

Gestione delle interferenze tra traffico autostradale e cantiere



Leggi i contenuti multimediali su www.stradeeautostrade.it
Segui le istruzioni di pag. 6.

RECENTI ESPERIENZE DI PROGETTAZIONE E DIREZIONE LAVORI PER IL POTENZIAMENTO DI SNODI INFRASTRUTTURALI ATTRAVERSO LA REALIZZAZIONE O L'AMPLIAMENTO DI GALLERIE DI GRANDE DIAMETRO: UN CANTIERE DI AMPLIAMENTO IN SEDE DI UNA GALLERIA SENZA INTERRUPTERNE L'ESERCIZIO

Antonino Galatà*

Giuseppe Lunardi*

Andrea Belfiore**

Francesco Palchetti****

Negli ultimi anni le necessità di potenziamento delle principali direttrici autostradali in Italia ha offerto agli operatori del tunnelling sfide tecniche ed esecutive spesso superate attraverso approcci innovativi collegati ai più elevati attuali standard di progettazione e di esecuzione delle grandi infrastrutture.

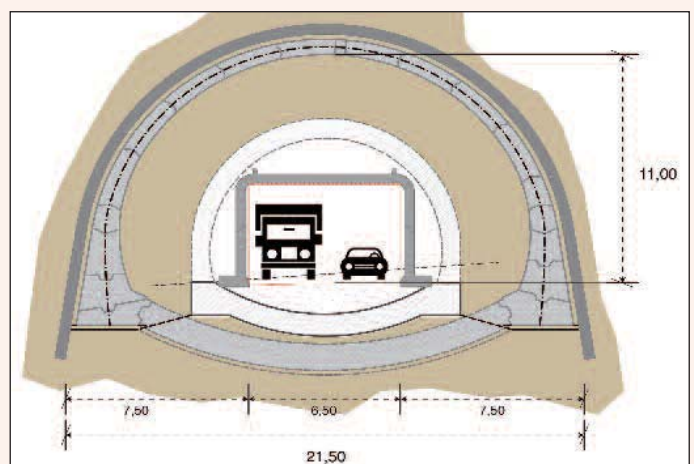
Ad esempio, negli ultimi dieci anni nell'area toscano-emiliana è stato realizzato il più importante progetto infrastrutturale italiano: la variante di Valico dell'Autostrada A1 Milano-Napoli, opera compresa tra Sasso Marconi (BO) e Barberino del Mugello (FI).

Nel Novembre 2014 è stato abbattuto l'ultimo diaframma delle 25 gallerie realizzate in uno dei territori morfologicamente e geologicamente più complessi del Paese, caratterizzato da una diffusa presenza di terreni poco omogenei e complessi, spesso instabili e interessati da numerose frane attive o quiescenti.

Tra le più interessanti opere realizzate si ricordano:

- ♦ la galleria di base (2x8.500 m di lunghezza) che, scavata con metodologia tradizionale, ha attraversato contesti geomeccanici molto diversi: arenarie, argilliti anche scagliose, alternanze di arenarie e siltiti, con rischio di infiltrazioni di gas metano e problematiche relative a sezioni con litotipi misti, venute d'acqua consistenti in fase di scavo, attraversamento di materiali con caratteristiche geomeccaniche scadenti in tratte a bassa copertura;

- ♦ la galleria Sparvo, a due canne di lunghezza 2.500 m, realizzata per mezzo di uno scudo tipo TBM-EPB con diametro tra i più grandi del mondo (15,62 m), adattato a lavorare in assetto antideflagrante;
- ♦ la galleria Val di Sambro, a due canne di circa 4.000 m di lunghezza che ha attraversato una dorsale montuosa geologicamente molto complessa costituita da un'alternanza di arenarie con interstrati costituiti da argille e marne argillose e



1. La sezione tipo di un ampliamento in sede in presenza di traffico



versanti sopra la galleria interessati da numerosi corpi di frana quiescenti e a tratti attivi, che hanno reso molto delicata l'interazione fra l'opera e il territorio circostante.

Nel tratto Barberino-Firenze Nord dell'Autostrada A1 è prevista la realizzazione della galleria Santa Lucia di circa 8.000 m di lunghezza, che sarà eseguita con uno scudo tipo TBM-EPB di circa 16 m di diametro e che consentirà di evitare la realizzazione di nove gallerie e di sei viadotti, migliorando significativamente l'impatto ambientale complessivo. Nell'area di Genova è stata progettata il raddoppio dell'Autostrada A10 Genova-Savona, denominata "Gronda", il cui tracciato si sviluppa per circa 50 km in sotterraneo, attraverso 25 gallerie con sezioni fino a 500 m². Tale infrastruttura si caratterizza per le sfide tecniche correlate soprattutto allo scavo di rocce per oltre 9 milioni di m³.

Uno dei temi più complessi da affrontare ha riguardato l'individuazione del deposito dei materiali da scavo che - se risolto in modo tradizionale - avrebbe costituito una difficoltà quasi insormontabile nel contesto genovese, caratterizzato da un territorio o fortemente urbanizzato o di alto pregio ambientale.

Il problema è stato risolto progettando il parziale riempimento del Canale di Calma (in adiacenza all'aeroporto di Genova), con la costruzione di un'opera di ampliamento verso mare dell'attuale banchina aeroportuale. Il trasporto dello smarino amiantifero viene effettuato "idraulicamente", conferendo al materiale da scavo una consistenza fluida con l'aggiunta di acqua marina, per ottenere un materiale (slurry) che possa essere pompato attraverso un'apposita tubazione (slurrydotto) fino al Canale di Calma. Infine l'ampliamento a tre corsie più emergenza dell'Autostrada A14 Bologna-Bari-Taranto, nella tratta Rimini Nord-Porto Sant'Elpidio, ha reso necessario l'intervento sulle gallerie naturali esistenti a due corsie, realizzando l'ampliamento o in sede o in variante di tracciato eseguendo il terzo fornice (si veda articolo a pag. 40).

Le sezioni di scavo adottate misurano fino a circa 300 m², e sono stati necessari massicci interventi di preconsolidamento del cavo al fronte e al contorno e rivestimenti di prima fase di spessore adeguato.

Le metodologie di consolidamento adottate in fase di scavo sono le più diverse, in funzione di coperture, caratteristiche dei terreni, presenza o meno di edifici interferenti e scelte tecnologiche degli Appaltatori.

Ad esempio, nella galleria Cavallo (Canna Sud) è stata adottata con successo la tecnologia ETJ, un sistema jet grouting ottimizzato che consente una maggior resa a parità di energia, evitando al contempo, grazie alle caratteristiche specifiche dell'attrezzatura utilizzata e alle modalità di realizzazione, i consueti problemi legati alla realizzazione di interventi jet-grouting a basse coperture in materiali coesivi (si veda "S&A" n° 103). Nell'ambito dei principali lavori in sotterraneo per il potenziamento delle arterie autostradali degli ultimi dieci anni, in corrispondenza dei lavori di allargamento da due a tre corsie del tratto autostradale Orte-Fiano dell'Autostrada A1 e del tratto autostradale Rimini-Porto Sant'Elpidio dell'A14, è stato realizzato per la prima volta al mondo l'ampliamento in sede senza interrompere il traffico di due

gallerie: la Nazzano, le cui due carreggiate sono state ampliate tra il 2004 e il 2007, e la Montedomini, la cui carreggiata Nord è stata ampliata tra il Settembre 2013 e il Maggio 2014.

Per poter realizzare l'ampliamento in sede di una galleria conservandone l'esercizio, è necessario innanzitutto individuare un sistema atto a garantire la totale sicurezza per gli utenti, che a tutti gli effetti transitano attraverso il cantiere di una complessa opera sotterranea in fase di costruzione. Allo stesso tempo, occorre disporre di un sistema costruttivo idoneo a consentire di eseguire le lavorazioni necessarie in spazi molto ridotti, essendo lo spazio centrale della galleria riservato al traffico in esercizio. Nel presente articolo verrà quindi descritta l'esperienza dell'ampliamento in sede in continuità di traffico dal punto di vista della gestione delle interferenze tra i sistemi di separazione e protezione degli utenti e il traffico autostradale.

Dopo aver introdotto le peculiarità del sistema di ampliamento in sede in continuità di traffico, si analizzerà come può essere declinata una delle principali tematiche di questo sistema correlato alla necessità di garantire la sicurezza degli utenti in transito nella galleria in ampliamento mediante uno specifico elemento di separazione, denominato scudo di protezione del traffico, atto a segregare fisicamente gli spazi di lavoro in galleria da quelli destinati alla circolazione (Figura 1).

Lo scudo in questione deve rispondere ai seguenti requisiti:

- ♦ resistenza agli urti del materiale scavato, il quale cadendo va a gravare sulla protezione medesima;
- ♦ dimensioni tali da essere compatibile con il transito dei veicoli al suo interno e con le dimensioni delle gallerie da ampliare all'esterno;
- ♦ resistenza ai potenziali urti dei veicoli in transito.

In generale, lo scudo può essere metallico, di lunghezza inferiore alla galleria, semovente e continuamente posizionato a cavallo del fronte di scavo come nel caso dello scavo della galleria Nazzano, oppure in calcestruzzo armato, di lunghezza superiore a quella della galleria e fisso, come nel caso della galleria Montedomini.

La presenza dello scudo di protezione del traffico altera da un lato gli spazi di lavoro per l'ampliamento della galleria e condiziona in modo significativo le scelte costruttive in quanto la parte centrale del fronte di scavo è destinata alla circolazione auto-



2. Un esempio di scavo di gallerie in presenza di traffico



stradale (Figura 2), dall'altro diminuisce la sezione stradale in galleria, determinando una serie di criticità correlate alla presenza di un elemento di perturbazione del traffico autostradale.

Nel corso dell'articolo sarà quindi descritto il percorso tecnico che ha consentito di risolvere, soprattutto presso il cantiere della galleria Montedomini, le non trascurabili criticità indotte dalla presenza di una struttura "anomala" che l'utente incontra sulla sede autostradale.

Sintesi del sistema costruttivo di ampliamento di gallerie in presenza di traffico

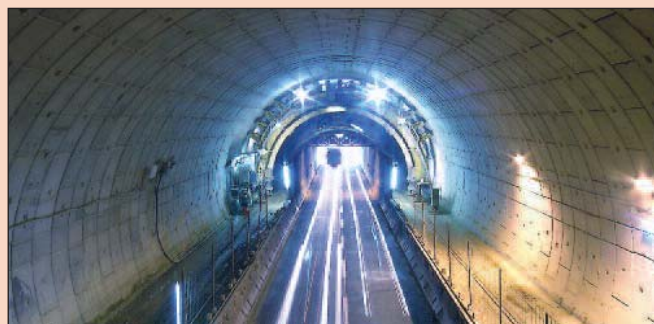
Il metodo di ampliamento in sede in presenza di traffico, frutto di un'idea del Prof. Pietro Lunardi, è stato commissionato da Autostrade per l'Italia SpA per la prima volta al mondo per la galleria Nazzano (Figura 3) e visti i positivi risultati ottenuti in questo primo cantiere sperimentale, la stessa metodologia di scavo è stata adoperata anche per la galleria Montedomini (Figura 4).

La galleria Nazzano

La Committente dell'ampliamento è stata ASPI - Autostrade per l'Italia SpA, il Progetto e la Direzione Lavori sono state affidate a Rocksoil SpA mentre l'Appaltatore è stata l'Impresa Cossi Costruzioni SpA. L'ampliamento è stato realizzato tra il 2004 e il 2007. Il T.G.M. in periodo di esodo raggiunge punte di 40.000 veicoli/g. La galleria ampliata, che ha un raggio interno di circa 9,50 m, ospita oggi quattro corsie, tre di marcia e una di emergenza. Il tracciato della galleria è rettilineo.

La sezione tipo adottata per l'ampliamento prevede un pretaglio di forma troncoconica dello spessore di 0,30 m, profondità 5,50 m e sviluppo 37 m e una cubatura totale di circa 70 m³, con una sovrapposizione di 1,5 m tra gusci consecutivi; la volta attiva, realizzata con 19 conci prefabbricati del peso variabile da 1 a 7 t, dello spessore in chiave di 0,60 m e alla base dei due conci di piedritto di larghezza 2,40 m e uno sviluppo in avanzamento pari ad 1 m. L'impermeabilizzazione è stata garantita da guarnizioni in neoprene posizionate attorno ai conci.

La sezione di scavo, per effetto del passaggio di una galleria da due corsie a una che ne prevede tre e la corsia di emergenza, ha determinato un'area di scavo di ampliamento comprensiva di arco rovescio ma esclusa la galleria esistente pari a circa 160 m².



3. La galleria Nazzano: a due fornici adiacenti di lunghezza pari a 337 m, sulla A1 Milano-Napoli a circa 40 km da Roma

La galleria Montedomini

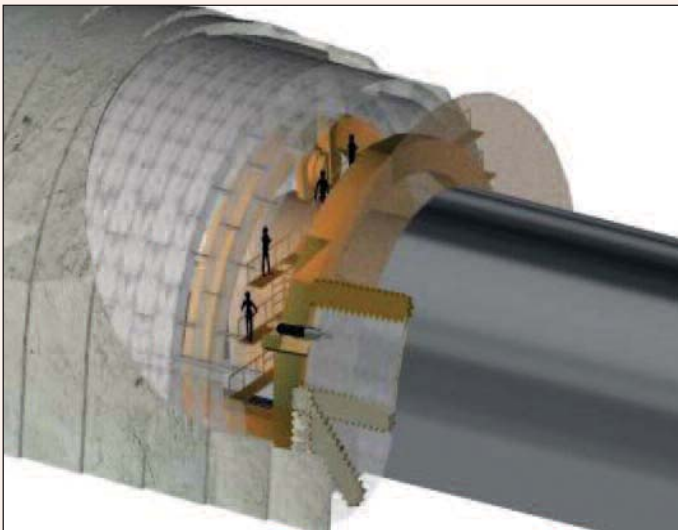
La Committente dell'ampliamento è stata ASPI - Autostrade per l'Italia SpA, il Progetto Definitivo e la Direzione Lavori sono stati affidati a SPEA Ingegneria Europea SpA e a Rocksoil SpA, mentre la costruzione è stata affidata in appalto integrato all'Impresa Ghella SpA che ha commissionato la progettazione e la realizzazione delle macchine di pretaglio e volta attiva al Gruppo Palmieri SpA. Il T.G.M. in periodo di esodo raggiunge punte di 25.000 veicoli/gg.

Le gallerie ampliate, che hanno un raggio interno di 9,20 m, prevedono il transito in configurazione definitiva di tre corsie da 3,75 m più una di emergenza da 3 m. Il tracciato prevede la presenza di una curva in corrispondenza di uno dei due imbocchi. La sezione tipo adottata per l'ampliamento comprende un pretaglio di forma troncoconica dello spessore di 0,50 m, profondità di 6 m e sviluppo di 42 m e una cubatura totale di circa 130 m³, con una sovrapposizione di 2 m tra gusci consecutivi; la volta attiva, realizzata con 24 conci prefabbricati del peso variabile da 1 a 8,2 t, dello spessore in chiave di 0,70 m e alla base dei due conci di piedritto di larghezza 2,70 m e uno sviluppo in avanzamento pari a 1,33 m; l'impermeabilizzazione è garantita da un telo di PVC e di tessuto non tessuto opportunamente saldato e canalizzato.

La sezione di scavo, per effetto del passaggio di una galleria da due corsie a una che ne prevede tre e la corsia di emergenza, ha determinato un'area di scavo di ampliamento comprensiva di arco rovescio ma esclusa la galleria esistente pari a circa 210 m².



4. La galleria Montedomini: a due fornici adiacenti di lunghezza circa 280 m per carreggiata, è ubicata lungo la A14 Bologna-Taranto nei pressi di Ancona

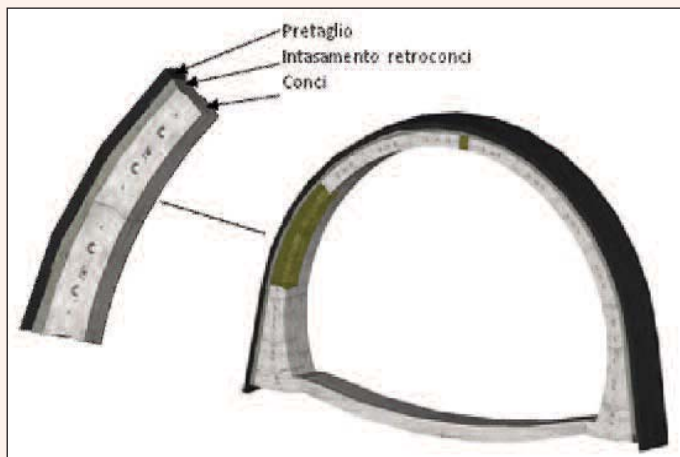


5. Una vista tridimensionale del pretaglio meccanico

Il pretaglio meccanico (Figura 5) consiste nell'esecuzione sul fronte di scavo in avanzamento lungo il profilo di estradosso della galleria di un'incisione troncoconica di lunghezza e di spessore opportuno (di norma variabile tra 4 e 6 m di lunghezza e tra 25 e 50 cm di spessore), da intasare mediante calcestruzzo fibrorinforzato al fine di realizzare un guscio di forma troncoconica al di sotto del quale avverrà lo scavo in avanzamento.

Invece, la volta attiva (Figura 6) consiste nell'assemblaggio, al di sotto dell'intradosso del pretaglio, di un arco di conchi prefabbricati di ampiezza e peso variabile separati nella zona di calotta da giunti a "ginocchio" e nella zona di piedritto da giunti a chiave di taglio. Il pretaglio e la volta attiva sono realizzati attraverso macchinari appositamente progettati per tenere conto del peculiare layout operativo di utilizzo.

Le lavorazioni possono essere eseguite attraverso l'utilizzo di un'unica macchina operatrice multifunzione (Figura 7) o tramite due distinte macchine (Figura 8), una per l'esecuzione del pretaglio e una per la posa in opera dei conchi di volta attiva.



6. La vista tridimensionale arco di conchi della volta attiva



7. L'attrezzatura multifunzione alla galleria Nazzano

In entrambi i cantieri di ampliamento, la presenza di una protezione per gli utenti o di acciaio semovente (per la Nazzano) o in c.a. e fisso (per la Montedomini) è stata il principale dato di partenza per l'applicazione del metodo di scavo che di conseguenza deve prevedere delle tecnologie costruttive in grado di rispondere agli stessi standard di sicurezza e di produzione che si avrebbero per un cantiere di scavo e di ampliamento di gallerie in "tradizionale" e, contestualmente, adattarsi alla presenza dello scudo.

Le tecnologie costruttive individuate per l'esecuzione del priverivestimento del cavo e del rivestimento definitivo che meglio si adattano alle esigenze di un cantiere innovativo, quale quello per l'ampliamento di una galleria in presenza di traffico, sono il pretaglio meccanico per l'esecuzione del priverivestimento e la volta attiva per la realizzazione del rivestimento definitivo.



8. La macchina del pretaglio e per la posa dei conchi alla galleria Montedomini



In ogni caso, le macchine operatrici dedicate all'esecuzione del pretaglio e della volta attiva o di entrambe le operazioni si basano sul principio di avere una struttura portante metallica ad arco sulla quale sono montati l'utensile di taglio, l'erettore, il sistema di intasamento, i motori e gli impianti il tutto posizionato in modo da non interferire con il sottostante scudo di protezione.

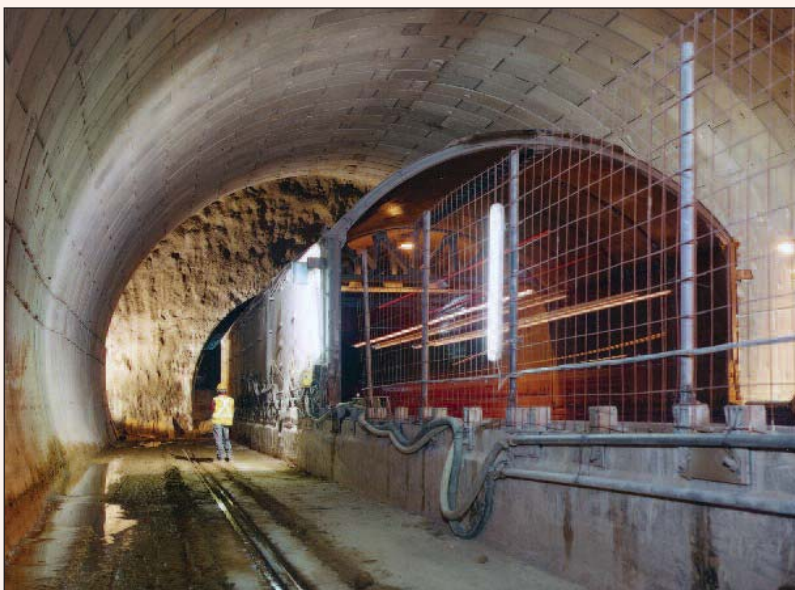
Nella definizione delle tecnologie di scavo lo scudo di protezione del traffico autostradale è l'apprestamento che più di ogni altro condiziona le scelte progettuali e che in qualità di elemento di "confine" tra il soprastante cantiere e il sottostante traffico veicolare rende necessario anche lo sviluppo di apposite modalità di gestione del traffico autostradale.

Ad oggi, nel corso dell'ampliamento delle due gallerie Nazzano e Montedomini, sono state adoperate due tipologie di scudo, in acciaio con una struttura più corta e snella che ha avuto un impatto meno importante sulla circolazione autostradale, ma che tuttavia ha condizionato sensibilmente l'organizzazione del cantiere, e una in c.a. lunga circa 400 m, probabilmente più impattante sulla circolazione autostradale, ma che ha permesso un'organizzazione di cantiere più efficiente che ha consentito produzioni nettamente più elevate che nel caso di scudo in acciaio.

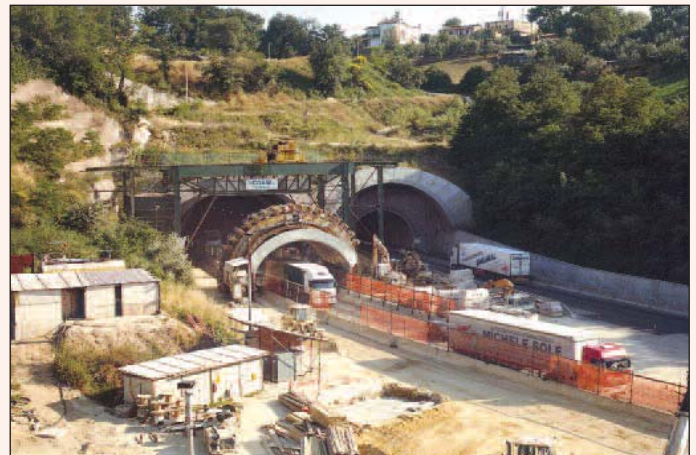
Dallo scudo in acciaio della galleria Nazzano a quello in c.a. della galleria Montedomini

Lo scudo adoperato durante lo scavo della galleria Nazzano è in acciaio, semovente su elementi prefabbricati in calcestruzzo armato che presentavano un profilo dal lato del traffico tipo i new-jersey standard (Figura 9) e aveva una copertura a sezione circolare, era lungo 60 m e presentava per ragioni strutturali una porzione di 20 m adeguatamente rinforzati all'interno che venivano mantenuti costantemente in corrispondenza del fronte di scavo.

In questo caso, lo scudo ha creato due aree di cantiere ai lati dello stesso, una facilmente accessibile dal lato del cantiere e una sostanzialmente interdotta tra le due carreggiate autostradali (Figura 10).



9. Lo scudo di protezione del traffico in acciaio presso la galleria Nazzano



10. Il cantiere di ampliamento dell'imboccatura Nord galleria Nazzano

Tale separazione tra le diverse aree di cantiere ha richiesto l'installazione di un carro-ponte posto in corrispondenza dell'imboccatura della galleria e utilizzato per permettere il passaggio di materiali e persone scavalcando il traffico autostradale. Nonostante la struttura di scavalco, è stato altresì necessario organizzare le attività di cantiere nelle due aree di lavoro ai lati dello scudo in maniera speculare raddoppiando i mezzi poiché gli stessi non avevano libero accesso nell'area di cantiere dal lato spartitraffico, se non in orario notturno con la carreggiata chiusa e il traffico deviato ad una corsia sull'altra canna. Lo scudo di protezione tipo "Nazzano" determina quindi l'insorgere di criticità operative per il cantiere che hanno riflessi rilevanti sulla velocità di avanzamento degli scavi (produzione media a Nazzano 0,85 m/gg).

Le modalità di avanzamento dei lavori di ampliamento della galleria Nazzano suggerirono alcune ottimizzazioni al sistema produttivo, con una rielaborazione dello scudo di protezione del traffico, che da vincolo fisico e ostacolo poteva diventare un elemento di ottimizzazione nonché un'area di cantiere "normalizzata".

Presso il cantiere della galleria Montedomini sono state quindi sperimentate con successo nuove soluzioni per l'implementazione del metodo di ampliamento in presenza di traffico. Tra le varie ottimizzazioni apportate una delle più importanti, proposta dall'Appaltatore, è proprio l'introduzione di uno scudo di lunghezza della galleria e con una copertura piana, in calcestruzzo prefabbricato atto a separare fisicamente il cantiere dal traffico, a migliorare contestualmente la salubrità dei luoghi di lavoro, a consentire agevolmente il passaggio da un lato all'altro del cantiere per mezzo di due rampe di collegamento tra le aree ai lati dell'autostrada, garantendo quindi un facile accesso a tutte le aree di cantiere.

Una tale modifica ha comportato notevoli vantaggi dal punto di vista logistico e di costi di gestione del cantiere, ma questa stessa soluzione ha altresì comportato un'ulteriore e impegnativa sfida per la minimizzazione degli effetti sulla sottostante circolazione autostradale finalizzata a garantire il più alto grado di sicurezza per gli utenti in transito.



Lo scudo in c.a. utilizzato per l'ampliamento della galleria Montedomini

Lo scudo adoperato per l'ampliamento della galleria Montedomini, di sezione rettangolare e spessore di 45 cm, è di tipo modulare in c.a. prefabbricato composta quattro elementi solidarizzati l'uno con l'altro:

- ◆ due di base della lunghezza di 2 m;
- ◆ due elementi di calotta da 1 m ciascuno a completamento della struttura.

La copertura piana costituisce quindi un'ulteriore area di cantiere utilizzata sia per la fornitura dei concii al fronte di scavo che come via di accesso al fronte per il Personale addetto (Figura 11).



11. La struttura modulare dello scudo di protezione del traffico presso la galleria Montedomini

L'apprestamento, lungo 406 m, presenta 300 m ricadenti all'interno della galleria esistente e 110 m all'esterno della stessa, 80 m circa all'imbocco Nord e 20 m circa all'imbocco Sud. La continuità dello scudo in c.a. ha permesso di sostituire il carroponte all'imbocco della galleria con le citate rampe di scavalco dell'autostrada, transitabili anche dai mezzi pesanti, utilizzate per garantire l'accesso continuo alla copertura dello scudo e al lato spartitraffico del cantiere (Figura 12), superando il vincolo fisico rappresentato dal traffico autostradale.

La possibilità di accedere agevolmente attraverso la rampa di scavalco sia alla copertura dello scudo che al lato spartitraffico del cantiere ha permesso di ottimizzare le fasi operative incrementandone la sovrapposizione e diminuendo sensibilmente i tempi di esecuzione dell'opera (velocità medie per lo scavo della galleria Montedomini 1,20 m/gg).

Anche in questo caso, lo scudo presentava un profilo interno dal lato del traffico assimilabile a quello dei new-jersey standard, il gabarit all'interno dello scudo presentava valori ridotti della sezione trasversale con un'altezza minima di 4,50 m e una larghezza massima di 6,50 m.



12. Il cantiere dell'imbocco Nord della galleria Montedomini

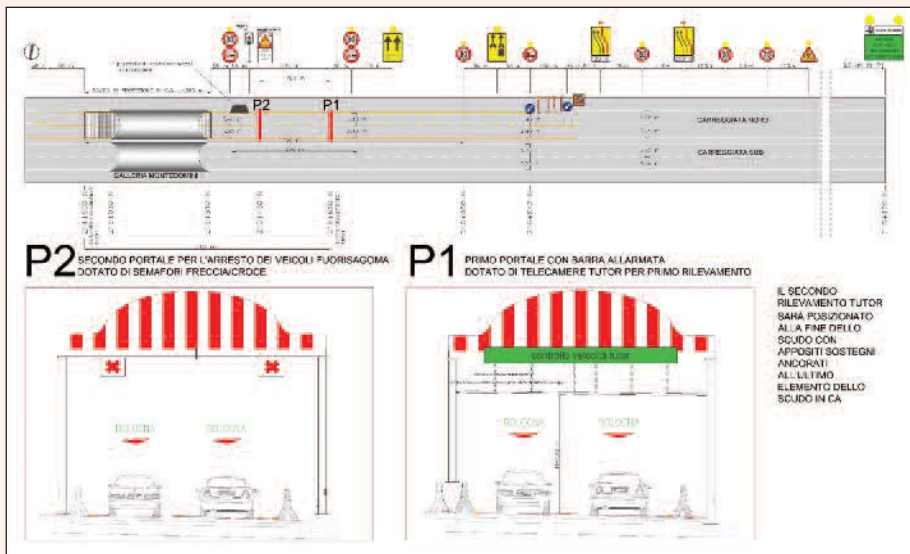
L'effetto dello scudo in c.a. sul livello di servizio dell'autostrada e la successiva analisi di rischi

La necessità di proteggere il traffico transitante in galleria implica contestualmente la riduzione della sezione disponibile all'interno del tunnel per l'intera lunghezza e di conseguenza una diminuzione pur non eccessiva del livello di servizio dell'infrastruttura. Tale diminuzione ha comportato la necessità di adottare specifiche misure finalizzate a garantire la sicurezza degli utenti in transito e che possono essere suddivise in preventive e protettive.

Le misure di sicurezza preventive

Le misure di sicurezza preventive sono quelle mirate a ridurre la probabilità che l'incidente si verifichi, in particolare, quelle adottate per lo scudo della galleria Montedomini sono state:

- ◆ l'imposizione di limiti nella tratta, quali velocità massima pari a 80 km/ora e divieto di sorpasso;
- ◆ la predisposizione di una segnaletica orizzontale e verticale rafforzata dedicata (Figura 13) con specifica segnalazione prima del casello di Ancona Sud e in entrata allo stesso casello dei limiti di sagoma in altezza causati dalla presenza dello scudo;
- ◆ attivazione del sistema di monitoraggio continuo della velocità media "Tutor";
- ◆ realizzazione di un sistema di rilevazione e limitazione automatica dei mezzi con altezza da terra fuori dalla sagoma massima prevista dal Codice della Strada per i trasporti non eccezionali (4,00 m con deroga fino a 4,3 m) e tale da poter urtare la calotta dello scudo.



13. Il quadro sinottico della segnaletica in approccio alla galleria Montedomini

Tali misure di sicurezza sono state adottate poiché la riduzione della velocità nelle zone di cantiere, monitorata con sistema Tutor, diminuisce i rischi derivanti dalla minore larghezza delle corsie ovvero dall'assenza di banchine transitabili e di franchi psicotecnici.

Il divieto di sorpasso in galleria associato alla delimitazione delle corsie con striscia continua spinge l'utente al mantenimento del veicolo nella corsia scelta all'ingresso della galleria e ne aumenta l'attenzione prevenendo la possibilità di incidenti.

Infine, onde evitare il transito nello scudo di mezzi con carico sistemato ad altezze superiori a 4,30 m da terra, è stato predisposto in approccio alla galleria un sistema automatico di rilevamento continuo dell'altezza dei mezzi, gestito e coordinato dalla competente Direzione di Esercizio del settimo tronco Autostradale in remoto dalla sede di Pescara, attraverso anche un sistema di videosorveglianza attivo su entrambi gli imbocchi della galleria.

Tale sistema è composto da due portali metallici a cavallo della carreggiata autostradale dei quali il primo prevede il sistema di rilevazione, una batteria di cinque coppie di semafori collocati ogni 100 m circa dal primo portale fino all'inizio dello scu-



14. I semafori in approccio alla galleria Montedomini

do che in condizioni normali danno segnale verde, una piazzola di sosta nei pressi dell'imbocco dello scudo nella quale condurre gli eventuali mezzi fuori sagoma individuati dal sistema e il costante presidio da parte di Personale altamente qualificato, definito "sicurista", che su indicazioni della Direzione di Esercizio gestisce operativamente il sistema sulla base di procedure precedentemente predisposte (Figura 14). Il sistema si basa sul rilevamento dei mezzi fuori sagoma per mezzo del primo portale, definito "allarmato", su cui è stata installata una barra trasversale parallela alla pavimentazione autostradale posta ad una quota di 4,40 m da terra (Figura 15). La barra predetta, collegata a sensori elettronici, se urtata da un mezzo con carico oltre i 4,40 m da terra fa scattare il rosso



15. Il "portale allarmato" di rilevamento dei mezzi fuori sagoma presso la galleria Montedomini

della batteria di semafori inducendo l'arrestato immediato del traffico autostradale in ingresso allo scudo. Contemporaneamente all'individuazione del mezzo fuori sagoma scatta l'allarme sia presso la Sala Radio della Direzione di Esercizio di Pescara che nella guardiola del sicurista collocata nei pressi dello scudo (Figura 16).

Al riguardo si segnala che sono stati condotti tentativi di sostituire la barra con sensori luminosi, fotocellule e cavi, ma risultavano troppo sensibili a fattori esterni (luce, vento) e quindi foci di frequenti falsi allarmi.

La procedura studiata per la gestione dei mezzi fuori sagoma prevede che il sicurista accompagni nella piazzola di sosta appositamente predisposta il mezzo fuori sagoma individuato e riattivi manualmente i sensori del portale allarmato. A questo punto la Sala Radio attiva il verde ai semafori e il traffico riprende la normale circolazione.

Non più interferente con la circolazione autostradale il mezzo fuori sagoma parcheggiato in piazzola viene gestito dalla Polizia Stradale e se possibile riportato in sagoma.



16. La fase di gestione del mezzo fuori sagoma presso la galleria Montedomini

Le misure di sicurezza protettive

Le misure di sicurezza protettive sono mirate a ridurre le conseguenze di un potenziale evento incidentale in galleria, sono state:

- ♦ introduzione di un sistema rilevazione incendio in galleria che prevede l'attivazione automatica di una ventilazione tale da orientare i fumi derivanti da incendio nello scudo nella direzione di marcia dei veicoli, ovvero verso l'uscita della galleria.
- ♦ presidio continuo della galleria, 24 ore su 24, sette giorni su sette, ad opera di Personale specializzato nel primo intervento in caso di principio d'incendio con mezzi allo scopo predisposti;

Il sistema di rilevamento incendi è costituito da un cavo termosensibile installato lungo tutta la galleria, che attiva, se necessario, una coppia di ventilatori posizionati a circa 70 m dalla fine dello scudo che direzionano i fumi generati dall'incendio nella direzione di marcia, consentendo ai veicoli che precedono l'incendiato di uscire dalla galleria e ai veicoli che lo seguono e si arrestano di uscire in direzione opposta.

L'impianto di ventilazione, in funzione delle geometrie disponibili è stato possibile dimensionarlo al massimo per eventi di potenza termica dell'incendio di media portata, ovvero incendio di un furgone o un pullman.

Il presidio continuo era finalizzato quindi a ridurre la probabilità di avere incendi con potenza superiore a quella per cui era stato progettato l'impianto di ventilazione. Tale sorveglianza è stata ricoperta da un sicurista che stazionando all'imbocco dello scudo con scooter o pick-up dotati di potenti estintori ad H₂O in pressione sarebbe stato in grado di estinguere un principio di incendio in pochi istanti (Figura 17).



17. La guardiola di stazione sicurista

L'analisi di rischio condotta per lo scudo in c.a.

A supporto delle scelte condotte in termini di misure di prevenzione e protezione all'interno dello scudo, è stata condotta un'analisi di quantificazione del rischio secondo il metodo IRAM (Italian Risk Analysis Method) ai sensi del D.Lgs. n° 264/2006 finalizzata a verificare il livello di sicurezza all'interno della struttura, anche se tale analisi non è richiesta per le gallerie di lunghezza inferiore ai 500 m, ancorché per una struttura provvisoria.

Ai sensi della predetta Norma è stato quantificato il rischio correlato agli specifici eventi considerati critici nello specifico ambiente confinato della galleria, vale a dire incendi, collisioni con incendio, sversamenti di sostanze infiammabili e rilasci di sostanze tossiche e nocive.



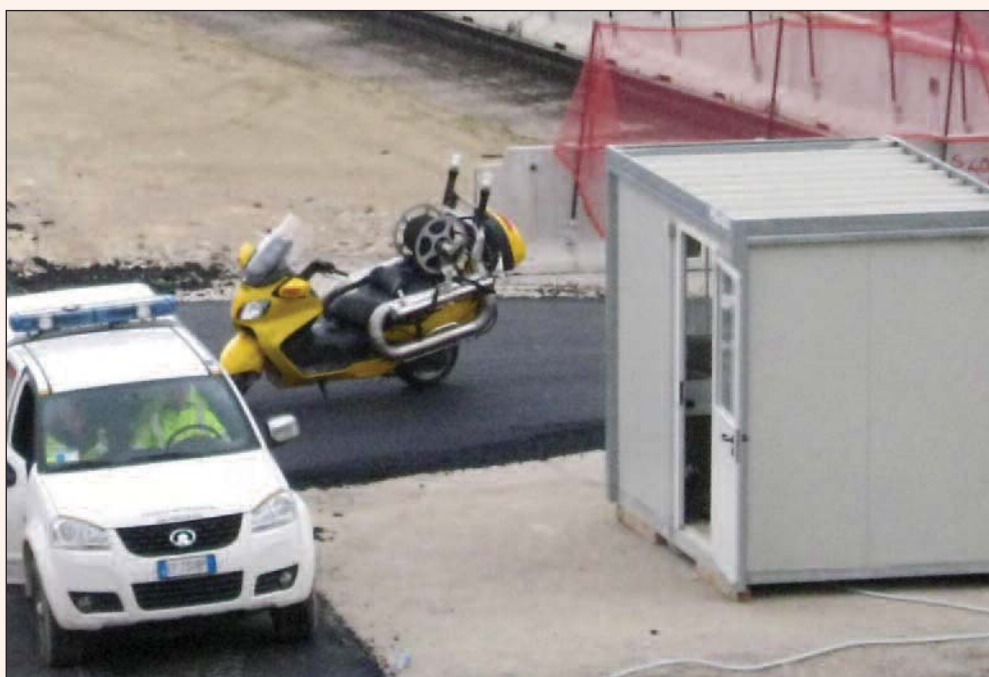
L'elaborazione e le fasi di calcolo relative alle analisi condotte sono state basate sulla caratterizzazione geometrica della sezione e sulle predette misure di sicurezza implementate per la gestione della presenza dello scudo.

È stata quindi effettuata un'analisi di rischio di tipo prestazionale, per verificare che l'insieme delle misure di prevenzione, protezione, mitigazione o inibizione del potenziale incremento di pericolosità dell'evento iniziatore, nonché di facilitazione delle azioni di auto-soccorso e di soccorso, fossero tali da assicurare che il livello di rischio della struttura ricadesse effettivamente al di sotto di quello tollerabile.

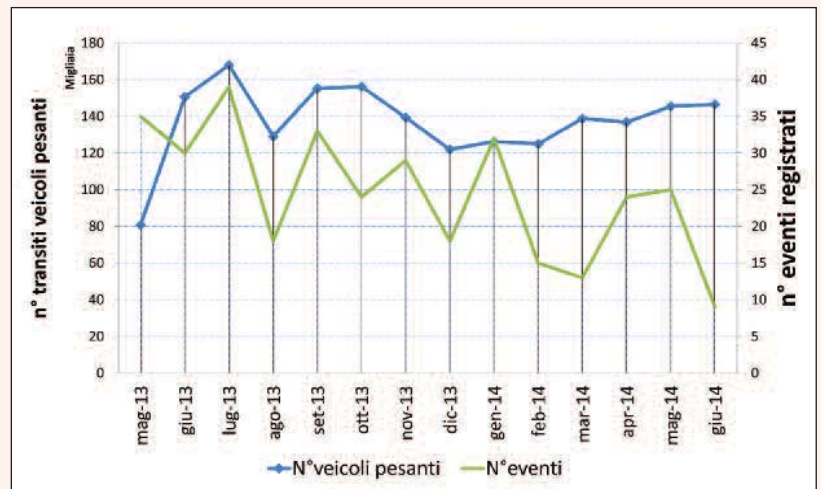
Infine, preliminare all'installazione dello scudo in galleria e alla sua definitiva messa in funzione, visto il coinvolgimento di varie figure esterne all'appalto dell'opera (Prefettura, Polizia Stradale, Carabinieri, Vigili del Fuoco, Medici del Pronto Soccorso e Protezione Civile) direttamente coinvolte nella gestione delle emergenze in caso di eventuali incidenti nello scudo, la Società Concessionaria ha provveduto alla redazione di un Piano di Coordinamento delle Emergenze sottoposto all'approvazione di competenza di tutti gli Organi coinvolti.

La gestione e l'andamento del Traffico in corso d'opera

Al fine di valutare l'efficacia delle misure di progettazione e di analisi del rischio di mitigazione dell'impatto dello scudo in termini di gestione del traffico e di tutela della sicurezza degli utenti, è possibile analizzare quanto registrato nel periodo in cui lo scudo è stato installato su strada (16 maggio 2013-8 ottobre 2014).



19. Lo scooter in dotazione al "Sicurista" per servizio di primo intervento in caso di incendio



18. Il raffronto tra il numero di mezzi fuori sagoma individuati e il transito dei mezzi pesanti nel tempo nella galleria Montedomini

Le misure preventive si sono rivelate efficaci e all'interno della galleria non si sono verificati incidenti né tantomeno sviluppati incendi. Le misure predette allo scopo predisposte non sono mai state attivate.

Viceversa è risultato particolarmente frequente il problema dei "fuori sagoma" e il sistema di limitazione è stato attivato 416 volte nel predetto periodo.

Quando un mezzo urta la sbarra del portale allarmato e il sistema viene attivato, il Personale presente in loco provvede a riattivare i sensori se la barra stessa è ancora integra o a sostituirla, avvalendosi di idoneo mezzo di sollevamento, se questa non è in condizioni tali da poter essere rimessa in sede e collegata ai sensori.

Solo nel momento in cui la barra viene "riarmata" è possibile riattivare il flusso di traffico rimettendo a verde i semafori. Pertanto, dei 416 eventi solo 44 sono stati di durata superiore ai 10 minuti, mentre 35 sono stati di durata inferiore ai 2 minuti (falsi allarmi, malfunzionamenti, vento, ecc.).

La durata totale delle interruzioni è stata di circa 43 ore, pari allo 0,35% del tempo in cui il sistema di limitazione dei fuori sagoma è stato attivo.

Ai fini della completezza dell'analisi dei dati si veda la Figura 18, ove sono riportati in ascisse i mesi da Maggio 2013 a Giugno 2014, in ordinata principale i transiti dei veicoli pesanti e in ordinata secondaria il numero di eventi registrato: si evince come nel primo mese ci sia un elevato numero di eventi a fronte di un minor numero di transiti (valori computati su metà mese), nei mesi tra



Giugno e Settembre 2013 ci sia una certa proporzionalità tra i due parametri, proporzionalità che risulta molto meno marcata nel periodo successivo, fino a quando si hanno i dati di traffico disponibili (Giugno 2014).

La spiegazione di tale fenomeno risiede nella circostanza, empiricamente rilevata in sito, che i principali responsabili degli eventi citati siano i trasportatori di foraggio che sono più attivi nella stagione estiva.

È singolare notare come a seguito delle campagne informative “ufficiali e non”, dopo il primo periodo si sia ridotta significativamente l’incidenza degli eventi in rapporto ai transiti dei mezzi pesanti, si è infatti passati da 0,43 eventi ogni 1.000 veicoli transitati ad un successivo corrispondente valore medio su base mensile di 0,17 con valore massimo di 0,25 e minimo di 0,06.

Alla luce di quanto sopra esposto, si ricava come il sistema di limitazione abbia egregiamente svolto la funzione di prevenzione degli incidenti correlati all’urto con lo scudo di carichi sporgenti e alla potenziale conseguente perdita di carico, garantendo la sicurezza degli utenti. Il tutto a fronte di un numero di eventi che ha inciso in misura non gravosa sul livello di servizio dell’infrastruttura.

Conclusioni

Il metodo adottato risulta all’avanguardia nell’ampliamento di gallerie in presenza di traffico e consente di operare in sicurezza sia dal punto di vista dell’esecuzione dei lavori che nella gestione dei veicoli in transito. Oggi questo sistema risulta di interesse anche a livello internazionale con studi attualmente in corso in Svizzera e in Australia.

La seconda esperienza di ampliamento in sede in presenza di traffico alla galleria Montedomini ha mostrato un notevole incremento di performance realizzative correlate all’adozione dello scudo di protezione del traffico in c.a. e il fatto di aver sviluppato un sistema di gestione delle interferenze traffico cantiere che ha brillantemente superato la prova sul campo amplia in modo significativo le potenzialità di tale metodologia operativa. Oggi questo metodo offre anche al Gestore dell’infrastruttura tutti gli elementi necessari per garantire gli standard di sicurezza richiesti. ■

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori desiderano ringraziare Pietro Lunardi dello Studio Lunardi, Gennarino Tozzi di Atlantia SpA., Alberto Selleri, Sergio Paglione e Giovanni Scotti Lavina di Autostrade per l’Italia SpA, Giandomenico Ghella, Roberto Trapasso e Roberto Alberati di Ghella SpA, l’Ufficio Tunneling di SPEA SpA e Antonio Formichella di Rocksoil SpA per gli importantissimi contributi a diverso titolo forniti per la stesura di questo articolo, ma soprattutto per la realizzazione della galleria Montedomini. Infine, è necessario ringraziare il Personale della Direzione di Esercizio del VII tronco, il Direttore Gianni Marrone, Luca Frazzica e Carlo Maria Rossi, per l’inestimabile contributo allo sviluppo del sistema di gestione delle interferenze traffico cantiere e allo sviluppo di questo articolo.

* Amministratore Delegato di SPEA Ingegneria Europea SpA

** Amministratore Delegato di Rocksoil SpA

*** Direttore dei Lavori del Lotto 5 dell’Ampliamento dell’A14 tra Rimini Nord e Porto Sant’Elpidio di Rocksoil SpA, in distacco presso SPEA Ingegneria Europea SpA

**** Direttore di Cantiere di Ghella SpA

BIBLIOGRAFIA

- [1]. P. Lunardi - “Construction des stations de grandes portées pour métro”, ETH-Tunnelbau-Symposium 99, Zurigo, 18 Marzo 1999.
- [2]. P. Lunardi - “Une methode de construction innovante pour elargir les tunnels routiers, autoroutiers et ferroviaires sans interrompre la circulation; son application au tunnel de Nazzano sur l’autoroute A1 Milan-Naples”, Atti della Conferenza su “Instandsetzung von Tunneln”, Olten, 21 Ottobre 1999.
- [3]. P. Lunardi - “The construction of large-span stations for underground railways”, Tunnel, n° 8 (Dicembre), 2000.
- [4]. P. Lunardi et al. - “A new construction method for widening highway and railway tunnels”, Atti del Congresso Internazionale su “Progress in Tunneling after 2000”, Milano, 10-13 Giugno 2001.
- [5]. P. Lunardi - “Un metodo costruttivo innovativo per allargare gallerie stradali, autostradali o ferroviarie senza interrompere il traffico: l’applicazione alla galleria Nazzano sull’autostrada A1 Milano-Napoli”, “Strade & Autostrade”, n° 38, 2003.
- [6]. P. Lunardi - “Widening the load at Nazzano, Tunnels & Tunneling International, Luglio, 2003.
- [7]. P. Lunardi et al. - “Widening the Nazzano motorway tunnel from two to three lanes + an emergency lane without interrupting traffic, Atti del convegno Internazionale su “Tunnels, drivers of change”, Madrid, 5-7 November 2007.
- [8]. P. Lunardi - “Progetto e costruzione di gallerie - Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli (ADECO-RS)”, Ed. Hoepli, 575 pagine, 2007.
- [9]. F. Tolentino et al. - “Ampliamento della galleria di Nazzano senza interruzione del traffico”.
- [10]. Tolentino F. - “Le gallerie nel progetto di ampliamento a tre corsie dell’A14 da Rimini a Pedaso”, “Gallerie e Grandi Opere Sotterranee”, n° 2, Aprile-Giugno 2008.
- [11]. P. Lunardi, M. Cangiano, A. Belfiore - “Il metodo Nazzano tra passato e futuro - Storia e risultati della prima sperimentazione del sistema di ampliamento delle gallerie in presenza di traffico”, “Gallerie e grandi opere sotterranee”, n° 100, 2011.
- [12]. Ghella SpA - Proposta di sostituzione dello scudo in acciaio con analoga struttura in c.a. prefabbricato ai sensi art.100 comma 5 D.Lgs. 81/2008.
- [13]. Ghella SpA, Prometeo Engineering Srl - Progetto della sicurezza all’interno dello scudo in c.a., analisi di rischio ai sensi del D Lgs. N.264/2006.
- [14]. G. Lunardi, A. Selleri, A. Belfiore, R. Trapasso - “Widening the “Montedomini” tunnel in the presence of traffic: the evolution of the “Nazzano” method”, Proceedings of the World Tunnel Congress 2014 - Tunnels for a better Life. Foz do Iguaçu, Brazil, 2014.
- [15]. G. Galatà, A. Selleri, G. Lunardi, A. Belfiore, R. Trapasso - “Ampliamento della galleria Montedomini in presenza di traffico: evoluzione del “Metodo Nazzano”, “Quarry & Costruction” n° 611 Luglio/Agosto 2014.
- [16]. G. Lunardi, A. Selleri, A. Belfiore, R. Trapasso - “Widening the “Montedomini” tunnel in the presence of traffic: the evolution of the “Nazzano” method”, Congrès international Lyon 2014, Tunnels and Underground space risk & opportunities, Lione 10/2014.
- [17]. A. Galatà, G. Lunardi, A. Belfiore, F. Palchetti - “Convegno - Dall’ampliamento in sede della galleria Nazzano all’ampliamento in sede della galleria Montedomini: l’evoluzione della specie “Innovazione nella realizzazione di opere in sotterraneo”, Atti del Convegno di Società Italiana Gallerie, Expotunnel 2014, Bologna, 23-24 Ottobre 2014.