# Calcestruzzo con aggregati esposti: quattro interventi eseguiti in modo economico con la finitrice Wirtgen SP 1500

Quattro cantieri, quattro imprese appaltatrici, quattro Länder, un metodo di costruzione: la posa in opera di pavimentazioni in due strati di calcestruzzo con la finitrice a casseforme scorrevoli Wirtgen SP 1500 riscuote sempre più successo in Germania. Per il risanamento delle pavimentazioni autostradali in calcestruzzo sempre più progettisti puntano su questa tecnologia, visto che offre tanti vantaggi economici e tecnici.

Attualmente in Germania l’osservatore attento si imbatte in numerosi cantieri autostradali in cui l’intervento di ripristino prevede il getto in opera di una nuova pavimentazione in due strati di calcestruzzo, un metodo che consente di porre in opera in modo molto economico il calcestruzzo con aggregati esposti, caratterizzato da buone doti di fonoassorbenza e di rugosità. L’intervento si svolge come segue: su uno strato di fondazione di buona qualità e portanza viene posto in opera lo strato inferiore di calcestruzzo, che di solito ha uno spessore di 20-24 cm. Su di esso viene poi steso lo strato superiore di calcestruzzo (con aggregati esposti), che di norma ha uno spessore compreso tra 5 e 8 cm.

**Non tutti i calcestruzzi sono uguali**

La finitrice a casseforme scorrevoli posa in opera i due tipi di calcestruzzo in modo totalmente automatico e “fresco su fresco”. Sia il calcestruzzo per lo strato inferiore che quello per lo strato superiore (calcestruzzo con aggregati esposti) devono soddisfare gli stessi requisiti in termini di resistenza a compressione, a trazione per flessione e a trazione indiretta. Esistono tuttavia differenze nella composizione del calcestruzzo in riferimento alla curva granulometrica, alla dimensione massima dell’aggre­gato, al contenuto di cemento e ai requisiti richiesti agli aggregati. Mentre per lo strato inferiore sono sufficienti circa 350 kg di cemento al m³, per il calcestruzzo con aggregati esposti ne sono richiesti 420 kg al m³.

Nel calcestruzzo con aggregati esposti riveste particolare importanza l’aggregato grosso, ossia il materiale granulare di diametro superiore ai 2 mm. Al fine di conferire alla pavimentazione in calcestruzzo le richieste doti di rugosità, di fonoassorbenza e di resistenza agli agenti esterni nel tempo, trovano impiego esclusivamente graniglie pregiate con elevati requisiti in termini di percentuale di superfici frantumate, forma dei granuli e resistenza alla levigabilità.

Dopo la posa in opera dei due strati di calcestruzzo una TCM, la macchina per il trattamento superficiale Wirtgen complementare alla finitrice SP 1500, applica in modo omogeneo sulla superficie appena lisciata un agente ritardante della presa. In funzione delle condizioni climatiche al contorno, poche ore dopo la realizzazione della pavimentazione in calcestruzzo la superficie viene trattata con la tecnica dell’esposizio­ne degli aggregati in superficie mediante spazzolatura. Si ottiene così una superficie ruvida con un alto numero di picchi di profilo e una tessitura in grado di mantenere a lungo basso il livello di rumore di rotolamento.

Quattro progetti tipici mostrano i vantaggi di questo metodo di costruzione ed evidenziano con quali caratteristiche le finitrici Wirtgen modello SP 1500 (a quattro cingoli) ed SP 1500 L (a due cingoli) assicurano il successo decisivo. Tre interventi hanno interessato il risanamento di pavimentazioni in calcestruzzo vecchie ormai 30-40 anni. Nel quarto progetto, in Sassonia-Anhalt, è stato ripristinato un tratto autostradale interessato dal degrado per reazione alcali-silice (ASR).

* Risanamento di un tratto di 4,5 km dell’autostrada A1 nei pressi di Treviri (Renania-Palatinato) da parte della Berger Bau
* Risanamento di un tratto di 4,8 km soggetto a degrado per ASR dell’autostrada A9 nei pressi di Weißenfels (Sassonia-Anhalt) da parte della Max Bögl
* Risanamento di un tratto di 2,3 km dell’autostrada A5 nei pressi di Karlsruhe (Baden-Württemberg) da parte della Bickhardt Bau
* Risanamento di un tratto di 5,3 km dell’autostrada A1 nei pressi di Lubecca (Schleswig-Holstein) da parte della Eurovia Beton

**Posa in opera di due strati di calcestruzzo: alta qualità a fronte di costi ridotti**

Una delle ragioni del boom delle pavimentazioni in due strati di calcestruzzo realizzate con il treno di stesa Wirtgen SP 1500 è la sua economicità: questo metodo riduce in misura sensibile i costi di costruzione per via dei differenti requisiti richiesti al calcestruzzo per lo strato inferiore e al calcestruzzo con aggregati esposti. Nel cantiere sulla A1 nei pressi di Treviri, ad esempio, la Berger Bau ha posto in opera con l’SP 1500 uno strato inferiore spesso 20 cm con un conglomerato costituito da 360 kg di cemento al m³ di calcestruzzo e aggregati con granulometria massima di 22 mm. Lo strato superiore da 6 cm, invece, è costituito da un conglomerato di alta qualità con 420 kg di cemento al m³ di calcestruzzo e una graniglia pregiata 2/8.

*La logistica dei materiali da costruzione quale sfida*

La grande sfida di questo metodo di costruzione è la logistica: sono necessari due differenti materiali da costruzione, che devono essere disponibili al momento giusto nella quantità giusta e nel luogo giusto, poiché vengono posti in opera “fresco su fresco”.

Tecnicamente questo processo si svolge come segue: il calcestruzzo per lo strato inferiore viene scaricato direttamente davanti alla finitrice. Il calcestruzzo per lo strato superiore viene convogliato alla seconda macchina per mezzo di un nastro di alimentazione. A tale scopo l’autobetoniera scarica il calcestruzzo direttamente in una tramoggia o in un contenitore intermedio – ogni impresa di costruzioni sviluppa un proprio processo specifico. L’ulteriore procedura è di nuovo uguale per tutti: per mezzo di nastri trasportatori e di uno scivolo all’estremità del nastro il calcestruzzo per lo strato superiore viene scaricato dietro la prima finitrice, sullo strato inferiore appena compattato.

La chiave del successo nella stesa è il rifornimento sufficiente dei due tipi di calcestruzzo. Non c’è dunque da stupirsi che Christoph Hofmeister, caposettore presso la Max Bögl, indichi la logistica come la maggiore sfida nella posa in opera di pavimentazioni in due strati di calcestruzzo: “Per il progetto sulla A9, durante la fase di posa in opera abbiamo in circolazione 45 autoarticolati e movimentiamo ogni giorno 6500–7000 t di sabbia, ghiaia e graniglia, a cui si aggiungono 27 camion carichi di cemento, equivalenti a 750 t circa di legante. Il calcestruzzo viene confezionato nel nostro impianto di betonaggio con una capacità produttiva nominale di 300 m³/h, che è attualmente l’impianto mobile più grande al mondo. La costruzione di questa pavimentazione in calcestruzzo è un sistema complesso formato da macchina, materiale, condizioni meteorologiche e ambientali – e dalle persone. Per la buona riuscita del lavoro, da un lato i macchinari devono funzionare in maniera impeccabile e dall’altro gli operai devono lavorare di concerto e comunicare tra loro in modo chiaro”.

**Wirtgen SP 1500: un treno di stesa formato da due macchine**

Se la logistica è ben organizzata, le soluzioni tecniche intelligenti delle macchine Wirtgen assicurano una posa in opera precisa e di alta qualità. I vari sottoprocessi sono ripartiti su due macchine: le attrezzature posa-barre di trasferimento e di legatura sono installate sulla finitrice dello strato inferiore, mentre la finitrice dello strato superiore spiana la superficie con i livellatori trasversale e longitudinale. Entrambe le finitrici a casseforme scorrevoli sono dotate di un intelligente sistema di controllo, che rende possibile un risultato di stesa ideale. Infine una macchina per il trattamento superficiale modello TCM 1800 conferisce alla pavimentazione la finitura superficiale richiesta.

*Intelligenti attrezzature posa-barre di trasferimento e di legatura*

Tra le caratteristiche tecniche salienti della finitrice Wirtgen SP 1500 vanno annoverate le attrezzature posa-barre integrate. Si tratta di unità totalmente automatizzate, in grado di annegare nel calcestruzzo fresco precompattato barre di trasferimento e di legatura a interassi liberamente definibili. La posa delle barre di trasferimento è risolta in modo intelligente: per permettere un avanzamento continuo della finitrice a casseforme scorrevoli, l’attrezzatura posa-barre di trasferimento rimane ferma sopra il giunto trasversale fino al completamento del processo di posa delle barre. L’intero ciclo operativo è monitorato elettronicamente, per cui tutte le barre di trasferimento risultano posizionate correttamente. Nei progetti qui descritti la tipica posizione delle barre di trasferimento era al centro delle pavimentazioni in calcestruzzo finite, cioè a 14-15 cm di profondità, esattamente come prescritto dalla normativa ZTV Beton (Specifiche tecniche aggiuntive e linee guida per la realizzazione di pavimentazioni stradali in calcestruzzo). I livellatori trasversale e longitudinale, facenti parte della finitrice dello strato superiore, creano poi una superficie liscia, piana e omogenea.

*Sensori sulla parete anteriore e il controllo proporzionale assicurano la planarità*

Per ottenere la massima planarità possibile delle pavimentazioni stradali, tre delle quattro imprese di costruzioni si servono dei sensori specificamente sviluppati per la regolazione in altezza della parete anteriore. Essi misurano costantemente il livello del calcestruzzo nella zona di costipamento e regolano opportunamente l’altezza da terra della parete anteriore. Così nella zona di costipamento giunge sempre esattamente la quantità di calcestruzzo richiesta. Dirk Böttcher, il capo progetto della Eurovia Beton, ne spiega il vantaggio: “Ciò riduce il carico di lavoro dei conduttori delle finitrici, specie quando per formare lo strato superiore si deve posare in opera solo uno strato sottile di calcestruzzo”.

Un’ulteriore caratteristica di qualità nella posa in opera del calcestruzzo con l’SP 1500 è il controllo proporzionale, evoluto e ampiamente collaudato nel corso di molti anni. Il conduttore della macchina vede sul quadro di comando principale tutti i parametri necessari per la stesa. Il controllo adegua l’altezza da terra in modo rapido e preciso senza sovraelongazione. Il risultato: pavimentazioni stradali planari – una caratteristica di qualità che, come emerge da studi recenti, garantisce un buon comfort di viaggio contribuendo anche alla riduzione del rumore.

*Post-trattamento con la TCM 1800*

Durante la posa in opera del calcestruzzo con aggregati esposti riveste grande importanza anche il post-trattamento. La macchina per il trattamento superficiale Wirtgen TCM può essere attrezzata con spazzole o con rastrelli che conferiscono alla pavimentazione una tessitura superficiale definita. Per il calcestruzzo con aggregati esposti ciò non è necessario.

In questo caso si applica sulla superficie perfettamente spianata, in quantità esattamente dosate, una combinazione di agenti formata da un ritardante superficiale della presa e un coadiuvante di stagionatura in dispersione acquosa. Il ritardante inibisce per un tempo limitato la solidificazione e la presa iniziale dello strato superficiale (ca. 1 mm) del calcestruzzo, mentre la dispersione ne impedisce la precoce disidratazione e quindi la formazione di fessure superficiali. Non appena il calcestruzzo è sufficientemente indurito e quindi transitabile con le macchine, si procede all’esposizione degli aggregati in superficie mediante spazzolatura. In seguito si applica di nuovo sulla superficie spazzolata un coadiuvante di stagionatura in dispersione acquosa. L’esposi­zione degli aggregati in superficie conferisce alla pavimentazione in calcestruzzo il coefficiente di aderenza richiesto, che in seguito contribuirà in misura determinante alla sicurezza della circolazione stradale.

*È possibile attrezzare la macchina con varie casseforme*

Con il modello SP 1500 Wirtgen propone una finitrice a casseforme scorrevoli molto versatile, con cui si possono soddisfare i più svariati requisiti nella costruzione delle pavimentazioni stradali. Ne sono un esempio le casseforme. In tre dei progetti autostradali la pavimentazione in calcestruzzo è stata posta in opera sulla fondazione esistente con la tecnica delle casseforme scorrevoli. Sull’autostrada A5 il primo tratto è stato realizzato nello stesso modo, ma dopo 1 km la carreggiata doveva essere raccordata alle canalette fessurate precedentemente poste in opera. La squadra della Bickhardt Bau ha montato in pochissimo tempo la casseratura laterale idraulica “a lavori in corso”. Questa flessibilità è possibile perché Wirtgen ha sviluppato la finitrice SP 1500 come macchina modulare con interfacce intelligenti.

*Flessibilità anche nella larghezza di stesa*

La modularità offre agli utenti dell’SP 1500 anche la massima flessibilità nella larghezza di stesa. La Berger Bau, ad esempio, ha realizzato lungo la A1 una carreggiata larga 11,50 m. Il tratto della A5 nei pressi di Karlsruhe-Durlach è stato rinnovato dalla Bickhardt Bau con l’SP 1500 con larghezze operative variabili di 12,50 m e 15,00 m, mentre la Max Bögl ha dovuto porre in opera una pavimentazione in calcestruzzo a tre corsie di marcia più la corsia d’emergenza per una larghezza totale di 15,00 m. Sulla A1 nei pressi di Lubecca, invece, la Eurovia Beton ha operato con l’SP 1500 estesa alla massima larghezza. In tale cantiere era richiesta una larghezza operativa di ben 15,25 m.

*A scelta con due o quattro cingoli*

Wirtgen propone la finitrice SP 1500 sia in versione a due cingoli che in versione a quattro cingoli. Michael Niedermaier, direttore lavori di costruzione di pavimentazioni stradali in calcestruzzo presso la Berger Bau, spiega perché ha optato per la versione a quattro cingoli: “In Germania vengono appaltati molti lotti piccoli. Per questo la nostra SP 1500 deve essere spostata e trasportata di frequente – e per tale eventualità le macchine a quattro cingoli offrono la necessaria flessibilità. Rispetto alle macchine a due cingoli risultano più facili anche gli spostamenti in senso longitudinale al termine del tratto da pavimentare in calcestruzzo, ad esempio per superare un cavalcavia”.

Jörg Ackermann, caposquadra di stesa presso la Bickhardt Bau, lo conferma: “Nel nostro cantiere lungo l’autostrada A5 l’SP 1500 ha operato in diversi tratti, per cui abbiamo dovuto trasportare la macchina anche sopra ponti. Inoltre ci torna utile la contenuta larghezza in assetto di trasporto, che permette di spostare rapidamente la macchina senza dover eseguire troppe operazioni di montaggio e smontaggio”.

Christoph Hofmeister della Max Bögl conosce altre due ragioni che depongono a favore delle macchine a quattro cingoli: “Nella versione a quattro cingoli della finitrice dello strato inferiore l’attrezzatura posa-barre di trasferimento è collocata tra i cingoli. Tale configurazione permette di monitorarla e accedervi meglio. E, non da ultimo, specialmente la versione a quattro cingoli della finitrice dello strato superiore poggia più stabilmente sul suolo, dal momento che la geometria ottenuta con i bracci girevoli determina una più favorevole distanza di leva e un rapporto di forze e di torsione ottimale”.

Inoltre Wirtgen offre numerose opzioni con cui le imprese di costruzioni possono configurare l’SP 1500 in base alle esigenze individuali. La Eurovia Beton, ad esempio, ha equipaggiato la finitrice dello strato superiore con due telecamere attraverso le quali l’operatore ha sempre sott’occhio il calcestruzzo finito.

Anche i vibratori sono disponibili in diverse varianti. Per il costipamento dello strato superiore di calcestruzzo, tre delle quattro imprese di costruzioni puntano ad esempio su vibratori elettrici a T, particolarmente indicati per la posa in opera di strati sottili. La Bickhardt Bau preferisce un’altra soluzione, che prevede l’impiego di telai vibranti con vibratori esterni.

**Una macchina ad alte prestazioni intelligente**

A prescindere dalle dotazioni delle varie finitrici, le quattro imprese hanno conseguito, a seconda della larghezza e dello spessore di stesa, produzioni giornaliere di 550 m lavorando in un unico turno e fino a 1100 m lavorando 24 ore su 24. Una prestazione di tutto rispetto, per la quale Jörg Ackermann, caposquadra di stesa presso la Bickhardt Bau con all’attivo 25 anni nel settore delle opere in calcestruzzo, ha trovato una metafora celeste: “Questo metodo di costruzione è simile a un ruotismo epicicloidale: ci sono molti elementi importanti per il successo, ma è la finitrice a casseforme scorrevoli Wirtgen a scandire il tempo. È lei il nostro ingranaggio planetario”.

**Dati dei cantieri**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Berger Bau** | **Bickhardt** | **Max Bögl** | **Eurovia** |
| Autostrada | A1 nei pressi di Treviri | A5 nei pressi di Karlsruhe-Durlach | A9 nei pressi di Weißenfels | A1 nei pressi di Lubecca |
| Lunghezza | 4,5 km | 2,3 km | 4,8 km | 5,3 km |
| Larghezza | 11,50 m | 12,50 m o 15,00 m | 15,00 m | 15,25 m |
| Sottofondo | Strato di base in conglomerato bituminoso da 10 cm | Strato consolidato da 20 cm, geotessile non tessuto per il contenimento delle fessurazioni riflesse | Strato consolidato, strato di fondazione in misto granulare da 30 cm, strato di base in conglomerato bituminoso da 20 cm | Strato consolidato da 20 cm, posto in opera con la finitrice dello strato inferiore e compattato con rulli monotamburo |
| Spessore dello strato di calcestruzzo inferiore | 20 cm | 22 cm | 24 cm | 22 cm |
| Classe di resistenza del calcestruzzo per lo strato inferiore | C 30/37 | C 30/37 | C 30/37 | C 30/37 |
| Dimensione massima dell’aggregato del calcestruzzo per lo strato inferiore | 0/22 | 0/32 | 0/22 | 0/32 |
| Spessore dello strato di calcestruzzo superiore | 6 cm | 5 cm | 5 cm | 5 cm |
| Classe di resistenza del calcestruzzo per lo strato superiore | C 30/37 | C 30/37 | C 30/37 | C 30/37 |
| Dimensione massima dell’aggregato del calcestruzzo per lo strato superiore | 0/8 | 0/8 | 0/8 | 0/8 |
| Capacità produttiva ca. | 500 m/turno | 1100 m/24 h | 550 m/turno | 450 m/turno |

Foto:

|  |  |
| --- | --- |
|  | SP1500\_01733 La squadra di stesa della Bickhard Bau ha lavorato 24 ore su 24 sull’autostrada A5 nei pressi di Karlsruhe-Durlach. In questo cantiere la finitrice per calcestruzzo Wirtgen SP 1500 si è fatta apprezzare per la sua flessibilità, che ha consentito di riattrezzare la macchina in pochissimo tempo dopo 1 km a lavori in corso. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | SP1500\_01566\_HI Secondo Jörg Ackermann, caposquadra di stesa presso la Bickhardt Bau, anche la contenuta larghezza in assetto di trasporto della Wirtgen SP 1500 costituisce un grande vantaggio: consente infatti di spostare rapidamente la macchina senza dover eseguire troppe operazioni di montaggio e smontaggio. Ciò permette di risparmiare tempo, ad esempio nel cantiere sulla A5, dove l’SP 1500 ha operato in diversi tratti. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | SP1500\_01601\_HI La macchina per il trattamento superficiale Wirtgen TCM 1800 applica sul calcestruzzo appena posto in opera dall’SP 1500 una combinazione di ritardante superficiale della presa e coadiuvante di stagionatura in dispersione acquosa. In questo modo la superficie di calcestruzzo fresco viene protetta contro la precoce disidratazione e la presa iniziale dello strato superficiale (ca. 1 mm) viene ritardata per un tempo limitato. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | SP1500\_01440\_HI Lungo la A1 nei pressi di Treviri la Berger Bau è riuscita a realizzare 500 metri di autostrada al giorno, avanzando con una velocità di ca. 50 m/h con il treno di stesa Wirtgen SP 1500. Per mezzo di un nastro convogliatore il calcestruzzo per lo strato superiore viene deposto dietro la prima finitrice sul primo strato di calcestruzzo già compattato, dove viene subito posto in opera dalla seconda finitrice a casseforme scorrevoli. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | SP1500\_01518\_HI Rudolf Moser, capomastro presso la Berger Bau, lavora ormai da 25 anni nel settore delle opere in calcestruzzo e ha accompagnato anche l’intervento sull’autostrada A1 nei pressi di Treviri. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | SP1500\_01822\_HI Nel cantiere sull’autostrada A9, gestito dalla Max Bögl, ha lavorato contemporaneamente una settantina di persone. Oltre ai due operatori delle due finitrici per calcestruzzo Wirtgen SP 1500, la squadra di cantiere comprendeva il personale a terra, gli operatori dell’impianto di betonaggio e i camionisti. Questi ultimi hanno provveduto alla fornitura del calcestruzzo fresco a piè d’opera. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | SP1500\_01852\_HI La costruzione di una pavimentazione in calcestruzzo è un sistema complesso formato da macchina, materiale, condizioni meteorologiche e ambientali – e dalle persone. Christoph Hofmeister, caposettore presso la Max Bögl, indica pertanto la logistica come la maggiore sfida nella posa in opera di pavimentazioni in due strati di calcestruzzo. Apprezza soprattutto la stabilità della finitrice dello strato superiore nella versione a quattro cingoli, come la Wirtgen SP 1500. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | SP1500\_01901\_HI Il geotessile non tessuto posato sulla fondazione esistente impedisce la propagazione delle fessurazioni di riflesso nella pavimentazione in calcestruzzo. In questo modo la Eurovia ha posto in opera con le finitrici a casseforme scorrevoli Wirtgen SP 1500 L ed SP 1500 due strati di calcestruzzo con una larghezza operativa di 15,25 m su un tratto di 5,3 km dell’autostrada A1 nei pressi di Lubecca. |

*Nota: Queste foto servono soltanto per la visualizzazione in anteprima. Per la stampa nelle pubblicazioni vi preghiamo di usare le foto in risoluzione 300 dpi, scaricabili dai siti web della Wirtgen GmbH e del Wirtgen Group.*

|  |  |
| --- | --- |
| Per maggiori informazioni vogliate contattare:  WIRTGEN GmbH  Corporate Communications  Michaela Adams, Mario Linnemann  Reinhard-Wirtgen-Straße 2  53578 Windhagen  Germania  Telefono: +49 (0) 2645 131 – 0  Telefax: +49 (0) 2645 131 – 499  E-mail: presse@wirtgen.com  www.wirtgen.com |  |