

Verso il 2050 con la nuova linea di Additivi **OPTEVA® CO₂ST® REDUCERS**.

Luca Pagani, Keith Marsay e Alessandro Schibuola, GCP Applied Technologies, mostrano come additivi chimici ad alte prestazioni possono facilitare la riduzione del rapporto clinker-cemento e contribuire alle emissioni zero nel cemento europeo.

Il cambiamento climatico è una sfida per il mondo intero, che richiede sostanziali cambiamenti sociali, politici e culturali. Durante i periodi di lockdown dovuti al COVID-19, è apparso uno spiraglio di luce: vedere immagini di cieli limpidi su molte delle città più inquinate ha mostrato che la drastica riduzione delle emissioni è una sfida e un obiettivo essenziale per migliorare la salute umana.

Negli ultimi anni sono stati compiuti alcuni passi, anche se resta ancora molto lavoro da fare. Negli anni '90, l'Unione Europea (UE) è stata la prima a lanciare un programma per monitorare e controllare le emissioni di CO₂ nella sua area di influenza. Il sistema di scambio di quote di emissioni dell'Unione europea (EU-ETS) è stato un risultato diretto del Protocollo di Kyoto del 1997, che ha fissato obiettivi assoluti per le emissioni quantitative per i paesi industriali.

Le caratteristiche principali dell'EU-ETS sono un limite massimo di emissioni, o tetto, e l'assegnazione di quote di emissioni (EUA) alle industrie e agli impianti chiave all'interno della zona.

Se un impianto non utilizza tutta la sua quota, sarebbe quindi in grado di vendere o scambiare questa quota con le industrie che faticano a rientrare nelle proprie quote, in modo tale che le emissioni totali nella zona rimangano entro il limite. Questo è ciò che è noto come sistema "cap and trade".

La prima fase dell'EU-ETS è stata quella di misurare le emissioni e stabilire il EUA, con ogni paese che ha il proprio piano di assegnazione nazionale. Le fasi successive hanno progressivamente ridotto il valore assoluto del "cap". La fase 4 inizia nel 2021 e promette una riduzione continua del 2,2% all'anno delle quote di emissioni.

Il risultato della progressiva riduzione del tetto alle emissioni è un aumento del prezzo di scambio delle quote di CO₂, da un minimo di 3 € / t nell'aprile 2013 a un massimo di 28 € / t alla fine del 2019. Secondo le stime degli autori, le EUA dovrebbero rimanere al di sopra di 25 € / t e aumentare ulteriormente. Questo sarà un significativo costo operativo per le cementerie e si prevede che fornirà un driver per ulteriori riduzioni di CO₂ nella produzione di cemento.

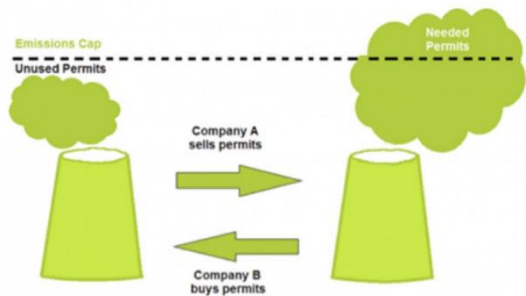


Figura 1. Se le società emettono meno del limite massimo, possono vendere i permessi di carbonio in eccesso alle società che emettono di più. L'azienda che emette meno trarrà profitto da questa transazione. (Figura adattata da Energy Royd, 2013).

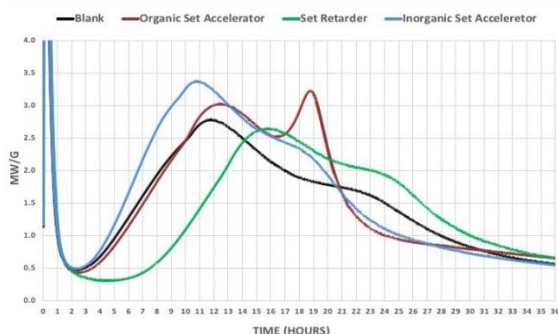


Figura 2. Grafici calorimetrici isotermitici di diverse composizioni chimiche.

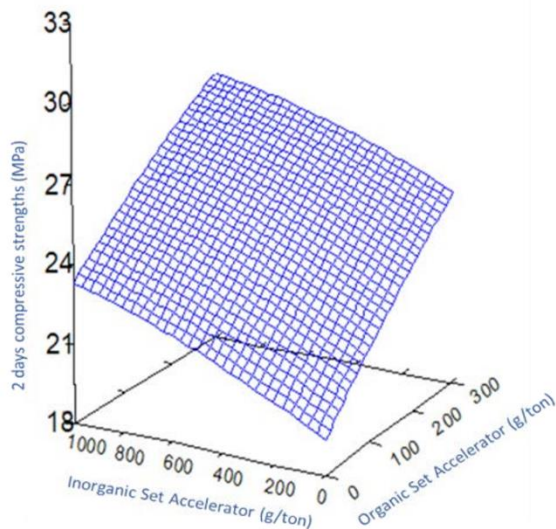


Figura 3. Due additivi chimici acceleranti di presa, testati separatamente, hanno raggiunto un massimo di 25,5 MPa in due giorni. L'interazione positiva tra queste due sostanze chimiche insieme ha aumentato le resistenze a due giorni a più di 29 Mpa.

Le emissioni dirette di CO₂ nella produzione di cemento sono il risultato della combustione di combustibili per produrre il clinker e del processo di decarbonatazione quando il calcare utilizzato per produrre il clinker viene calcinato nel forno. La CO₂ dei combustibili può essere ridotta in modo significativo utilizzando combustibili alternativi a emissioni zero, come i rifiuti domestici (CDR, SRF) e fonti organiche come la pasta di legno e le farine animali. La CO₂ derivante dalla calcinazione può essere ridotta producendo leganti alternativi a basso tenore di carbonio.

Obiettivi 2030 dell'industria del cemento dell'UE e roadmap fino al 2050

Gli sforzi dell'industria del cemento europea nel ridurre la sua impronta ecologica hanno portato a una riduzione delle emissioni del 15% sulla base dei livelli del 1990 nel 2017 (Roadmap to 2050, Cembureau, 2020).

La roadmap per la neutralità del carbonio al 2050 fissata dall'industria europea del cemento evidenzia l'obiettivo ambizioso di ridurre le proprie emissioni di CO₂ del 30% entro il 2030 per il cemento e del 40% lungo la filiera. L'approccio 5C della tabella di marcia di Cembureau (The European Cement Association) considera clinker, cemento, calcestruzzo, edilizia (construction in inglese) e (de)carbonatazione, fissando obiettivi per ciascuna delle fasi della filiera espresse come riduzioni delle emissioni di carbonio. Un ruolo significativo è svolto dal cemento stesso, che rappresenta il 18% del target 2030 totale.

Il 70% di questa porzione sarà ottenuto abbassando il fattore clinker nel cemento, e il 30% sarà ottenuto da aumenti di efficienza energetica e l'uso di fonti energetiche rinnovabili o carbon neutral.

L'abbassamento del rapporto clinker/cemento è una leva fondamentale per l'industria del cemento europeo nel suo percorso verso la neutralità del carbonio. Cembureau punta a una significativa riduzione del rapporto clinker/cemento: dal 77% al 74% entro il 2030 e al 65% entro il 2050.

I produttori di cemento devono controllare tutti gli effetti derivanti dalla riduzione richiesta del rapporto clinker-cemento. Le sfide da considerare includono un potenziale impatto negativo sulle prestazioni del cemento, la disponibilità di idonei materiali cementizi supplementari (SCM), limitazioni dagli standard e accettazione sul mercato. Gli additivi chimici per il cemento sono stati utilizzati per oltre 80 anni per migliorare il processo di macinazione e le prestazioni del cemento finito. Gli obiettivi ambiziosi fissati dall'industria per quanto riguarda la CO₂ hanno favorito la ricerca e lo sviluppo di ulteriori prodotti chimici ad alte prestazioni, additivi per facilitare ulteriori riduzioni di rapporti clinker-cemento.

GCP Applied Technologies ha lanciato una nuova linea di additivi, **OPTEVA® CO₂ST® Reducers**, specificatamente sviluppata per consentire una significativa riduzione del fattore clinker e un aumento

del livello di SCM, mitigando qualsiasi effetto negativo sulle prestazioni del cemento finito. La linea prevede l'utilizzo di nuovi prodotti chimici, nuove combinazioni di componenti e un nuovo processo di progettazione.

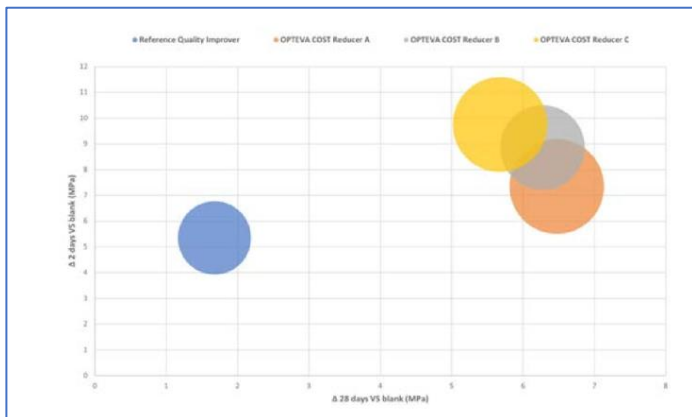


Figura 4. Validazione di laboratorio di tre OPTEVA CO₂ reducer. La dimensione della bolla rappresenta l'impatto previsto sulla produttività.

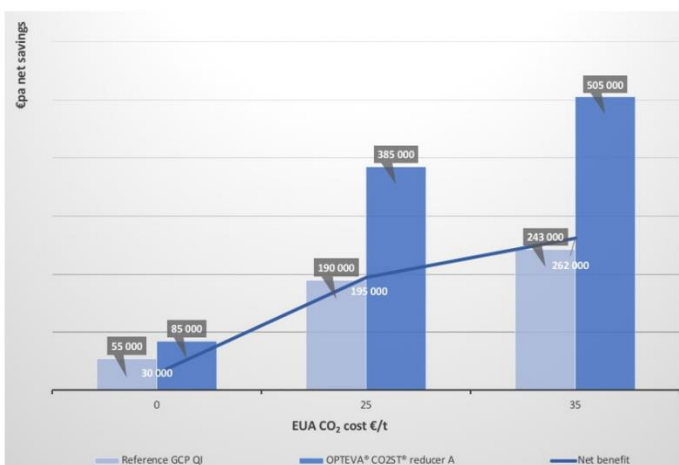


Figura 5. Case study sul campo 1 - Risparmio netto del produttore di cemento a aumento del costo per tonnellata di CO₂ EUA: i vantaggi forniti dalla tecnologia GCP aumentano con il costo della CO₂ EUA.

Table 1. Case study 1 - field trial results.							
Additive	Dosage	Blaine	Alpine 45µm	Output	2d	7d	28d
	g/t	cm ² /g		tph	MPa	MPa	MPa
Untreated cement (3% more clinker)	-	5500	1.1%	85	20	-	51
Reference GCP QI	500	5300	1.6%	93	20.3	33.7	51.6
OPTEVA® CO ₂ ST® Reducer A	2000	5100	1.5%	97	23.1	36.3	55.7
OPTEVA® CO ₂ ST® Reducer A (4% less clinker)	2000	5300	1.8%	99	20.8	33.5	51.8

Durante questo processo, la fase di laboratorio è fondamentale per testare prima diversi prodotti chimici e identificare le specie chimiche più reattive con lo specifico sistema cemento. Questa valutazione è basata su una profonda comprensione dell'influenza su performance del cemento e cinetica di idratazione. In un recente progetto di GCP è stato testato un cemento tipo CEM II / B-LL 42.5R **a** con l'obiettivo di massimizzare la sostituzione di clinker con calcare. La **figura 2**

mostra l'influenza sull'idratazione del cemento dovuta a diversi acceleranti di presa organici e inorganici e un ritardante.

Quando le sostanze chimiche più promettenti sono individuate, la valutazione delle sinergie e le interazioni vengono quindi misurate.

La **figura 3** illustra un'interazione tra un accelerante inorganico e una specie organica sulle resistenze alle brevi stagionature. In questo esempio, le due sostanze chimiche mostrano una interazione sinergica positiva. Tutte queste informazioni specifiche sui sistemi chimico-cementizi vengono quindi utilizzate per progettare la formulazione più adatta.

La **figura 4** mostra il risultato della validazione di laboratorio di tre formule di additivi con il cemento studiato CEM II / B-LL 42.5R, confermando un aumento delle resistenze a compressione di 9-10 MPa a 2 giorni e 6 - 7 MPa a 28 giorni rispetto a un cemento non trattato, o un guadagno di 5-6 MPa a tutte le stagionature, quando comparato al cemento prodotto con l'additivo di riferimento.

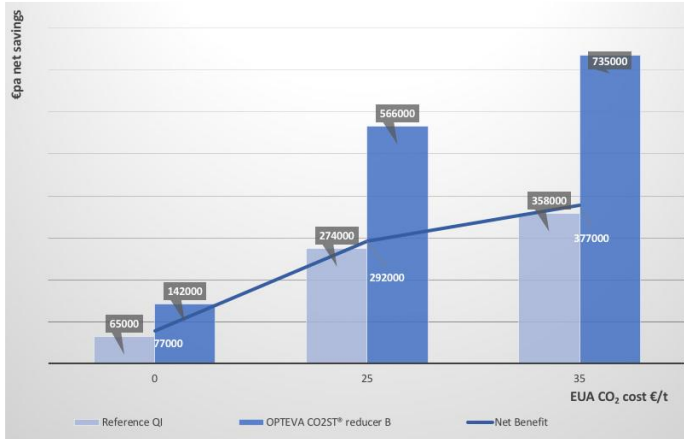
Questo specifico progetto di laboratorio ha prodotto diverse formulazioni che hanno consentito un significativo guadagno di resistenza alla compressione, soprattutto alle brevi stagionature.

Caso di studio sul campo 1

Un cliente nell'est Europa ha richiesto un additivo per macinazione che permettesse un ulteriore 4% di sostituzione di clinker per un Cemento tipo CEM II / B-M 42,5N, al di sopra della riduzione del 3% che un additivo GCP tradizionale era già in grado di fornire. GCP ha progettato un nuovo prodotto, poi testato in cemeniteria, producendo lo stesso cemento alla stessa finezza.

Le resistenze del cemento risultante sono state aumentate nell'ordine del 10% a tutte le stagionature, oltre a un aumento della produzione del mulino di poco superiore al 4%. Ciò ha consentito all'impianto di ridurre il fattore di clinker del 4% desiderato aumentando il contenuto di calcare e mantenendo le stesse resistenza.

L'impianto ha anche registrato un ulteriore aumento del 6,5% in termini di produttività. Considerando un fattore di emissione di CO₂ relativo al 2018 di 815 kg/t di clinker prodotto (GCCA, 2018) e un fattore di emissione di CO₂ di 0,5 kg di CO₂ / kWh



(IEA Statistics, 2018) per consumato per
Figura 6. Caso di studio sul campo 2 - Risparmio netto del produttore di cemento all'aumento del costo delle quote CO₂ EUA: i vantaggi forniti dalla tecnologia GCP aumentano all'aumentare del costo delle quote CO₂.

Table 2. Field Case Study 1 - EUA CO₂ related costs analysis *Assumes 815 CO₂ kg/ton of clinker. **Assumes 0.5 kg/CO₂ per kWh.

		No additive	Reference GCP QI	OPTEVA CO ₂ ST Reducer A
Additive	Dosage (g/cem t)	-	500	2000
	Use cost (€/cem t)	0	0.6	1.4
Cement composition and cost	Clinker (%)	70.5	67.5	63.5
	Gypsum (%)	4.5	4.5	4.5
	Fly ash (%)	12	12	12
	Limestone (%)	13	16	20
	Composition cost (€/cem t)	18.7	18.1	17.4
Grinding	CO ₂ from CLK* (CO ₂ kg/cem t)	575	650	518
	Mill output (cem t/h)	85	93	99
	Specific energy (kWh/t)	42.4	38.7	36.4
	Specific energy cost (kWh/t cost)	3.18	2.90	2.73
CO ₂ related costs	CO ₂ cement factor (CO ₂ kg/cem t)	596	569	536
	If ETS carbon cost (€/CO ₂ t) = 0	0	0	0
	If ETS carbon cost (€/CO ₂ t) = 25	14.9	14.2	13.4
	If ETS carbon cost (€/CO ₂ t) = 35	20.9	19.9	18.8
Savings at ETS carbon cost € 0/CO ₂ t	Net savings (€/cem t)	-	0.28	0.42
	Annual € savings (0.2 Mta)	-	55 000	85 000
Savings at ETS carbon cost € 25/CO ₂ t	Net savings (€/cem t)	-	0.95	1.92
	Annual € savings (0.2 Mta)	-	190 000	385 000
Savings at ETS carbon cost € 35/CO ₂ t	Net savings (€/cem t)	-	1.22	2.52
	Annual € savings (0.2 Mta)	-	243 000	505 000

Table 3. Field Case Study 2 trial results.

Additive	Dosage	Blaine	Alpine 45µm	Output	2d	7d	28d
	g/t	cm ² /g		tph	MPa	MPa	MPa
Blank		4000	3.1%	94	20.9	33.7	45.2
Reference QI	1000	3800	2.5%	97	22.7	34.8	48.1
OPTEVA CO ₂ ST Reducer B	1800	3700	2.6%	104	25.9	38.8	53.9

la macinazione, l'additivo ha contribuito ad ottenere una riduzione delle emissioni di CO₂ di oltre il 10%, da 596 kg per il cemento non trattato a 536 kg/t per il cemento trattato con **OPTEVA CO₂ST Reducer A**, oppure una riduzione del 6%, a partire da 569 kg per il cemento trattato con l'additivo attualmente in uso. I dati dettagliati sono presentati nelle tabelle 1 e 2.

Se non si considerassero i costi legati alla CO₂, la differenza tra il risparmio di composizione ed energetico fornito dal prodotto e dal incrementatore di qualità di riferimento sarebbe di € 30.000 / a.

Quando si considerano i costi relativi alle emissioni di CO₂, i vantaggi forniti dall'implementazione di **OPTEVA CO₂ST Reducer A** aumentano. Nello scenario attuale, con EUA a 25 €/t, il beneficio netto comporterebbe un ulteriore risparmio di 195.000 €/a. In uno scenario con EUA a 35 €/t, il vantaggio netto fornito dall'additivo GCP aumenterebbe a 262.000 € / anno (Tabella 2 e Figura 5).

Caso di studio sul campo 2

Un additivo **GCP OPTEVA CO₂ST** è stato formulato su misura per un cliente nell'Europa meridionale, con l'obiettivo di consentire una sostituzione minima del 3% di clinker con calcare in un CEM II / A-LL 42.5 R, attualmente prodotto in 250000 tpy e trattato con un incrementatore di qualità di fascia media, dosato a 1000 g / t. Sulla base delle informazioni disponibili prima della sperimentazione, l'additivo di riferimento ha consentito la sostituzione del clinker del 4% rispetto al cemento non trattato prodotto a parità di finezza e con un limitato aumento della produzione.

Durante la prova sul campo, sono stati prodotti il cemento non trattato e il cemento trattato con l'additivo di riferimento e il nuovo additivo GCP. I test sono stati effettuati con la stessa composizione al fine di valutare e confrontare l'impatto sulla resa del sistema di macinazione e la possibilità di sostituzione del clinker. Il QI di riferimento ha confermato la capacità di sostituire il 4% di clinker con calcare nelle normali condizioni operative del cliente. La formulazione **OPTEVA CO₂ST Reducer B** ha consentito un aumento della produzione del 10,6% e fornito +5 MPa al di sopra del bianco a 2d e +8,7 MPa a 28d (Tabella 3). Questi risultati

hanno reso possibile la sostituzione del clinker pari al 4% con calcare. Ancora più importante, è stato possibile un risparmio annuo di 77.000 € / anno, nonché una riduzione delle emissioni di CO₂ di 68 kg / t prodotta (Tabella 4 e Figura 6). Considerando le emissioni di CO₂ per t di clinker prodotto e le emissioni di CO₂ legate all'energia di macinazione, il cemento non trattato di riferimento avrebbe un coefficiente CO₂ di 706 kg/t. Il cemento prodotto con il QI di riferimento mostrerebbe una riduzione del fattore -CO₂ del 5%, mentre il prodotto GCP permette una riduzione del fattore CO₂ del cemento pari al 10%.

Con le attuali quote di CO₂ a 25 € / t, il vantaggio netto aumenterebbe fino a 292.000 € / a. In uno scenario con quote di CO₂ pari a 35 EUR / t di CO₂, il vantaggio aumenterebbe fino a 377.000 EUR / anno (Tabella 4 e Figura 6).

Conclusioni

Si è visto che la nuova tecnologia di GCP fornisce un importante vantaggio in termini di sostenibilità ai produttori di cemento. Le emissioni specifiche di CO₂ vengono ridotte grazie alla sostituzione del clinker e al miglioramento dell'efficienza di macinazione. Negli studi dei casi descritti, la tecnologia ha dimostrato di ridurre i fattori di CO₂ del cemento fino al 10% rispetto al cemento non trattato, con un risparmio di circa 15.000 tpy di CO₂. Come dimostrato dalla sostituzione del clinker del 4% resa possibile, l'adozione del nuovo incrementatore di qualità di GCP contribuisce alle capacità dei produttori di cemento di raggiungere gli obiettivi di riduzione del clinker del 2030 e di raggiungere gli obiettivi di neutralità del carbonio del 2050 dell'UE, nonché la capacità di migliorare l'economia della produzione di cemento in presenza dell'aumento dei prezzi delle quote CO₂ EUA.

References

1. 'Sustainability Guidelines for the Monitoring and Reporting of CO₂ Emissions from Cement Manufacturing', Global Cement and Concrete Association (2019).
2. 'Reaching Climate Neutrality along the Cement and Concrete Value Chain by 2050', Cembureau (2020).
3. 'Getting the Numbers Right', Global Cement and Concrete Association (2018), GNR Project Reporting CO₂.
4. 'CO₂ Emissions from Fuel Combustion', International Energy Agency Statistics (2018).

Table 4. Field Case Study 2 EUA CO₂ related costs analysis. Figures based on same finished cement performance. *Assumes 815 CO₂ kg/t of clinker produced. **Assumes 0.5 kg/CO₂ per kWh.

		No additive	Reference GCP QI	OPTEVA® CO ₂ ST® reducer B
Additive	Dosage (g/cem t)	-	1 000	1800
	Use cost (€/cem t)	0	0.7	1.5
Cement composition and cost	Clinker (%)	84.5	80.5	76.5
	Gypsum (%)	4.5	4.5	4.5
	Limestone (%)	11	15	19
	Composition cost (€/cem t)	24.7	23.8	22.9
	CO ₂ from CLK* (CO ₂ kg/cem t)	689	656	623
Grinding	Mill output (cem t/h)	94	97	105
	Specific energy (kWh/t)	34.0	33.0	30.5
	Specific energy cost (kWh/t cost)	2.55	2.47	2.29
	CO ₂ from grinding** (CO ₂ kg/cem t)	17	16	15
CO ₂ related costs	CO ₂ cement factor (CO ₂ kg/cem t)	706	672	638
	If ETS carbon cost (€/CO ₂ t) = 0	0	0	0
	If ETS carbon cost (€/CO ₂ t) = 25	17.65	16.81	15.96
	If ETS carbon cost (€/CO ₂ t) = 35	24.71	23.54	22.34
Savings at ETS carbon cost €0/CO ₂ t	Net savings (€/cem t)	-	0.26	0.57
	Annual € savings (0.2 Mta)	-	65 000	142 000
Savings at ETS carbon cost €25/CO ₂ t	Net savings (€/cem t)	-	1.10	2.26
	Annual € savings (0.2 Mta)	-	274 000	566 000
Savings at ETS carbon cost €35/CO ₂ t	Net savings (€/cem t)	-	1.43	2.94
	Annual € savings (0.2 Mta)	-	358 000	735 000



gcp applied technologies