

IL CONTROLLO DELLE ACQUE NEL NUOVO TUNNEL DELL'A1

PER REALIZZARE IL TUNNEL SANTA LUCIA, LUNGO 7,7 KM, NEL TRATTO IN COSTRUZIONE DELL'A1 BOLOGNA-FIRENZE, È IN OPERA LA PIÙ GRANDE FRESA DI SCAVO IN FUNZIONE AL MONDO. L'ARTICOLO ILLUSTRA IL SISTEMA DI MONITORAGGIO IN CONTINUO DEI TENSOATTIVI ANIONICI, UTILIZZATI IN GRANDE QUANTITÀ, NELLE ACQUE REFLUE DEL CANTIERE.

Il completamento della terza corsia sull'A1 Bologna-Firenze prevede la realizzazione di un tunnel di 7,7 km, denominato Santa Lucia che sostituirà nove gallerie e i sei viadotti. Per realizzare la galleria è utilizzata una fresa di grandi dimensioni (foto 1) e, a oggi, sono stati realizzati i primi 1600 metri. La "talpa", è un "colosso Europeo", è la più grande fresa in funzione al mondo, utilizza acqua addizionata da tensioattivi anionici per permettere al materiale di scavo di raggiungere la consistenza di pastosità utile all'estrazione attraverso una coclea. Per la prima volta, in opere del genere, è stato previsto il monitoraggio in continuo dei tensioattivi anionici nelle acque reflue provenienti dai depuratori del cantiere, nel punto di scarico in acque superficiali. Di seguito viene illustrata la tecnica di scavo, la stazione di controllo delle acque e si presentano i dati di monitoraggio in continuo dei primi otto mesi di attività.

Il tunnel

Il tratto in costruzione tra Barberino di Mugello e Firenze Nord della terza corsia dell'autostrada A1, si sviluppa per 17 km di lunghezza, si colloca interamente in provincia di Firenze, attraversando i comuni di Barberino di Mugello e Calenzano.

La variante di tracciato, in carreggiata sud, con la nuova galleria Santa Lucia, parte subito dopo la fine della Variante di Valico, nel comune di Barberino di Mugello, e termina dopo la galleria Ragnaia del tracciato esistente, nel comune di Calenzano, per una lunghezza complessiva di circa 8.084 metri. Di questi 8 km, ben 7734 metri sono costituiti da un'unica galleria, la Santa Lucia, che dà il nome alla variante, realizzata tramite uno scavo circolare con



1

diametro esterno di 16,0 metri e raggio interno di 7,15 metri.

Lo scavo della galleria avviene con l'utilizzo di una macchina Tbm (*Tunnel Boring Machine*) che garantisce la possibilità di attraversare sia la roccia consistente e dura, sia quella più problematica e instabile, fornendo una contropinta al fronte di scavo (Epb, *Earth Pressure Balance*).

Il principio di funzionamento, che la differenzia da altre tipologie di macchine Tbm, consiste nel bilanciamento delle pressioni in testa, che avviene all'interno di una camera di scavo, a tergo della testa fresante, attraverso lo stesso materiale

scavato, addizionato con particolari sostanze chimiche. Tale operazione è conosciuta come *Soil Conditioning* e viene effettuata attraverso l'ausilio di agenti tensioattivi anionici. La scelta e il dosaggio degli additivi avviene in funzione della tipologia di materiale da trattare. Gli agenti condizionanti permettono al materiale di raggiungere il livello di pastosità necessario per poter essere agevolmente estratto da una coclea, oltre che permettere il trasferimento della pressione di supporto, dalla paratia al fronte di scavo. Inoltre questi prodotti chimici sono ottimi lubrificanti e riducono l'usura sugli utensili di scavo.

1 Tunnel Boring Machine (TBM) Earth Pressure Balance (EPB).

Area di deposito Bellosguardo

Il progetto prevede il riutilizzo del materiale di scavo in loco, per il rimodellamento morfologico di un'area adiacente all'imbocco della galleria, destinata alla realizzazione di una grande area di servizio autostradale.

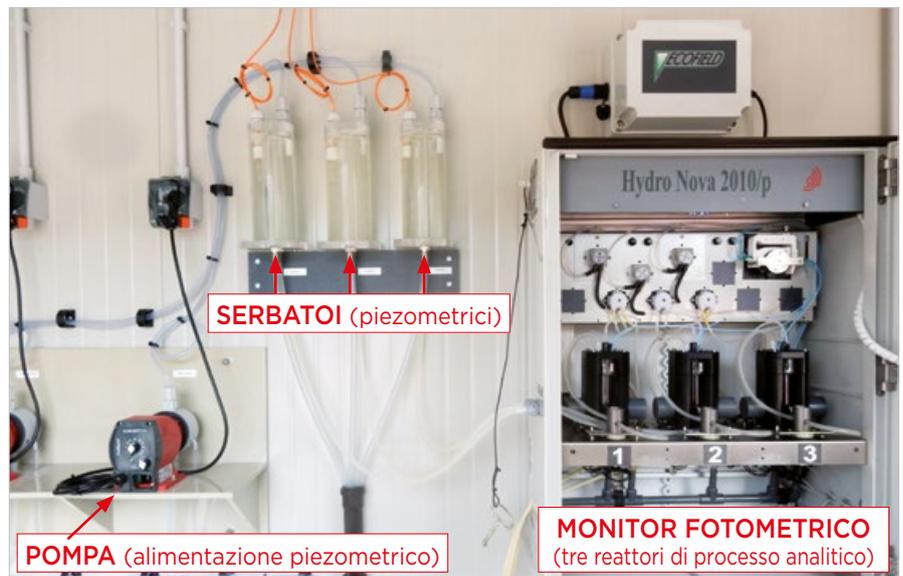
Prima di essere utilizzato durante le fasi di costruzione e riempimento, il materiale in uscita dalla galleria viene convogliato, tramite nastro trasportatore, verso dieci vasche di caratterizzazione e deposito temporaneo. In queste vasche avviene la naturale biodegradazione del tensioattivo anionico, utilizzato come additivo nello scavo. Al termine di un determinato periodo di maturazione, il terreno è sottoposto a specifici test eco-tossicologici, stabiliti dal Tavolo tecnico composto da Ispra, Autostrade per l'Italia, Pavimental Spa, Irsa-Cnr, Iss e Arpat. Nel caso gli eco-test diano esito positivo, il materiale contenuto all'interno di quella particolare vasca sarà impiegato nel rimodellamento definitivo dell'area, mentre in caso negativo, il test è ripetuto dopo un ulteriore periodo di maturazione, oppure si procede al suo smaltimento come rifiuto.

Impianti di depurazione

Nell'area di Bellosguardo sono attualmente presenti due impianti di depurazione delle acque. Gli impianti, tramite una rete di fossi e vasche di accumulo, raccolgono e trattano le precipitazioni dilavanti l'area prima dello scarico nei corsi idrici superficiali. Un impianto, quello di potenzialità minore, è di tipo chimico-fisico ed è composto da una fase di neutralizzazione, una fase di chiari-flocculazione e un passaggio in filtri a carboni attivi per la rimozione dei tensioattivi. L'altro impianto, di potenzialità maggiore, è di tipo chimico-fisico-biologico, presenta, oltre alle fasi di neutralizzazione e chiari-flocculazione, anche una vasca di ossidazione biologica dei tensioattivi tramite trattamento a fanghi attivi. In entrambe le uscite degli impianti sono presenti pozzetti di ispezione, prelievo dei campioni per i necessari controlli di laboratorio e di captazione di acque per la stazione di monitoraggio in continuo dei tensioattivi anionici.



2



3

Salvaguardia delle risorse idriche

La costante possibilità di presenza di tensioattivi anionici nei terreni movimentati durante le fasi di cantiere ha imposto la necessità di integrare, nell'attività di monitoraggio ambientale delle acque, questo importante parametro. Nel documento autorizzativo *Soglie di azione per il monitoraggio ambientale* e in dettaglio nell'ambito del successivo *Piano di monitoraggio integrativo* per il Piano di utilizzo delle terre per il lotto 2 dell'opera, sono stati definiti valori limite molto più restrittivi e inferiori ai limiti di scarico in acque superficiali (allarme 0,2 mg/l, attenzione 0,1 mg/l). L'eventuale superamento di tali limiti comporta l'immediata attivazione di tre diversi livelli di procedure di emergenza che garantiscono il mantenimento degli standard qualitativi delle risorse idriche. Per avere sempre sotto controllo la situazione degli scarichi, con il particolare

riferimento ai tensioattivi anionici, è stata prevista l'installazione di una cabina d'analisi per il monitoraggio in continuo di tali sostanze (foto 2). Questo sistema consente di prevedere e prevenire anomalie di funzionamento degli impianti di depurazione, in tempo quasi reale, senza dover attendere i lunghi tempi dovuti alle procedure di campionamento e alle analisi eseguite in laboratorio. All'interno della cabina (foto 3) ci sono tre separati reattori che analizzano i campioni prelevati a intervalli regolari dalle uscite dei due impianti di depurazione acque dell'area di Bellosguardo; il primo impianto di tipo chimico-fisico, il secondo di tipo chimico-fisico-biologico. Il terzo reattore analitico è lasciato "libero" per effettuare misure su altre acque di cantiere. La determinazione dei tensioattivi di tipo anionico avviene con una frequenza di 2 ore, regolabile in base agli effettivi scarichi degli impianti. La metodologia d'analisi utilizzata dall'unità

2 Container dell'unità di monitoraggio in continuo dei tensioattivi anionici Ecofield.

3 Il monitor fotometrico tri-canale Hydronova-Ecofield per il monitoraggio dei tensioattivi anionici.

di monitoraggio deriva dalla procedura di laboratorio, e dal metodo ufficiale d'analisi; si basa sulla formazione di un complesso solubile in cloroformio fra il tensioattivo anionico e il colorante cationico *blu di metilene* (BM). Poiché il blu di metilene libero è solubile in acqua e insolubile in cloroformio, la quantità di colore del complesso tensioattivo-BM estratta nella fase cloroformica, risulta direttamente proporzionale alla concentrazione dei tensioattivi anionici presenti nel campione. La lettura fotometrica viene effettuata a 650 nm. La validazione dei dati del monitoraggio della centralina è garantita sia da *Quality Control* (QC) interni effettuati con cadenza trimestrale e standard certificati. Inoltre, in occasione dei campionamenti effettuati presso l'impianto, che avvengono con cadenza trimestrale e in corrispondenza di eventi meteorici, si effettua il confronto dei dati della centralina con quelli eseguiti in un laboratorio esterno (*tabella 1*). Il laboratorio ha eseguito le analisi con il metodo Irsa-Cnr per i tensioattivi anionici.

Conclusioni

I dati di *figura 1 e 2* mostrano come i due stadi di biodegradazione del tensioattivo anionico (nella vasca di caratterizzazione e nel depuratore) sono più che sufficienti per il rispetto dei limiti normativi allo scarico in acque superficiali.

I dati provenienti dalla centralina sono utilizzati per avere un riscontro della effettiva funzionalità dell'impianto e come controllo, in tempi molto più rapidi rispetto a quelli provenienti dal laboratorio chimico tradizionale.

I risultati del controllo di qualità (QC) sono eseguiti somministrando all'unità di monitoraggio un campione standard di tensioattivi anionici, come se fosse un campione incognito. I dati d'analisi mostrano la grande stabilità e un'assoluta riproducibilità delle misure anche a distanza di molto tempo.

L'affidabilità dei dati forniti dalle unità di monitoraggio in continuo è confermata anche dal confronto dei dati della centralina stessa con i risultati delle analisi eseguite in un laboratorio tradizionale sui medesimi campioni (*tabella 1*).

I vantaggi di questa tecnologia sono:

- la semplicità di utilizzo
- l'elevato grado di automazione
- la rapidità di misura.

L'analisi ha una durata di 9-10 minuti e ciò consente di disporre un elevato numero di controlli nell'arco della giornata. I dati

registrati su memoria interna possono essere visionati direttamente in cabina o esportati in diversi formati.

Il metodo di scavo, tra i più moderni e imponenti usati in Europa, prevede elevati livelli di sicurezza e rapidità dello scavo. L'uso di elevati quantitativi di tensioattivi anionici per rendere plastico ed estraibile il materiale di scavo, grazie al sistema di monitoraggio in continuo, consente di prevenire scarichi oltre i limiti autorizzati, di ottimizzare i tempi di maturazione delle terre di scavo per il loro riutilizzo e, con essi, di salvaguardare le risorse idriche superficiali e sotterranee dai rischi di inquinamento chimico.

Franco Scarponi¹, Stefano Folini², Armando Bedendo³

1. Università di Bologna, Consulente tecnico
2. Pavimental-Barberino infrastrutture
3. Ecofield

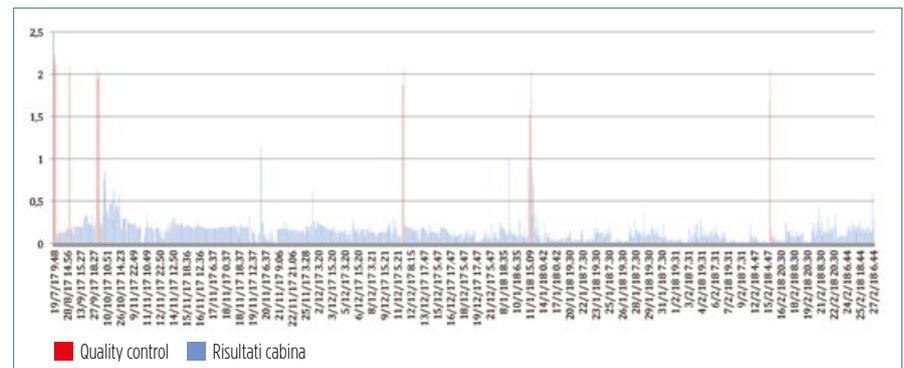


FIG. 1 - Controllo dei tensioattivi anionici in uscita dal depuratore chimico-fisico in ppm. In rosso i dati di taratura e controllo qualità (QC).

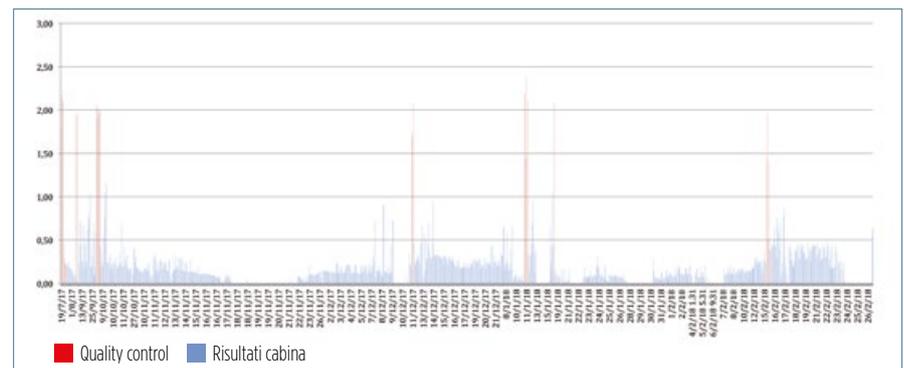


FIG. 2 - Controllo tensioattivi anionici in uscita dal depuratore chimico-fisico-biologico in ppm (1.280 controlli, dal 25/4/2017 al 1/3/2018). In rosso i dati di taratura e controllo qualità (QC).

Data	IMPIANTO CHIM.-FIS.-BIOLOG.		IMPIANTO CHIMICO-FISICO	
	Risultati cabina Ecofield	Risultati laboratorio	Risultati cabina Ecofield	Risultati laboratorio
02-feb	0,07 - 0,17	< 0,05	0,01 - 0,07	< 0,05
16-gen	0,00 - 0,65	< 0,05	0,03 - 0,05	< 0,05
11-dic	0,00 - 0,46	< 0,05	0,07 - 0,22	< 0,05
25-nov	0,09 - 0,12	< 0,05	0,10 - 0,22	< 0,05

TAB. 1 - TENSIOATTIVI ANIONICI - Confronto tra le analisi eseguite in automatico dalla centralina e da un laboratorio tradizionale su campioni in uscita dagli impianti di depurazione a servizio del cantiere. Per ogni data sono riportati il valore massimo e minimo registrati dalla cabina in giornata.