



**Progettare Strutture con
Calcestruzzi Sostenibili**

COLABETON 



1 - PREMESSA	3
2 - SOLUZIONI	6
2.1 CEMENTI A BASSO CONTENUTO DI CLINKER	6
2.2 RIDUZIONE DOSAGGI CEMENTO	7
2.3 USO DI MATERIALE RICICLATO	7
3 - ESEMPI	8
4 - EPD: ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION	11
5 - BIBLIOGRAFIA	12

Colabeton SpA
con socio unico

Via della Vittorina, 60
06024 - Gubbio (PG)
Italia

Assistenza commerciale
Tel. 075 9240044
clienti@colabeton.it

Assistenza tecnologica
Tel. 075 9240054
stc@colabeton.it

www.colabeton.it



1 - PREMESSA

Negli ultimi decenni abbiamo assistito ad un deciso cambiamento del clima, ormai indiscutibilmente attribuibile secondo la comunità scientifica alle **eccessive emissioni di anidride carbonica responsabili del surriscaldamento globale**. Negli ultimi cinque anni, i più caldi mai registrati, i rischi legati ai cambiamenti climatici sono cresciuti in maniera esponenziale ^[1]; disastri come alluvioni, uragani, siccità e incendi stanno diventando sempre più severi e frequenti tanto da portare il *World Economic Forum* nel *Global Risk Report 2020* ad indicare il fallimento delle operazioni di mitigazione del surriscaldamento globale come il rischio numero uno per il futuro dell'umanità ^[2].

Il 2020 è stato caratterizzato da temperature superiori di oltre 1°C rispetto alla temperatura media dell'epoca pre-industriale e il trend di crescita a cui si sta assistendo ormai da mezzo secolo consente di prevedere un aumento di 1.5°C tra il 2030 e il 2052 e una crescita fino a +3°C entro la fine del secolo, nonostante gli scienziati concordino sulla necessità di limitare il surriscaldamento globale a 1.5°C per evitare conseguenze catastrofiche sul piano economico, sociale ed ambientale.

Prendendo in considerazione i livelli attuali di emissioni di gas serra, prossimi a 42 miliardi di tonnellate all'anno, si stima che, in assenza di drastiche riduzioni nelle emissioni, solo 10 anni ci separerebbero dal superamento della soglia dei 1.5°C ^[3].



In questo scenario, le Nazioni Unite attestano che la popolazione mondiale ha raggiunto ormai quota 8 miliardi, con una crescita prossima all'1% annuo che ha portato ad un incremento di oltre un miliardo di persone dal 2007 e due miliardi dal 1994 ^[4]. Per il futuro si prospetta un'ulteriore crescita che porterà la popolazione globale a raggiungere gli 8.5 miliardi nel 2030 e i 9.7 miliardi nel 2050 con l'Africa sub-sahariana come motore trainante della crescita che si contrapporrà con alcune aree del globo come l'Asia, l'Europa e l'America settentrionale che vedranno una lieve decrescita o una sostanziale stabilità della popolazione.

L'industria delle costruzioni, quindi, è chiamata a rispondere a due bisogni dell'uomo apparentemente inconciliabili tra loro: **salvaguardare l'ambiente** e, allo stesso tempo, **far fronte alla domanda di nuove abitazioni ed infrastrutture (dighe, ponti, viadotti, gallerie, etc.)** per sostenere la crescita della popolazione ^[5].



Il calcestruzzo ha un impatto ambientale molto elevato a causa dei suoi volumi di produzione, stimati globalmente oltre 10 miliardi di metri cubi per anno ^[6].

Ad oggi, è stato stimato che la produzione del calcestruzzo è responsabile del 9% di emissioni di gas serra, la maggior parte delle quali provenienti dalla produzione di cemento (nell'ordine del 7-8%) ^[7]. Anche se il fabbisogno energetico per la produzione del cemento è in continua diminuzione grazie ad importanti innovazioni tecnologiche (come ad esempio, i processi a secco in sostituzione degli obsoleti processi ad umido), una moderna cementeria consuma mediamente 3.4 GJ di energia per ogni tonnellata di clinker prodotta ^[8]; **l'impatto ambientale del calcestruzzo è quindi fortemente determinato dall'impatto ambientale del cemento.**

Un altro aspetto fondamentale dell'impatto ambientale del calcestruzzo è il suo enorme consumo di risorse naturali che non si limita alle ingenti quantità di argilla e calcare destinate alla produzione del cemento Portland (in media sono richieste 1.22 tonnellate di calcare e 0.31 tonnellate di argilla per ogni tonnellata di clinker prodotta), ma si estende all'estrazione di sabbia e ghiaia impiegati come aggregati ^[9,10]. Ogni anno per la produzione del calcestruzzo viene consumato un quantitativo di aggregati che consentirebbe di realizzare intorno all'equatore un muro largo 30 m e alto 10 m.

Oltre ad un'enorme domanda di aggregati naturali, la produzione del calcestruzzo richiede anche ingenti quantitativi di acqua, soprattutto potabile; infatti, contrariamente a quanto percepito comunemente, l'utilizzo di acqua come costituente del calcestruzzo non rappresenta solamente il 15% dell'acqua necessaria per produrre il conglomerato cementizio, ma la produzione del cemento e l'estrazione e frantumazione degli aggregati richiedono quantitativi di acqua decisamente superiori, nell'ordine rispettivamente del 38% e 45% (Figura 1) [1]. Ne consegue che se teniamo presente che il dosaggio medio di acqua di impasto per un metro cubo di calcestruzzo è pari all'incirca a 180 kg, il consumo complessivo di acqua per produrre il conglomerato è all'incirca pari a 1340 kg/m³.

WATER CONSUMPTION

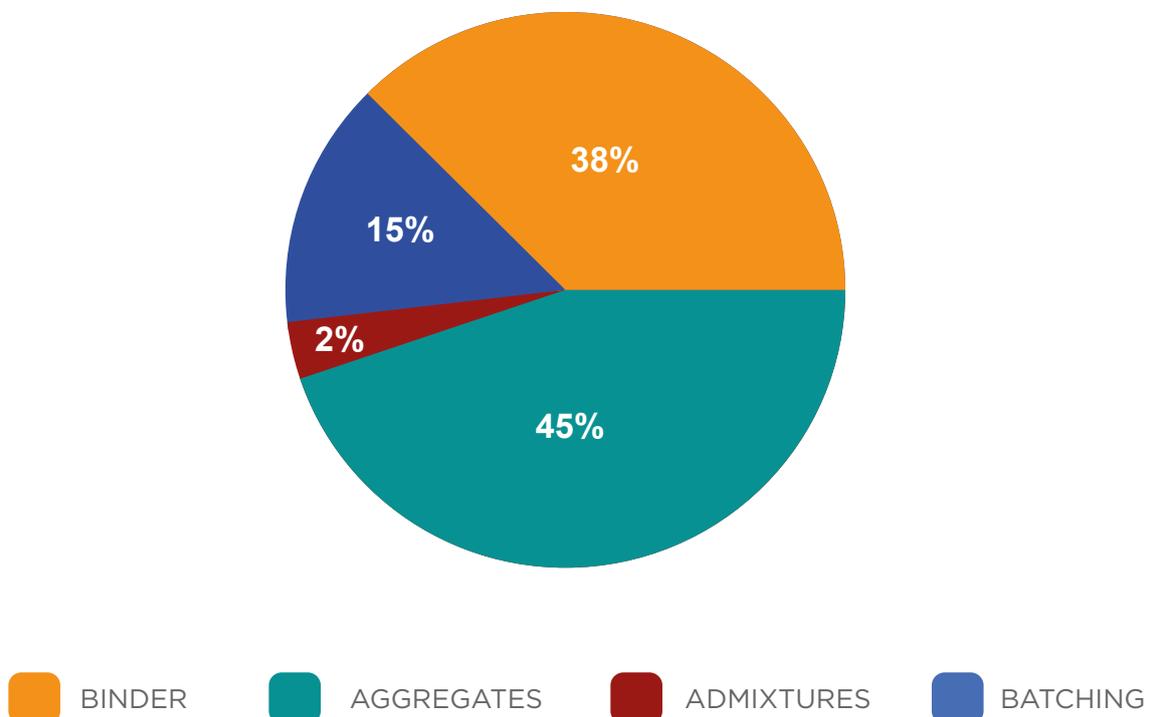


Figura 1 - Distribuzione dell'acqua consumata per la produzione del calcestruzzo e dei suoi costituenti. Dati rielaborati da [1]

2 - SOLUZIONI

In seguito a quanto detto in premessa le soluzioni percorribili per **incrementare la sostenibilità del calcestruzzo** sono basate su:

- **impiego di cementi a basso contenuto di clinker;**
- **adozione di tutte quelle strategie finalizzate a ridurre il più possibile il dosaggio di cemento per metro cubo di conglomerato cementizio a pari prestazioni reologiche e meccaniche;**
- **uso di materie riciclate, ovvero recuperate, ovvero di sottoprodotti.**

2.1 CEMENTI A BASSO CONTENUTO DI CLINKER

Una delle strategie attualmente perseguibili per il confezionamento dei calcestruzzi green è, quindi, quella di far ricorso – nel rispetto delle normative nazionali ed europee vigenti – a cementi d’altoforno, pozzolanici e compositi (CEM III e/o CEM IV e/o CEM V), ma anche a cementi II/C e VI (introdotti dalla norma EN 197- 5), che grazie al minor tenore di clinker, sono caratterizzati da un minor impatto ambientale, **minore impronta carbonica** ^[12] e **minor consumo energetico** (Figura 2), rispetto ai cementi di tipo I, II/A e II/B:

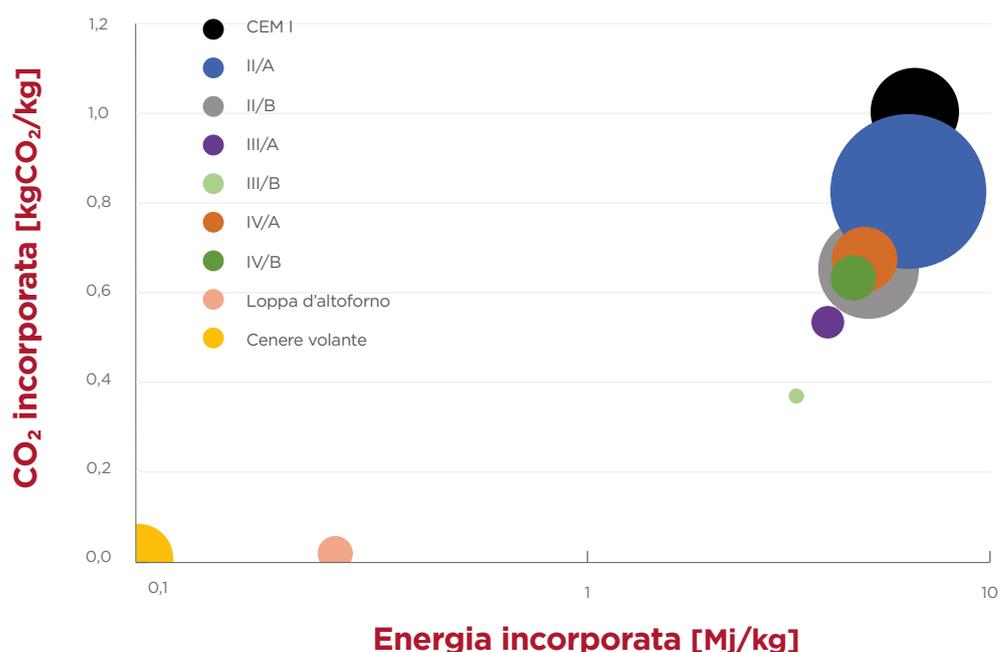


Figura 2 - Energia ed anidride carbonica incorporata in diversi leganti tradizionali e materiali cementizi supplementari. La dimensione del cerchio rappresenta il volume di produzione annuo italiano (per le ceneri volanti si riporta la somma dei tipi V e W). Dati rielaborati da [10,13 e 14]

2.2 RIDUZIONE DOSAGGI CEMENTO

Qualsiasi sia il tipo di cemento utilizzato, vanno nella direzione di mitigare fortemente l'impronta carbonica del calcestruzzo tutti i provvedimenti finalizzati alla riduzione del dosaggio di cemento a pari prestazioni reologiche, elasto-meccaniche e di durabilità; ad esempio:

- utilizzo di efficaci additivi super-riduttori di acqua, conformi alla EN 934-2;
- impiego di additivi detti promotori di cristallizzazione del CSH (C-S-H Nucleation Seeding: CSHNS). Questi additivi consentono di conseguire le prestazioni desiderate in termini di resistenza a compressione con dosaggi di cemento più contenuti, grazie all'incremento del grado di idratazione (frazione di cemento che reagisce con l'acqua) e, conseguentemente, alla riduzione della porosità capillare (modello di Powers).

2.3 USO DI MATERIALE RICICLATO

L'uso di materiale riciclato permette di ridurre il consumo di risorse naturali, garantendo allo stesso tempo di soddisfare i Criteri Ambientali Minimi (CAM).



3 - ESEMPI

Colabeton adotta sistematicamente le soluzioni indicate al paragrafo precedente, contestualizzando le scelte alle ulteriori esigenze e specifiche richieste dai committenti/imprese/progettisti/direzioni lavori.

A titolo di esempio sono analizzati quattro studi diversi di uno stesso conglomerato cementizio rappresentativo di uno standard costruttivo per medie/grandi opere.

Gli studi sono elaborati con diversi cementi a basso impatto ambientale, aggiunte minerali e additivi promotori di cristallizzazione (CSHNS) e sono messe a confronto con il prodotto standard produttivo. In queste miscele, pur mantenendo inalterate le caratteristiche del conglomerato sia allo stato fresco (ad es.: Consistenza, Omogeneità) che allo stato indurito (Prestazioni meccaniche, Durabilità) è stato possibile, attraverso l'impiego dei diversi componenti prima indicati, ottenere una modifica del **“carbon footprint”** del conglomerato cementizio così da poter identificare la soluzione più vantaggiosa, migliorando e contribuendo, di fatto, alla sostenibilità ambientale.

Per semplificare l'analisi, per il momento **solo qualitativa**, è stato introdotto un **indicatore** denominato **“EC”** (EcoCalcestruzzo) che valuta il contributo, in termini di impatto ambientale, **dato al calcestruzzo dal solo cemento che, come precedentemente asserito, è l'ingrediente determinante**; sono stati quindi trascurati i contributi conferiti dagli altri ingredienti considerati poco significativi per questo specifico caso di studio, dal momento che l'obiettivo che ci si pone è quello di identificare un **delta di sostenibilità (Δ%)** tra il calcestruzzo ipotizzato e il relativo calcestruzzo di riferimento di pari prestazioni.

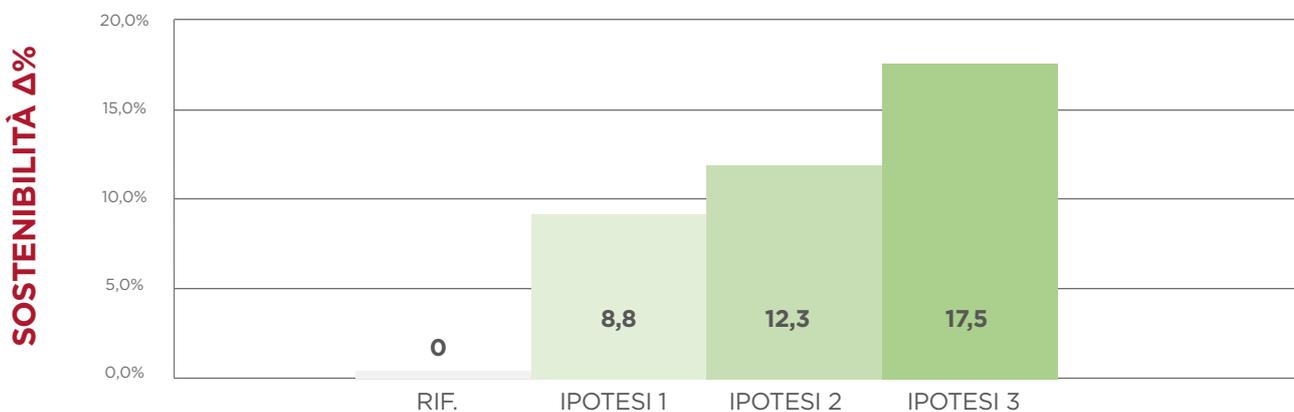
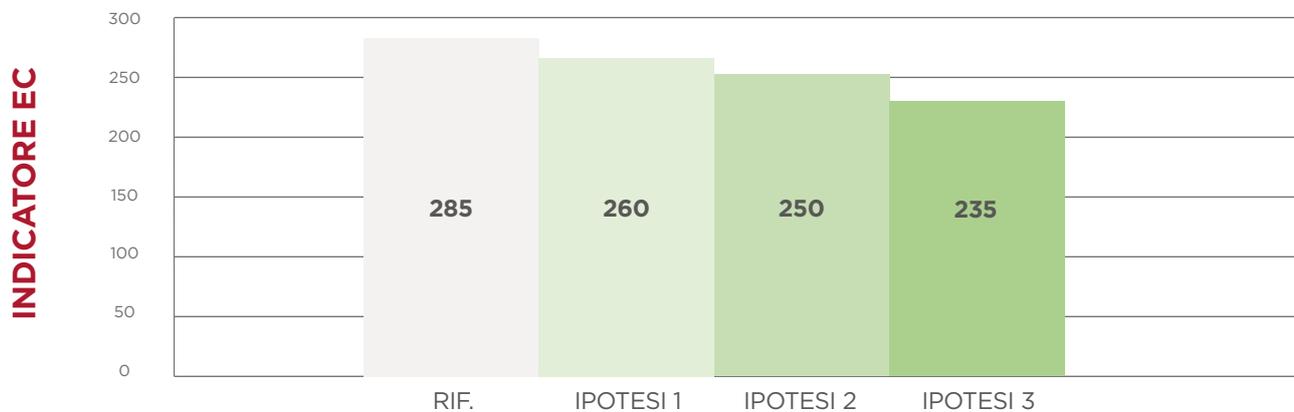
$$EC = Cem * GWP_{cem}$$

Dove:

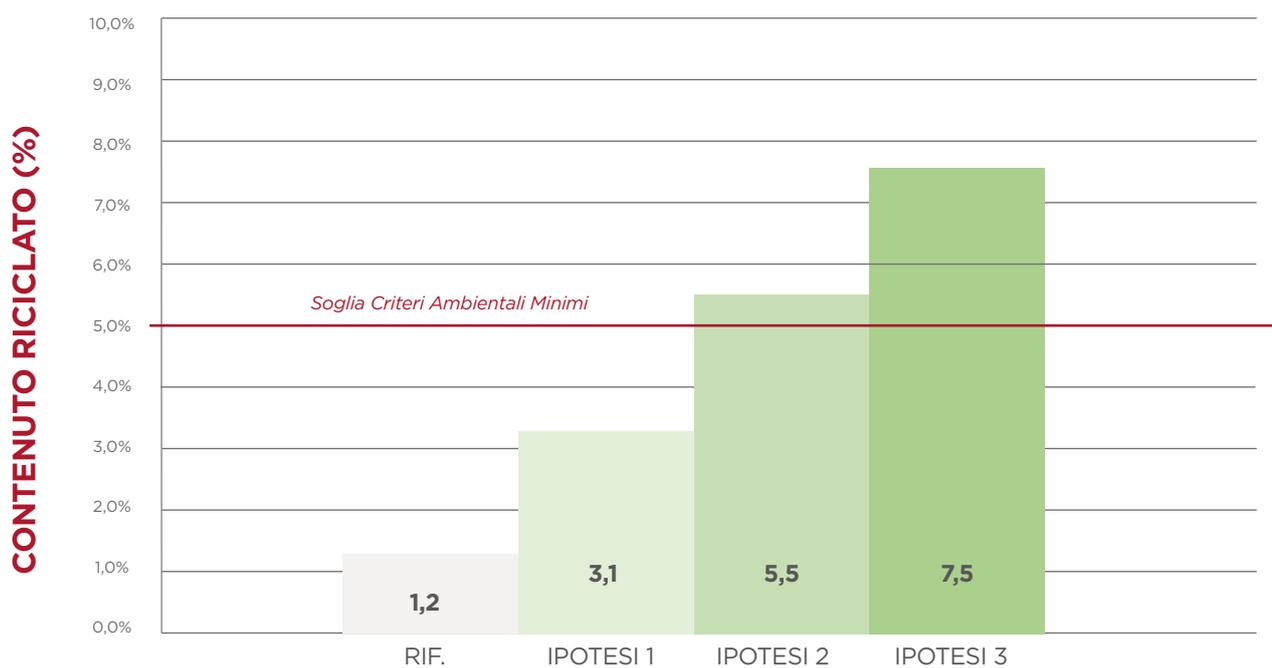
- **EC** rappresenta un **indicatore** dell'impronta carbonica di 1 m³ di calcestruzzo;
- **Cem** rappresenta il dosaggio di cemento ipotizzato per la realizzazione di 1 m³ di calcestruzzo;
- **GWP_{cem}** rappresenta l'impronta carbonica del cemento.

	CLS RIFERIMENTO	IPOTESI 1	IPOTESI 2	IPOTESI 3
Tipo Cemento	CEM II/A-LL 42,5R COLACEM RASSINA	CEM II/A-LL 42,5R COLACEM RASSINA	CEM IV/A 42,5N SR COLACEM CARAVATE	CEM IV/B 32,5N LH/SR COLACEM CARAVATE
Cem [kg/m³]	385	350	390	430
Rapp. a/c	0,478	0,462 ^[*]	0,462	0,419
Additivi Nucleatori CSHNS	NO	SI	NO	NO
Tipo Aggiunta	-	Microsilice	-	-
Indicatore EC	285	260	250	235
% Materiale riciclato	1,3%	3,1%	5,5%	7,5%

(*): rapporto a/(cemento+k x aggiunta)



Gli esempi di studio aprono la strada per sviluppare miglioramenti sul piano della sostenibilità ambientale anche grazie all'uso di materiali **riciclati** e/o componenti che ne contengono una parte (ad esempio alcuni cementi). In alcuni casi il contenuto di materiale riciclato permette di soddisfare i **Criteri Ambientali Minimi**, garantendo un contenuto di riciclato superiore al 5%



4 - EPD: ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

Le considerazioni riportate alle pagine precedenti sono di carattere qualitativo e possono determinare risultati diversi, più o meno rilevanti, in funzione delle materie prime presenti nel luogo di utilizzo; la **reale impronta carbonica** di un calcestruzzo può essere desunta dalla Dichiarazione Ambientale di Prodotto (**Environmental Product Declaration, EPD**) rilasciata per ogni singolo prodotto, basata sulla **Analisi del Ciclo di Vita (Life Cycle Assessment, LCA)**, in seguito alla identificazione di tutte le informazioni rilevanti relative alla vita del prodotto in tutte le sue fasi.

Nella EPD oltre al potenziale riscaldamento globale (Global Warming Potential: GWP) dovuto alla CO₂ emessa da un determinato prodotto, vengono anche riportati altri dati essenziali relativi all'impatto ambientale quali il **contenuto di materiale riciclato**, la potenziale riduzione dello strato di ozono stratosferico, la potenziale formazione dello strato di ozono troposferico, il potenziale di acidificazione delle acque e del suolo, il potenziale di eutrofizzazione, il potenziale di esaurimento abiotico delle risorse fossili e non fossili.

SMART
THINKING

5 - BIBLIOGRAFIA

1. National Centers for Environmental Information - National Oceanic and Atmosphere Administration Of USA Climate Monitoring Data Available online: <http://www.ncdc.noaa.gov/climate-monitoring/>.
2. World Economic Forum The Global Risks Report 2020; 2020;
3. Swiss Re Institute Natural catastrophes and man-made disasters in 2018: “secondary” perils on the frontline; 2019;
3. McSweeney, R.; Pearce, R. Analysis: Just four years left of the 1.5C carbon budget Available online: <https://www.carbonbrief.org/analysis-four-years-left-one-point-five-carbon-budget>.
4. United Nations - Department of Economic And Social Affairs - Population Division *World Population Prospect 2019*; 2019;
5. Coppola, L.; Coffetti, D.; Lorenzi, S. Per uno sviluppo sostenibile delle costruzioni: dalla cultura del “non più di” a quella del “non meno di.” *Struct. 200* 2015, 1-11, doi:10.12917/ Stru200.28.
6. Sivakrishna, A.; Adesina, A.; Awoyera, P.O.; Rajesh Kumar, K. Green concrete: A review of recent developments. *Mater. Today Proc.* 2020, 27, 54-58, doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.08.202>.
7. Organization for Economic and Co-operation and Development (OECD) *Global Material Resources Outlook to 2060*; 2018;
8. International Energy Agency (IEA) *Cement*; 2020;
9. Coppola, L.; Coffetti, D.; Crotti, E.; Gazzaniga, G.; Pastore, T. An Empathetic Added Sustainability Index (EASI) for cementitious based construction materials. *J. Clean. Prod.* 2019, 220, doi:10.1016/j.jclepro.2019.02.160.
10. U.S. Geological Survey; U.S. Department of Interior *Mineral Commodity Summaries 2020*; 2020;
11. Miller, S.A.; Horvath, A.; Monteiro, P.J.M. Impacts of booming concrete production on water resources worldwide. *Nat. Sustain.* 2018, 1, 69-76, doi:10.1038/s41893-017-0009-5.
12. Smith, I. Design of fly ash concretes. In Proceedings of the Proceedings of Institution of Civil Engineers: Construction Materials; 1967; pp. 760-790.
13. Snellings, R. Assessing, Understanding and Unlocking Supplementary Cementitious Materials. *RILEM Tech. Lett.* 2016, 1, 50-55, doi:10.21809/rilemtechlett.2016.12.

SONO STATI CONSULTATI ANCHE I SEGUENTI TESTI/NORME/LINEE GUIDA:

- A)** L. Coppola, *“Concretum”*, pp.700, McGraw-Hill, Milano, Italia (2007), ISBN 978-88-386-6465-6.
- B)** L. Coppola, *“Il manuale del calcestruzzo di qualità”*, pp.350, Il Sole 24 Ore, Milano, Italia (Aprile 2008), ISBN 978-88-324-7027-7.
- C)** *Linee Guida sul calcestruzzo strutturale* a cura del Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.
- D)** Norme Tecniche per le Costruzioni. **D.M. 17 Gennaio 2008.**
- E)** UNI EN 1992-1-1:2005. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Regole generali e regole per gli edifici.
- F)** **UNI EN 206-UNI 11104.** Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- G)** M. Collepari, L. Coppola, *“Mix-Design del calcestruzzo”*, depositato presso la Prefettura e la Procura della Repubblica di Treviso nel maggio 1996 in ottemperanza al D.Lgs. Luogotenenziale 31 agosto 1945, n. 660.
- H)** A.M. Neville, *“Properties of Concrete”*, Pearson - Prentice Hall, Fourth Edition (2002).
- I)** M. Collepari, L. Coppola, *“Materiali Innovativi per Calcestruzzi Speciali”*, depositato presso la Prefettura e la Procura della Repubblica di Treviso nel maggio 1996 in ottemperanza al D.Lgs. Luogotenenziale 31 Agosto 1945, n. 660.





Colabeton SpA
con socio unico

Via della Vittorina, 60
06024 - Gubbio (PG)
Italia

Assistenza commerciale
Tel. 075 9240044
clienti@colabeton.it

Assistenza tecnologica
Tel. 075 9240054
stc@colabeton.it

www.colabeton.it

