS | |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2 cm | 3 cm | 2 cm | 3 cm | 2 cm | 3 cm | 2 cm | 3 cm | 2 cm | 3 cm | 2 cm | 3 cm | 2 cm | 3 cm |
| Resource use, fossils | 17,9% | 17,2% | 13,8% | 14,0% | 14,3% | 14,4% | 12,7% | 12,8% | 15,3% | 15,1% | 15,1% | 14,8% | 11,9% | 11,5% |
| Ecotoxicity, freshwater | 17,1% | 16,4% | 13,3% | 13,4% | 13,9% | 14,0% | 12,1% | 12,2% | 14,8% | 14,7% | 14,3% | 14,0% | 15,7% | 15,5% |
| Particulate matter | 6,9% | 8,1% | 13,3% | 13,1% | 11,9% | 11,8% | 15,2% | 15,1% | 13,2% | 13,7% | 16,0% | 17,0% | 17,3% | 18,0% |
| Photochemical ozone formation | 7,3% | 8,0% | 10,9% | 10,7% | 10,0% | 9,9% | 12,0% | 11,9% | 8,8% | 9,0% | 6,5% | 6,7% | 10,4% | 10,7% |
| Eutrophication, freshwater | 9,7% | 8,9% | | | | | | | 6,7% | 6,5% | 7,9% | 7,7% | | |
| Climate change | 9,6% | 9,2% | 7,5% | 7,5% | 7,6% | 7,7% | 6,9% | 7,0% | 8,3% | 8,2% | 8,0% | 7,8% | 6,8% | 6,6% |
| Acidification | 7,5% | 7,5% | 7,5% | 7,5% | 7,2% | 7,2% | 7,6% | 7,6% | 7,2% | 7,2% | 6,4% | 6,4% | 7,4% | 7,4% |
| Eutrophication, terrestrial | 5,9% | 6,5% | 8,8% | 8,7% | 8,0% | 7,9% | 9,7% | 9,7% | 7,3% | 7,4% | | | 9,0% | 9,2% |
| Eutrophication, marine | | | 7,2% | 7,1% | | | 8,0% | 8,0% | | | | | 7,2% | 7,4% |
| Water use | | | | | 8,4% | 8,4% | | | | | 9,4% | 9,1% | | |
| TOTALE | 81,9% | 81,8% | 82,3% | 82,0% | 81,3% | 81,3% | 84,2% | 84,3% | 81,6% | 81,8% | 83,6% | 83,5% | 85,7% | 86,3% |

9.2 Fasi del ciclo di vita e processi rilevanti

Tab. 55 - Contributo percentuale delle fasi del ciclo di vita della lastra naturale di breccia monogenica sp. 2 cm e dettaglio sulle categorie d'impatto più rilevanti

| Categorie di impatto | TOTALE Lastra CEP sp. 2 cm | Sega a catena | Mov. cava | Trasporto | Taglio del blocco | Movimentazione stabilimento | Taglio a misura |
|-----------------------------------------------|----------------------------------|---------------|-----------|-----------|-------------------|--------------------------------|-----------------|
| Resource use, fossils | 17,9% | 0,9% | 1,6% | 0,0% | 1,7% | 0,7% | 13,2% |
| Ecotoxicity, freshwater | 17,1% | 0,8% | 1,4% | 0,0% | 1,7% | 0,6% | 12,7% |
| Eutrophication, freshwater | 9,8% | 0,5% | 0,1% | 0,0% | 1,1% | 0,1% | 8,1% |
| Climate change | 9,7% | 0,4% | 0,9% | 0,0% | 0,9% | 0,4% | 7,0% |
| Acidification | 7,6% | 0,3% | 1,4% | 0,0% | 0,6% | 0,6% | 4,7% |
| Photochemical ozone formation | 7,3% | 0,3% | 2,6% | 0,0% | 0,4% | 1,1% | 3,0% |
| Particulate matter | 6,9% | 0,1% | 3,5% | 0,0% | 0,2% | 1,4% | 1,7% |
| Eutrophication, terrestrial | 6,0% | 0,1% | 2,2% | 0,0% | 0,3% | 0,9% | 2,5% |
| Totale contributo (solo categorie rilevanti) | 82,7% | 3,4% | 13,7% | 0,1% | 7,0% | 5,6% | 52,9% |
| Totale contributo (tutte le categorie) | 100,0% | 4,2% | 16,1% | 0,2% | 8,5% | 6,6% | 64,5% |
| | | 20,3% | | 0,2% | 79,6% | | |

Tab. 56 - Contributo percentuale delle fasi del ciclo di vita della lastra naturale di calcare densità 1980 kg/m3 sp. 2 cm e dettaglio sulle categorie d'impatto più rilevanti

| Categorie di impatto | TOTALE Lastra BS sp. 2 cm | Sega a catena (taglio in avanzamento) | Sega a catena (taglio del banco) | Squadratura | Mov. in cava | Trasporto | Taglio del blocco | Mov. stabilimento | Taglio a misura |
|-----------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------|--------------|-------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Particulate matter | 13,3% | 1,9% | 1,9% | 3,3% | 1,5% | 0,7% | 0,3% | 3,7% | 0,2% |
| Resource use, fossils | 13,8% | 1,6% | 1,5% | 3,1% | 0,7% | 0,2% | 2,2% | 1,7% | 1,3% |
| Ecotoxicity, freshwater | 13,3% | 1,5% | 1,3% | 2,9% | 0,6% | 0,4% | 2,1% | 1,5% | 1,2% |
| Photochemical ozone formation | 10,9% | 1,5% | 1,5% | 2,6% | 1,1% | 1,0% | 0,5% | 2,7% | 0,3% |
| Eutrophication, terrestrial | 8,9% | 1,3% | 1,2% | 2,2% | 0,9% | 0,4% | 0,4% | 2,2% | 0,2% |
| Acidification | 7,5% | 1,0% | 1,0% | 1,8% | 0,6% | 0,4% | 0,8% | 1,5% | 0,4% |
| Eutrophication, marine | 7,3% | 1,0% | 1,0% | 1,8% | 0,8% | 0,3% | 0,3% | 1,8% | 0,2% |
| Climate change | 6,7% | 0,9% | 0,8% | 1,7% | 0,4% | 0,0% | 1,2% | 1,0% | 0,7% |
| Water use | 6,3% | 0,2% | 0,2% | 0,4% | 0,0% | 0,1% | 5,0% | 0,0% | 0,3% |
| Totale contributo (solo categorie rilevanti) | 85,0% | 10,9% | 10,4% | 19,9% | 6,7% | 3,4% | 12,8% | 16,0% | 4,8% |
| Totale contributo (tutte le categorie) | 100,0% | 12,1% | 11,5% | 22,3% | 7,0% | 8,9% | 15,2% | 16,7% | 6,2% |
| | | 53,0 % | | | | | 8,9% | 38,1% | |

Tab. 57 - Contributo percentuale delle fasi del ciclo di vita della lastra naturale di Arenaria, densità 2500 kg/m3 sp. 2 cm e dettaglio sulle categorie d'impatto più rilevanti

| Categorie di impatto | TOTALE Lastra SF sp. 2 cm | Filo diamantato | Sega a catena | Rovesciamento del banco | Perforazione | Squadratura | Mov. in cava | Trasporto | Taglio del blocco | Mov. stabilimento | Taglio a misura |
|----------------------------------------------|---------------------------|-----------------|---------------|-------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Resource use, fossils | 15,3% | 0,2% | 0,1% | 0,4% | 2,2% | 0,0% | 0,6% | 0,1% | 6,0% | 0,5% | 4,3% |
| Ecotoxicity, freshwater | 14,8% | 0,2% | 0,1% | 0,4% | 1,9% | 0,0% | 0,6% | 0,4% | 5,8% | 0,5% | 4,1% |
| Particulate matter | 13,2% | 0,0% | 0,0% | 1,0% | 4,8% | 0,0% | 1,4% | 1,0% | 0,8% | 1,2% | 0,5% |
| Photochemical ozone formation | 8,8% | 0,0% | 0,0% | 0,7% | 3,5% | 0,0% | 1,0% | 1,1% | 1,4% | 0,9% | 1,0% |
| Climate change | 8,3% | 0,1% | 0,0% | 0,3% | 1,3% | 0,0% | 0,4% | 0,0% | 3,2% | 0,3% | 2,3% |
| Acidification | 7,2% | 0,1% | 0,0% | 0,4% | 1,9% | 0,0% | 0,6% | 0,6% | 2,1% | 0,5% | 1,5% |
| Eutrophication, freshwater | 7,4% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,2% | 0,0% | 0,1% | 0,6% | 3,7% | 0,0% | 2,6% |
| Eutrophication, terrestrial | 7,2% | 0,0% | 0,0% | 0,6% | 2,9% | 0,0% | 0,9% | 0,1% | 1,1% | 0,7% | 0,8% |
| Totale contributo (solo categorie rilevanti) | 85,3% | 0,7% | 0,4% | 4,2% | 21,2% | 0,1% | 6,3% | 4,4% | 25,0% | 5,3% | 17,7% |
| Totale contributo (tutte le categorie) | 100,0% | 0,9% | 0,5% | 4,4% | 22,0% | 0,1% | 6,5% | 10,1% | 29,4% | 5,5% | 20,8% |
| | | 34,3% | | | | | | 10,1% | 55,6% | | |

Tab. 58 - Contributo percentuale delle fasi del ciclo di vita della lastra naturale di Arenaria, densità 2550 kg/m3 sp. 2 cm e dettaglio sulle categorie d'impatto più rilevanti

| Categorie di impatto | TOTALE Lastra SS sp. 2 cm | Esplosivo | Mov. in cava | Trasporto | Taglio del blocco | Mov. stabilimento | Taglio a misura |
|----------------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Ecotoxicity, freshwater | 15,7% | 5,9% | 4,3% | 0,0% | 2,2% | 0,8% | 2,7% |
| Particulate matter | 17,3% | 0,7% | 10,6% | 0,6% | 0,3% | 1,9% | 0,3% |
| Resource use, fossils | 11,9% | 1,2% | 4,8% | 0,0% | 2,3% | 0,9% | 2,7% |
| Photochemical ozone formation | 10,4% | 0,4% | 7,7% | 0,7% | 0,5% | 1,4% | 0,6% |
| Eutrophication, terrestrial | 9,4% | 0,7% | 6,4% | 0,1% | 0,4% | 1,2% | 0,5% |
| Acidification | 7,9% | 0,8% | 4,2% | 0,3% | 0,8% | 0,8% | 1,0% |
| Eutrophication, marine | 7,5% | 0,3% | 5,3% | 0,1% | 0,4% | 1,0% | 0,4% |
| Totale contributo (solo categorie rilevanti) | 81,4% | 10,0% | 43,3% | 1,9% | 7,0% | 7,9% | 8,3% |
| Totale contributo (tutte le categorie) | 100,0% | 14,9% | 48,2% | 3,2% | 11,4% | 8,8% | 13,4% |
| | | 63,1% | | 3,2% | 33,6% | | |

10 Conclusioni

Lo studio condotto ha analizzato quattro diverse tipologie di pietre naturali appartenenti a caratteristiche e conosciute cave dislocate in quattro diverse regioni italiane. L'eterogeneità petrografica dei materiali scelti e la variabilità nelle tecniche di coltivazione (taglio meccanico con sega a catena versus esplosivo e/o filo diamantato) e di trasformazione (tagliablocchi multilama da 40, 50, 70 e 90 lame) lavorazione (macchinari di nuova generazione contro sistemi tradizionali) hanno permesso di costruire un dataset piuttosto completo di quella che è un tipico processo produttivo nazionale.

Pertanto, il lavoro partendo dalla individuazione delle peculiarità e delle criticità del settore, ha sviluppato diciotto dataset su quelle che sono le principali fasi del ciclo di vita di quattro tipologie petrografiche lapidee, così identificabili: pietra vulcanica, pietra arenaria, pietra calcarea e breccia monogenica. I corrispondenti prodotti rappresentativi riguardano un m² di lastra di rivestimento non e trattata (solo per la breccia monogenica) superficialmente in due degli spessori di maggior impiego, che sono rispettivamente 2 e 3 cm.

L'approccio LCA adottato è *"from cradle to gate"*, che ha quindi incluso l'estrazione della materia litica in cava, il trasporto fino allo stabilimento di trasformazione e la lavorazione fino alla realizzazione della lastra, lasciando escluse le restanti fasi e moduli contemplate negli standard che regolano le informazioni connesse alla valutazione della sostenibilità nel ciclo di vita degli edifici (EN 15978:2011 e EN 15804:2019).

I dati raccolti sono principalmente di tipo primario derivanti dalle 7 cave coinvolte.

Gli esiti dello studio LCA, basati sul metodo di valutazione degli impatti EF 3.0, hanno messo in luce che le categorie di impatto normalizzate il cui contributo è almeno l'80% dell'impatto totale risultano essere, rispettivamente:

- Resource use, fossil (variabile da 11,5% a 17,9%);
- Ecotoxicity, freshwater (variabile da 12,1% al 17,1%);
- Particulate matter (variabile da 6,9% al 18,0%);
- Photochemical ozone formation (variabile da 6,5% al 12,0%);
- Eutrophication fresh water (variabile da 6,5% al 9,7%);
- Climate change (variabile da 6,6% al 9,6%);
- Acidification (variabile da 6,4% al 7,5%);
- Eutrophication, terrestrial (variabile da 5,9% al 9,7%);
- Eutrophication, marine (variabile da 8,0% al 7,4%);
- Water use (variabile da 8,4% al 9,4%).

Guardando invece alle tre principali fasi del ciclo di vita, si evince che gli impatti sono fortemente legati alle diverse tecniche estrattive e alla vetustà del macchinario utilizzato. La fase di estrazione della pietra in cava varia con un'incidenza sul totale da 20,3% (breccia monogenica estratta in galleria con segatrice a catena) a ca. l'63,1% (arenaria estratta con esplosivo). Il trasporto grava solamente tra lo 0,2% e il 10,1% in base alla distanza di trasporto dei blocchi dalla cava allo stabilimento, mentre le lavorazioni nel sito produttivo incidono tra il 33,6% e 79,6% principalmente a causa del consumo dei diversi macchinari utilizzati.

11 Bibliografia

Algadi, S. B., Alamleh, D., Eldin, N. I., Eldin, H. N. (2023). A comparative life cycle energy and greenhouse emissions of natural and artificial stone-manufacturing phase, results in Engineering, Volume 18, 101055, ISSN 2590-1230, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101055>

Barbero A. et al. (2018) PRQA Piano regionale per la qualità dell'aria, Regione Toscana. <https://www.regione.toscana.it/documents/10180/24014/Allegato+A+PRQA+Parte+1-4+e+allegati.pdf/f11aa674-db16-4d9c-8723-d432d52c3819>

Bianco, I., (2018), Life Cycle Inventory of cutting technologies in the ornamental stone supply chain, Supervisor: Prof. Gian Andrea Blengini, Doctoral Dissertation, Politecnico di Torino

Bianco, I., Blengini, G. A. (2019). Life Cycle Inventory of techniques for stone quarrying, cutting and finishing: Contribution to fill data gaps. *Journal of Cleaner Production*, 225, 684–696. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.309>

Capitano, C., Cirrincione, L., Peri, G., Rizzo, G., Scaccianoce, G., (2022). A simplified method for the indirect evaluation of the “embodied pollution” of natural stones (marble) working chain to be applied for achieving the Ecolabel brand of the product. *Journal of Cleaner Production*, 362, 684–696. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132576>

Donatello S., Garbarino E., Sanfelix J., Fernandez Carretero A. & Wolf O., (2021) EU Ecolabel criteria for hard covering products. Final Technical Report. Criteria and supporting rationale, EUR 30682 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-36360-6, doi:10.2760/080528, JRC124266

Gazi, A., Skevis, G., & Founti, M. A. (2012). Energy efficiency and environmental assessment of a typical marble quarry and processing plant. *Journal of Cleaner Production*, 32, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.03.007>

ISO 14040:2006. Environmental management. Life Cycle Assessment. Principle and Framework. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland.

ISO 14044:2006. Environmental management. Life Cycle Assessment. Requirements and Guidelines. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland

Legambiente, (2021), Rapporto Cave 2021 - La transizione dell'economia circolare nel settore delle costruzioni

Marras, G., Carcangiu, G., Meloni, P., & Careddu, N. (2022). Circular economy in marble industry: From stone scraps to sustainable water-based paints. *Construction and Building Materials*, 325. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126768>

Marmomacchine (2023) Confindustria Marmomacchine Directory 2023

Mendoza, J. M. F., Feced, M., Feijoo, G., Josa, A., Gabarrell, X., & Rieradevall, J. (2014). Life cycle inventory analysis of granite production from cradle to gate. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(1), 153–165. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0637-6>

Nicoletti, G. M., Notarnicola, B., & Tassielli, G. (2002). Comparative Life Cycle Assessment of flooring materials: ceramic versus marble tiles. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 10). www.cleanerproduction.net

Palumbo, E., (2018), LCA Natural Stone. Strumenti e indicatori per la progettazione sostenibile di involucri litici secondo un approccio Life Cycle, p. 1-306, Firenze: Didapress, ISBN: 978-88-3338-025-4

Traverso, M., Rizzo, G., & Finkbeiner, M. (2010). Environmental performance of building materials: Life cycle assessment of a typical Sicilian marble. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(1), 104–114. <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0135-z>

UNI 8458:1983 Edilizia. Prodotti lapidei. Terminologia e classificazione

UNI EN 12407:2019 Metodi di prova per pietre naturali - Esame petrografico

UNI EN 12440:2017 Pietre naturali - Criteri per la denominazione

UNI EN 12670:2019 Pietre naturali - Terminologia

UNI EN 15804:2012+A2:2019 Sostenibilità delle opere di costruzione - Dichiarazioni ambientali di prodotto

UNI EN 15978:2011 Sostenibilità delle opere di costruzione - Valutazione delle prestazioni ambientali degli edifici

Zampori, L. & Pant, R., (2019) Suggestions for updating the Product Environmental Footprint (PEF) method, EUR 29682 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-00654-1, doi:10.2760/424613, JRC115959

* Sebbene il testo sia frutto della collaborazione degli autori si segnala che il paragrafo 3.2 è da attribuire in parti uguali, i paragrafi 3.1,3.4 e 3.5.1 e 3.5.2 a Cellulare M. e Rinaldi C., le restanti parti a Palumbo E. e Panozzo C.

Allegati al Rapporto di filiera:

Allegato 1: Templates di raccolta dati (dati primari)

Templates compilati con i dati primari delle imprese (dati+ metadati)

Allegato 2: Datasets di filiera

Riportante per ciascun dataset sviluppato, Nome del dataset, dati di input/output del dataset con i commenti (in tabella o come schermata di Simapro e solo se non già riportati in modo identico all'interno del report), metadati, valutazione degli impatti in termini di caratterizzazione, normalizzazione e pesatura.

AGROALIMENTARE

EDILIZIA COSTRUZIONI

ENERGIA

LEGNO ARREDO

ISBN 978-88-8286-511-5



enea.it