

I terminali italiani: Ravenna, Savona e Monfalcone

The Italian terminals: Ravenna, Savona, Monfalcone

Claudio Cascieri,
Buzzi Unicem S.p.A.

Direzione Ingegneria
Engineering Division

Il cemento è un prodotto venduto a peso con un basso valore economico unitario e, di conseguenza, i costi di trasporto incidono sul prezzo del prodotto a seconda della distanza di consegna dalla zona di produzione. L'incidenza del costo di trasporto sul prezzo del cemento in generale è minore se viaggia via mare. Per contro, vanno perseguiti bassi investimenti per le attrezzature nei porti e deve essere minimizzato il costo operativo della movimentazione.

Cement is a product sold by weight with a low unitary economic value and, as a consequence, the transport costs affect the price of the product according to the distance of the delivery from the production zone. The impact of the transport cost on the price of the cement is generally less if transported by sea. However, low investments for the port equipment have to be pursued and the operative costs of the handling must be minimized.



La produzione e la vendita di cemento sono state, per tradizione e per lungo tempo, attività prettamente regionali che interessavano un'area limitata a 150-200 km di distanza dai siti produttivi.

Il terminale per cemento si contraddistingue per la nave da trasporto, le attrezzature di scarico, gli impianti dedicati al trasferimento del prodotto ma anche per la configurazione del deposito.

Il cemento, però, può essere trasportato via mare, tramite navi cementiere cosiddette autoscaricanti o attraverso navi dette "bulkcarriers" dentro stive a forma quadrata. La grandezza della nave, è in funzione del pescaggio del porto, della quantità di cemento venduta annualmente e delle modalità tecniche di scarico del cemento dalle stive.

La **nave autoscaricante** ha a bordo gli impianti che permettono lo scarico del cemento, per lo più per via pneumatica. Poiché lo scopo è quello di trasferire il prodotto da un deposito di stiva di nave ad un deposito di terra, il sistema più adot-

Il terminale di Ravenna

Ravenna terminal

tato è la spinta pneumatica. Non essendo più necessario il dosaggio, si usano sistemi costituiti da serbatoi in pressione per il trasporto di 30-40 kg di cemento per m³ di aria. È necessario prestare la dovuta attenzione nell'adeguare la tipologia degli impianti pneumatici - le navi, normalmente, non sono di proprietà del terminalista - ai percorsi delle tubazioni sulla banchina (la cosiddetta resistenza di condotta, diametri, curve, ecc...). Le velocità nelle tubazioni devono essere compatibili, cioè tali da non generare usure, fonti di fuoriuscite indesiderate di cemento a pressione e di manutenzioni continue.

A valle, il deposito deve essere dotato di un opportuno sistema di depolverazione, sia per problemi ambientali sia per le sovrappressioni da carico. Il sistema di pompaggio risulta molto delicato, per il governo della componentistica di rego-

lazione che fa riferimento a coefficienti adimensionali, tratti dalle sperimentazioni ed inseriti nei calcoli di progetto.

La **nave bulkcarrier** (foto 2) trasporta il cemento in stive, dalle quali appositi dispositivi di scarico, meccanici a coclee o pneumatici, posizionati sulla banchina, trasferiscono il cemento al deposito tramite gli impianti predisposti.

I **depositi** vengono costruiti con tipologie di forme e grandezze varie:

a) *Sili in ferro o in calcestruzzo*: a seconda della grandezza i fondi sono fluidificati o convenzionali, per lo scarico a gravità. I costi d'investimento sono elevati ma quelli operativi sono bassi.

b) *Floating terminals* cioè scafi di navi trasformati a depositi sull'acqua. Questa è una soluzione necessaria quando non si ha disponibilità di ubicazione in banchina; è ottimale lungo i fiumi o tra porti vicini perché le attrezzature possono essere spostate facilmente. I costi d'investimento e quelli operativi sono piuttosto elevati.

c) *Flat storage*: hanno la forma di magazzini, insistono su larga area ed hanno altezza modesta (foto 1). E' una soluzione largamente diffusa, per il basso costo d'investimento, determinato dalla natura dei terreni dei porti, i quali, normalmente, sono di scarsa capacità portante. I costi operativi sono più alti della soluzione con sili poiché la ripresa del cemento avviene, normalmente, mediante pala con operatore.

d) *Dome*: è una soluzione alternativa ai sili



e al flat storage però comporta alti costi d'investimento, sia per la costruzione che per gli impianti di ripresa meccanica o fluidificata del cemento.

La grandezza del deposito viene definita dallo studio della combinazione tra i fattori di mercato e la reperibilità di navi idonee. Lo studio di mercato ha come base la vendita annuale della merce ripartita per mesi e settimane, con un'attenzione particolare alle punte giornaliere di vendita. La reperibilità della nave è funzione dei tempi relativi alla chiamata ed alla effettiva disponibilità nel porto di carico e la scelta conseguente tiene conto del pescaggio dei

porti e del dispositivo di scarico disponibile. Occorre, poi, determinare la dimensione ottimale del deposito che dipende, quindi, dalla grandezza della nave, dalla vendita di cemento durante le operazioni di scarico e dalla "buffer capacity", ovvero da quella quantità di cemento cuscinetto necessaria a tener conto dell'irregolarità della navigazione e della variabilità delle vendite. La *buffer capacity* dipende dal tempo di carico della nave nel porto di partenza, dal tempo di scarico nel porto di arrivo, dal tempo minimo e massimo di navigazione, dalla minima e massima deviazione dalla vendita media.





Il terminale di Ravenna

È un moderno deposito da 15.000 tonnellate, di estensione 40 x 60 metri, del tipo *flat storage*, con fondo fluidificato, completamente automatizzato, diviso in quattro compartimenti per lo stoccaggio di differenti prodotti: due compartimenti da 5.000 tonnellate (foto 6) e due da 2.500 tonnellate (foto 3). Le pareti sono in calcestruzzo, del tipo prefabbricato e raggiungono un'altezza, fuori terra, di 8 metri; la chiusura a tetto del deposito è di tipo tradizionale, formata da capriate poggianti su pilastri indipendenti dalle pareti stesse. La scelta di questa soluzione è stata orientata da:

- il tipo di terreno su cui insiste il deposito (terreno "morbido", formato con cassa di colmata su una palude, soggetto a cedimenti assoluti e differenziali elevati, anche sotto carichi modesti del valore di 0,8 kg/cm²);
- l'attenzione all'impatto ambientale, con adozione di fabbricati chiusi e muniti di un sistema di depolverazione;
- l'estrazione automatica del cemento senza intervento di alcun operatore con pala. Un cenno particolare merita lo studio affrontato per la determinazione delle fon-

dazioni appropriate. L'indagine geomorfologica del terreno, su cui insiste il terminale, ha mostrato che, sino ad una profondità di 28 m, è presente un'alternanza continua di strati di sabbia e di argilla limosa, con elevate caratteristiche di deformabilità sotto carico. La scelta dei silo quale configurazione del deposito avrebbe comportato l'adozione di fondazioni profonde con pali di grande diametro, sino a 28 metri. Il *flat storage* consente, invece, fondazioni di tipo diretto con notevole riduzione del costo di investimento. Per ciò che attiene ai cedimenti, che secondo calcolo teorico sono risultati essere di circa 55 cm, la soluzione adottata è stata quella di precaricare il terreno con un terrapieno avente un sovraccarico di 1,5 volte superiore a quello di esercizio per tutta l'area di sedime del manufatto; inoltre, sono stati posti degli assestimetri per il controllo dei cedimenti. Il valore effettivamente riscontrato, dopo cinque mesi di permanenza del sovraccarico, è stato di 62 cm di cedimento. A scarico del terrapieno si è misurato un innalzamento di circa 8 cm, a dimostrazione che l'effetto di deformazione residua è risultato basso e compatibile con gli impianti previsti. Il deposito potrà in futuro essere am-

pliato, sino a 30.000 t, per consentire l'uso di navi sino a 22.000 d.w.t. (dead weight ton), idonee per fondali fino a 10,5 metri. È stato realizzato in zona retrostante una banchina di 7500 m², della quale la società è concessionaria e per la quale è autorizzata all'esercizio di impresa portuale.

Gli impianti e le macchine

La scelta del dispositivo di scarico (si veda l'attrezzatura Siwertell nelle foto 4 e 7) è stata motivata da:

- la facilità di reperimento di navi *bulk-carriers*;
- una buona capacità di scarico con costi contenuti;
- la distanza del deposito dalla banchina (punto più lontano circa 130 m).

Il dispositivo scelto è di tipo meccanico, montato su un semirimorchio abilitato a transitare sulle strade pubbliche ed è attrezzato con quattro coclee montate su bracci oscillanti.

Le prime tre coclee si muovono nelle stive per il prelievo del cemento, la quarta permette di alimentare il sistema di macchine adibite al trasferimento del cemento al deposito.

Un motore diesel, accoppiato ad uno

idraulico, genera il moto delle coclee: la capacità oraria è pari a 300 t/h.

Il trasferimento del cemento dalla banchina al deposito è di tipo meccanico. Il sistema è composto da una coclea orizzontale che corre lungo banchina, da un elevatore di sollevamento e da canalette di distribuzione nei compartimenti del fabbricato. I fattori che hanno determinato la scelta sono stati:

- a) la salvaguardia dell'ambiente, con l'utilizzo di macchine chiuse e depolverate;
- b) il basso consumo d'energia del sistema meccanico rispetto a quello pneumatico: il risparmio energetico tra le due soluzioni è di circa 3 Kwh/t di cemento.

Nei depositi a fondo fluidificato (vedi foto 6), l'area di ogni comparto è suddivisa in settori con canalette fluidificate, che trasferiscono il cemento verso un tunnel trasversale, nel quale sono installate delle coclee che ricevono il cemento in sequenza temporizzata e lo convogliano in un sistema di elevatori e canalette di carico dei silii posti all'esterno.

La realizzazione del fondo pendente è stata effettuata con calcestruzzo alleggerito onde recuperare capacità di stoccaggio e sul fondo sono state montate 1300 canalette di varia lunghezza. Di tale realizzazione esiste un'applicazione simile ma la *Buzzi Unicem* ha il merito di aver apportato delle migliorie risultanti dalla lunga esperienza di gestione handling dei materiali.

Il sistema di carico delle autobotti (foto 9) è costituito da quattro silii della capacità di 180 t ciascuno, dotati a valle di un'attrezzatura atta a permettere il carico di un automezzo in soli sei minuti e con un procedimento self-service. Il numero complessivo di motori degli impianti è pari a 128, con una potenza installata globale di 950 Kw.



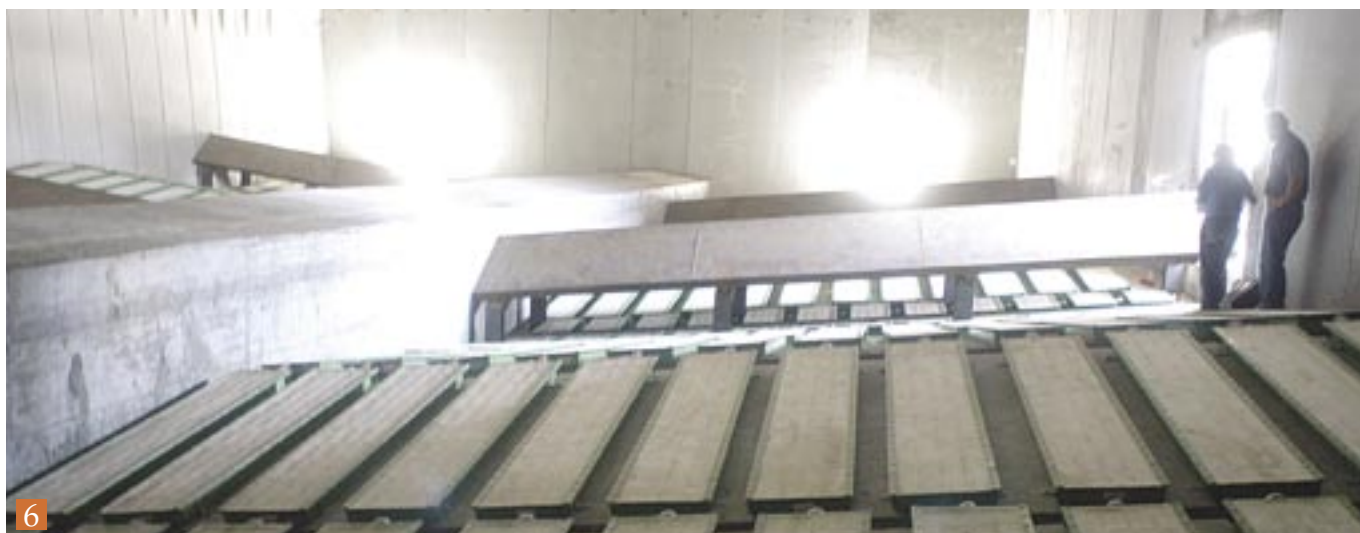
I terminali di Savona e Monfalcone

Altri due terminali italiani sono stati acquisiti in aree geografiche prossime a siti produttivi del Gruppo: sono di capacità più piccola e in entrambi i casi vengono utilizzati silii metallici. Vengono anche definiti "miniterminali" e rappresentano la soluzione più versatile per rispondere adeguatamente alle condizioni fluttuanti del mercato.

Hanno configurazione simile, si trovano a poca distanza dal ciglio della banchina (Savona a 40 metri e Monfalcone 20 metri) e sono ambedue alimentati da navi autoscaricanti.

Il deposito di **Savona** (foto 11 e 12) è costituito da una batteria di quattro silii metallici, ciascuno a pianta rettangolare, di 10,3 x 15,3 metri e altezza pari a 12,3 metri. La capacità totale di stoccaggio è pari a circa 5000 tonnellate. Ciascun silio è dotato di due punti di carico, filtro di depolverazione e valvole di sovrappressione.

L'estrazione avviene tramite due coclee, che ricevono il cemento da una serie di tramogge poste sul fondo del silio. Le coclee, la convogliatrice e la verticale, alimentano lo scaricatore telescopico del cemento sull'autobotte.





the quantity of cement sold annually and the technical procedures for unloading the cement from the holds.

The **self-unloading ship** has systems, generally pneumatic, on board that enable the unloading of the cement. Since the purpose is that of transferring the product from a storage in the ship's hold to a ground storage, the most commonly used system is the pneumatic hoist. Proportioning no longer being necessary, systems are used that are composed of pressure tanks for the transport of 30-40 kg of cement per m³ of air. It is necessary to pay due attention during the fitting of the ship's pneumatic system – the ships, normally, are not the property of the terminal operator – to the paths of the piping on the wharf (the so-called pipe resistance, diameters, curves, etc...).

The speeds inside the piping must be compatible, i.e., such as to not generate wear, undesired leaks of pressurized cement or continuous maintenance. Downstream, the storage must be equipped with a suitable de-dusting system, both for environmental problems and for the load overpressures. The pumping system proves to be very delicate for the control of the tuning components that refer to dimensional coefficients, taken from experimentation and inserted into the design calculations.

The **bulkcarrier ship** (photo 2) transports the cement in holds from which appropriate unloading devices positioned on the wharf, mechanical screw-conveyors or pneumatic devices, transfer the cement to the storage through prearranged systems.

The storages are constructed with typologies of various forms and sizes:

a) Iron or concrete silos. According to the size, the bottom is fluidified or conventional for unloading by gravity. The investment costs are elevated while the operative costs are low.

b) Floating terminals, ship hulls transformed into storages on the water. This is a necessary solution when a location on the wharf is unavailable; it is ideal along rivers or between nearby ports since the equipment can be moved easily. The investment costs and the operative costs are quite high.

c) Flat storage (photo 1). These have the form of warehouses; they stand on a large area and have a modest height. This is a widely spread solution due to its low investment cost, determined by the nature of the ground of the ports which is generally of scarce supporting capacity. The operative costs are higher than those of the silos since the recovery of the cement is normally performed by a worker with a shovel.

12

Esiste, inoltre, il sistema di carico cemento su vagone ferroviario.

Il deposito di **Monfalcone** (Go), come si vede nella foto 10 è costituito da tre sili cilindrici di diametro pari a 7,7 m ed altezza complessiva di circa 18 m. La capacità totale di stoccaggio è pari a circa 2500 t. La batteria dei tre sili è dotata di filtro di depolverazione mentre l'estrazione è effettuata da coclee inclinate che caricano direttamente le autobotti.

Ricordiamo infine che i depositi insistono su aree demaniali ed hanno diritto di precedenza sulla banchina pubblica.

The production and sales of cement have been, by tradition and for a long time, purely and typically regional activities that concern exclusively an area limited to a distance of 150-200 km from the productive sites. The cement terminal is notable for the transport ship, the unloading equipment, the systems dedicated to the transfer of the product and the configuration of the storage. The cement may be transported by sea with the so-called self-unloading cement ships or by means of the so-called bulkcarrier ships inside square-shaped holds. The size of the ship is a function of the draught of the port,



d) Domes. This is an alternative solution to the silos and to the flat storage, but it entails high investment costs, both for the construction and for the mechanical or fluidified cement recovery system.

The size of the storage is defined by the study of the combination of market factors and availability of suitable ships. The market study is based on the annual sales of the merchandise distributed by month and week, with particular attention to the variable peaks in sales.

The availability of the ship is a function of the times regarding the call and the effective availability in the loading port, and the subsequent choice takes into account the draught of the ports and the unloading device available.

Then it is necessary to determine the ideal size of the storage that depends, consequently, on the size of the ship, the sales of cement during the unloading operations and the necessary "buffer capacity", i.e., the quantity of buffer cement necessary to allow for the irregularity of the navigation and of the variability of sales.

The buffer capacity depends on the loading time of the ship in the port of departure, the unloading time in the port of arrival, the minimum and maximum time of navigation, and the minimum and maximum deviation in the average sales.

The Ravenna terminal

It is a modern storage of 15,000 tons of the flat storage type, 40 x 60 m, with a fluidified bottom and completely automated, divided into four compartments for the stockpiling of different products: two compartments of 5,000 tons (photo 6) and two of 2,500 tons (photo 3).

The walls are in precast concrete and reach a height, above ground, of 8 meters; the roof of the storage is of a traditional type, formed by roof trusses resting on supports independent from the walls themselves. The choice of this solution has been guided by:

- the type of ground on which the storage stands ("soft" ground, formed by a depositing site on a marsh, subject to elevated absolute and differential subsidence, even under modest loads of 0.8 kg/cm^2);
- the attention to the environmental impact with adoption of closed buildings equipped with a de-dusting system;
- automatic extraction of the cement without the intervention of any worker with a shovel. A particular mention should be given to the study performed for the determination of the appropriate foundation.

The geomorphologic investigation of the



ground on which the terminal rests demonstrated that, up to a depth of 28 m, there is a continuous alternation of layers of sand and muddy clay, with elevated deformability under weight. The choice of silos as the configuration of the storage would have entailed the adoption of deep foundations with piles of large diameter, up to 28 meters.

The flat storage allows for foundations of a direct type with a significant reduction in the investment cost.

Concerning the subsidence, which according to theoretical calculations are of about 55 cm, the solution adopted was that of pre-loading the ground with an embankment having an overload of 1.5 times greater than the exercise load for the entire area of the construction; furthermore, settlement gauges have been put in place for the verification of subsidence.

The value effectively observed, after five months of the overload, was 62 cm of subsidence. Upon the unloading of the embankment, a rising of approximately 8 cm was measured, demonstrating that the effect of residual deformation proves to be low and compatible with the foreseen installation.

The storage may be expanded in the future, up to 30,000 tons, to allow for the use of ships up to 22,000 d.w.t. (dead weight ton), suitable for depths up to 10.5 meters. It has been realized in an area to the rear of a wharf of 7500 m², of which the company is concessionaire and for which it is authorized to exercise port business.

The systems and the machines

The choice of the unloading device (see the Siwertell equipment in photos 4 and 7) was motivated by:

- the ease of locating bulk-carrier ships;
- a good unloading capacity with contained costs;
- the distance of the storage from the wharf (the furthest point is at about 130 m).

A mechanical device has been chosen, mounted on a semi-trailer licensed to transit on public roads and equipped with four screw conveyors mounted on rockers. The first three move in the holds for the extraction of the cement, while the fourth feeds the system of machines adapted to the transfer of the cement to the storage. A diesel engine, coupled to a hydraulic engine, generates the movement of the screw conveyors. The hourly capacity is equal to 300 tons.

The transfer of the cement from the wharf to the storage is mechanical. The system is composed of a horizontal screw conveyor that runs along the wharf, a lifting elevator and raceways for distribution into the compartments of the building. The factors that have determined this choice were:

a) the protection of the environment, through the use of closed and de-dusted machines;

b) the low energy consumption of the mechanical system compared with a pneumatic system: the energy savings between the two solutions is of approximately 3 kWh/t of cement.

The storage with a fluidified bottom (see photo of the largest storage number 6).

The area of each compartment is subdivided into sectors with fluidified raceways that transfer the cement towards the transversal tunnel in which the screw conveyors are installed that receive the cement in timed sequence and convey it into the system of loading elevators and raceways of the silos positioned outside.

The realization of the sloping bottom was carried out with lightened concrete in order to recover storage capacity; on the bottom 1300 raceways of various lengths have been mounted.

There exists a similar application of this type of realization, but the Buzzi Unicem company has the merit of having brought about improvements resulting from its long experience in the handling of the materials.

The loading system of the trucks (photo 9) is composed of four silos with the capacity of 180 tons each, equipped downstream with equipment suitable for enabling the loading of a motor vehicle in just six minutes and with a self-service procedure.

There are a total of 128 system engines with a global installed power of 950 kW.



The terminals of Savona and Monfalcone

Another two Italian terminals have been developed in geographic areas near productive sites of the Group: they are of smaller capacities and in both cases metal silos are used. They are also defined as "miniterminals" and represent the most versatile solution for suitably satisfying the fluctuating conditions of the market. They have a similar configuration, located a short distance from the wharfside (40 meters in Savona and 20 meters in Monfalcone), and both are fed by self-unloading ships.

The storage of **Savona** (photos 11 and 12) is composed of a group of four metal silos, each with a rectangular plan of 10.3 x 15.3 meters and a height of 12.3 meters. The total stockpiling capacity is equal to approximately 5000 tons. Each silo is equipped with two loading points, a de-dusting filter and overpressure valves. The extraction occurs by means of two screw conveyors that are fed from a series of hoppers located on the bottom of the silo. Screw conveyors and vertical augers feed the telescopic unloader of cement onto the truck. There is also a system for loading cement onto railroad cars.

The storage of **Monfalcone** (Gorizia), as you could see in the photo 10, is composed of three cylindrical silos of diameter equal to 7.7 m and a total height of about 18 m. The total stockpiling capacity is equal to approximately 2500 tons; the group of three silos is equipped with de-dusting filter while the extraction is performed by inclined screw conveyors that directly load the trucks.

The storages rest on state property and have the right of way on the public wharf.

