

Ampliamento Galleria Montedomini in presenza di traffico: evoluzione del “metodo Nazzano”

GIUSEPPE LUNARDI*, ANDREA BELFIORE*, ALBERTO SELLERI**, ANTONINO GALATÀ***, ROBERTO TRAPASSO****

Fino ad alcuni anni fa, quando era necessario ampliare una galleria stradale costituita da due tunnel affiancati mantenendo la continuità dell'esercizio, o si realizzava preventivamente un nuovo fornice dove deviare il traffico o si chiudeva a quest'ultimo uno dei due tunnel, riducendo conseguentemente il livello di servizio per gli utenti. A partire dall'inizio degli anni 2000, in Italia è stata messa a punto, presso la galleria autostradale Nazzano, una tecnica ideata dal prof. Ing. Pietro Lunardi, che consente di ampliare in sede una galleria stradale, autostradale, ferroviaria o metropolitana in continuità di traffico, senza quindi alterare sostanzialmente il livello di servizio dell'infrastruttura e senza necessità di ricorrere a onerose varianti di tracciato per realizzare nuovi fornici, né definitivi né provvisori, cosa peraltro non sempre fattibile a causa della mancanza degli spazi necessari. Nel seguito, dopo aver sinteticamente descritto le modalità di realizzazione della prima sperimentazione mondiale del metodo per ampliare in continuità di traffico la Galleria Nazzano, si partirà dall'analisi dei dati ricavati nel corso di tale prima sperimentazione per poi illustrare le ottimizzazioni, le modifiche e le evoluzioni che si sono implementate nella seconda esperienza di ampliamento in sede di galleria in presenza di traffico attualmente in corso in Italia, presso la Galleria Montedomini (autostrada A14)

Aspetti principali del metodo “Nazzano”

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.

La sicurezza degli utenti può essere conseguita attraverso l'installazione di una specifica protezione atta a separare fisicamente gli spazi di lavoro in galleria da

* ROCKSOIL S.P.A., MILANO

** AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.P.A., ROMA

*** SPEA INGEGNARIA EUROPEA S.P.A., ROMA

**** GHELLA S.P.A., ROMA

quelli destinati alla circolazione. L'apprestamento individuato a Nazzano per svolgere tale ruolo è "lo scudo di protezione del traffico" ovvero una "controgalleria" d'acciaio che separa l'area di cantiere dalla sede autostradale. La protezione in questione deve rispondere ai seguenti requisiti:

- resistenza agli urti del materiale scavato o proveniente da malaugurati crolli, il quale cadendo va a gravare sulla protezione medesima;
- dimensioni tali da essere compatibili con il transito dei veicoli all'interno e con le dimensioni delle galleria da ampliare. In considerazione delle dimensioni e delle caratteristiche della Galleria Nazzano, lo scudo adottato consentiva il transito su due corsie, una di marcia da 3,50 m per il traffico pesante ed una di sorpasso da 3,00 m per i veicoli leggeri;
- resistenza ai potenziali urti dei veicoli in transito.

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

La presenza dello scudo di protezione del traffico altera sensibilmente 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 autostradale. Pertanto si sono individuate due tecnologie per l'esecuzione del priverivestimento del cavo e del rivestimento definitivo che fossero adattabili al lay-out di cantiere determinato dalla presenza dello scudo di protezione del traffico. La Figura 1 illustra la sezione tipo dell'ampliamento in sede in continuità di traffico realizzato a Nazzano, con al centro la vecchia galleria e lo scudo di protezione del traffico.

La tecnologia individuata per la realizzazione del priverivestimento del cavo è quella del Pretaglio Meccanico, che consiste nell'esecuzione sul fronte di scavo in avanzamento, lungo il profilo di estradosso della galleria da scavare, di un'incisione

nel terreno di lunghezza e spessore opportuni, da intasare immediatamente mediante calcestruzzo fibrorinforzato. Si realizza così un guscio di forma troncoconica, al di sotto del quale avverrà lo scavo d'avanzamento.

La tecnologia individuata per la realizzazione del rivestimento definitivo, invece, è quella nota come "Volta Attiva" (V.A.), che consiste nel montaggio, al di sotto dell'intradosso del guscio del pretaglio, di un arco di conci prefabbricati reso immediatamente autoportante attraverso l'azione di un martinetto piatto inserito nel concio di chiave. Tale sistema permette di installare in tempi rapidissimi un rivestimento definitivo già portante a ridottissima distanza dal fronte di scavo (3-6 m).

L'esecuzione del pretaglio ed il montaggio dei conci prefabbricati può avvenire, con l'ausilio di una o più attrezzature comunque operanti su di una struttura metallica ad arco tale da risultare compatibile con la presenza dello scudo di protezione del traffico quindi col peculiare lay-out tipico di un cantiere di ampliamento di una galleria in presenza di traffico.

Le lavorazioni di Pretaglio e Volta Attiva, unitamente a quelle di scavo di avanzamento e di demolizione del Tunnel esistente sono organizzate secondo un ciclo industriale che prevede la successione ripetuta delle varie lavorazioni.

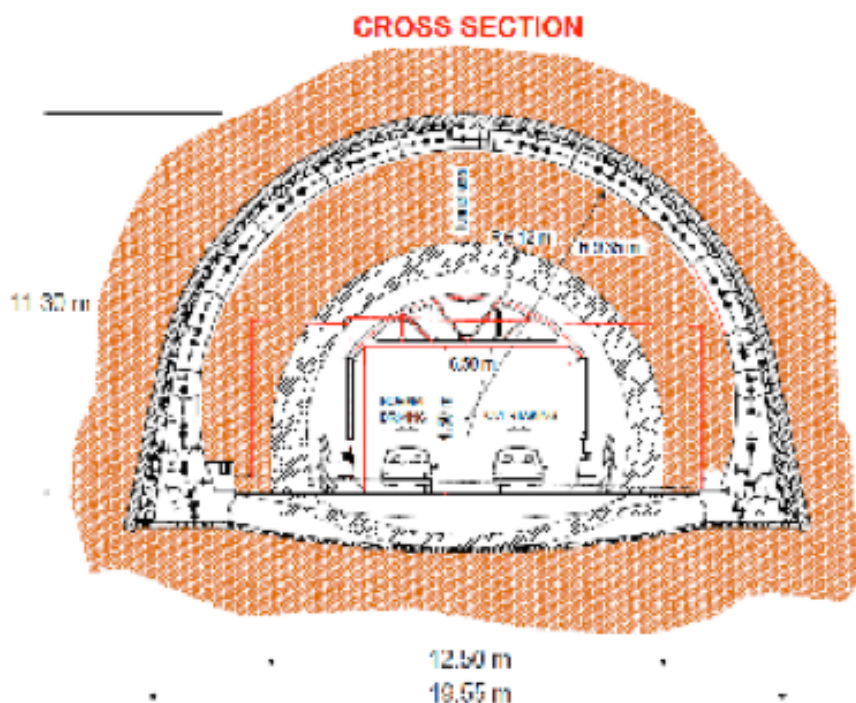
La realizzazione dell'arco rovescio completa infine l'esecuzione delle lavorazioni d'ampliamento. Nel caso di tunnel a doppio fornice, l'arco rovescio può essere realizzato dopo aver allargato entrambe le canne, incanalando tutto il traffico in un fornice mentre si esegue l'arco rovescio nell'altro chiuso al traffico.

L'ampliamento in presenza di traffico della Galleria Nazzano

Generalità dell'opera

La Galleria Nazzano, a due fornici di lunghezza pari a circa 337 m ciascuno ed è ubicata lungo l'autostrada A1 Milano-Napoli, a circa 40 km da Roma, è stata ampliata da due a tre corsie più corsia di emergenza per ogni senso di marcia tra il 2004 ed il 2007. L'area di scavo com-

Figura 1 - Galleria Nazzano: sezione tipo dell'ampliamento in presenza di traffico



prensiva di arco rovescio, esclusa la galleria esistente, era pari a 158 m² ed il raggio interno è di circa 9,50 m.

La Figura 2 mostra una fotografia scattata durante le operazioni di ampliamento della vecchia galleria: in primo piano lo scudo d'acciaio di protezione del traffico, semovente su elementi prefabbricati in calcestruzzo armato, dotati, lato traffico, di uno specifico profilo analogo a quello delle barriere di sicurezza tipo "new-jersey".

Lo scudo, rispondente ai requisiti dimensionali e di resistenza di cui al paragrafo precedente, all'avanzare del fronte di scavo veniva sistematicamente traslato per mezzo di appositi pistoni in modo da mantenere la corretta corrispondenza con il fronte di scavo.

Infine, il Committente dei lavori d'ampliamento era ASPI - Autostrade per l'Italia Spa, il Progetto e la Direzione Lavori

erano affidati a ROCKSOIL Spa, mentre l'Appaltatore era l'Impresa COSSI Costruzioni Spa.

Ciclo di avanzamento in galleria

Il ciclo di avanzamento, così come previsto per lo scavo d'ampliamento in presenza di traffico della Galleria Nazzano, è sintetizzato nella Figura 3. Si può osservare che ogni ciclo comprende l'esecuzione di una fase di pretaglio e di successive quattro fasi alternate di scavo e posa del rivestimento definitivo in conci prefabbricati.

Il ciclo d'avanzamento misura 4 m di lunghezza e la distanza tra il fronte di scavo e l'ultimo arco di rivestimento montato varia da un massimo di 6.5 m a un minimo di 4.5 m.

Come già accennato, le operazioni di pretaglio e di assemblaggio del rivestimento definitivo a V.A. sono realizzate utiliz-

zando un'unica macchina operatrice, denominata Attrezzatura Multifunzione (A.M.), costituita da una robusta struttura metallica a doppio arco (Figura 3).

Sul primo arco è montato un carrello che porta la lama per l'esecuzione del pretaglio e il sistema per l'intasamento dello stesso. La lama è dotata di catena dentata opportunamente progettata per disgregare il terreno e contemporaneamente estrarlo dall'incisione.

Sull'arco posteriore, progettato e dimensionato specificatamente per la posa in opera dei conci di rivestimento, scorre un carrello dotato di "erettore", in grado di "agganciare" detti conci e andarli a posizionare correttamente in opera.

Speciali strutture telescopiche (mensole retraibili), ancorate allo stesso arco e dotate di sensori che consentono di eseguire in sicurezza tutte le manovre indispensabili, sostengono nella giusta po-

Figura 2 - Galleria Nazzano: il traffico protetto dallo scudo d'acciaio di protezione mentre si procede all'ampliamento della vecchia galleria



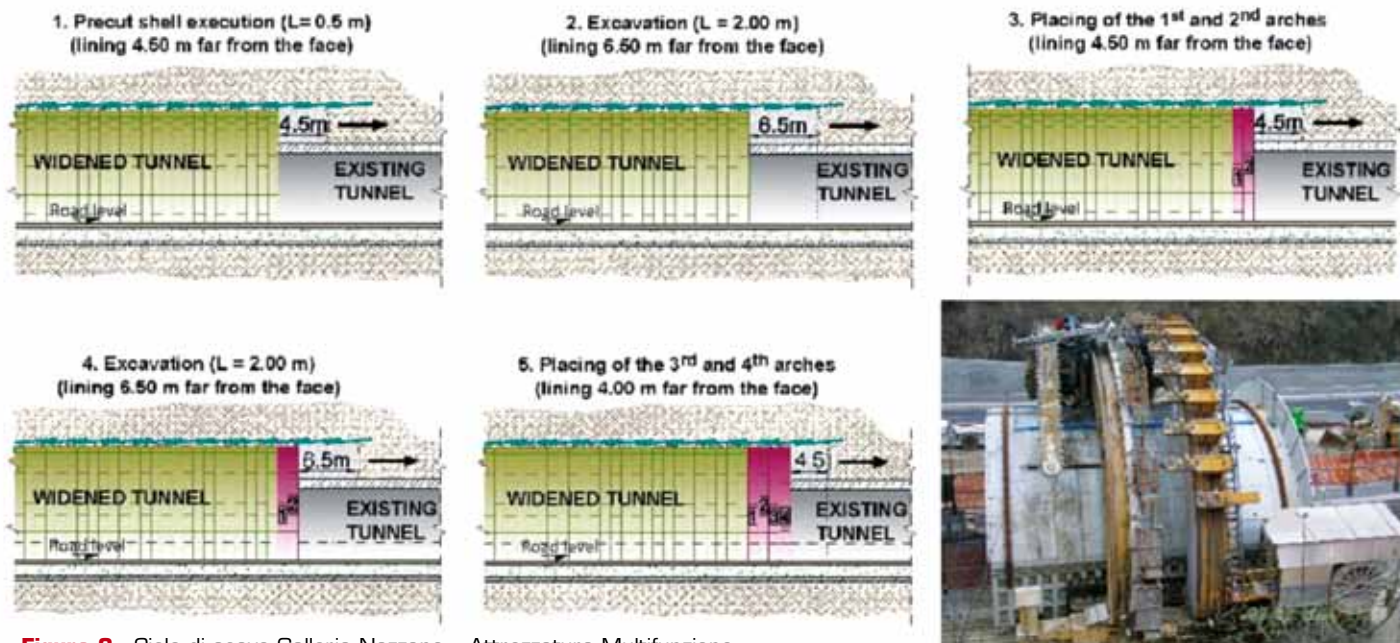


Figura 3 - Ciclo di scavo Galleria Nazzano – Attrezzatura Multifunzione

sizione i conchi per tutto il tempo necessario affinché l'arco di rivestimento sia reso autoportante.

La macchina trasla dal fronte di lavoro alla posizione di riposo al di sopra di uno specifico scudo di traslazione che la separa, in fase di spostamento, dal traffico sottostante.

Analisi dei dati di produzione riscontrati durante l'ampliamento in presenza di traffico della Galleria Nazzano

Come precedentemente accennato, l'ampliamento in presenza di traffico di una galleria comporta necessariamente un lay-out di cantiere caratterizzato da ridottissimi spazi operativi, tali da limitare fortemente in termini dimensionali le attrezzature utilizzabili, che devono comunque poter operare fino ad altezze considerevoli (circa 10 m).

Le suddette limitazioni hanno ovviamente dei fortissimi riflessi sulle massime produzioni conseguibili durante i lavori di ampliamento.

I valori delle velocità d'avanzamento ottenute nel corso dell'ampliamento sotto traffico dei due forni della Gal-

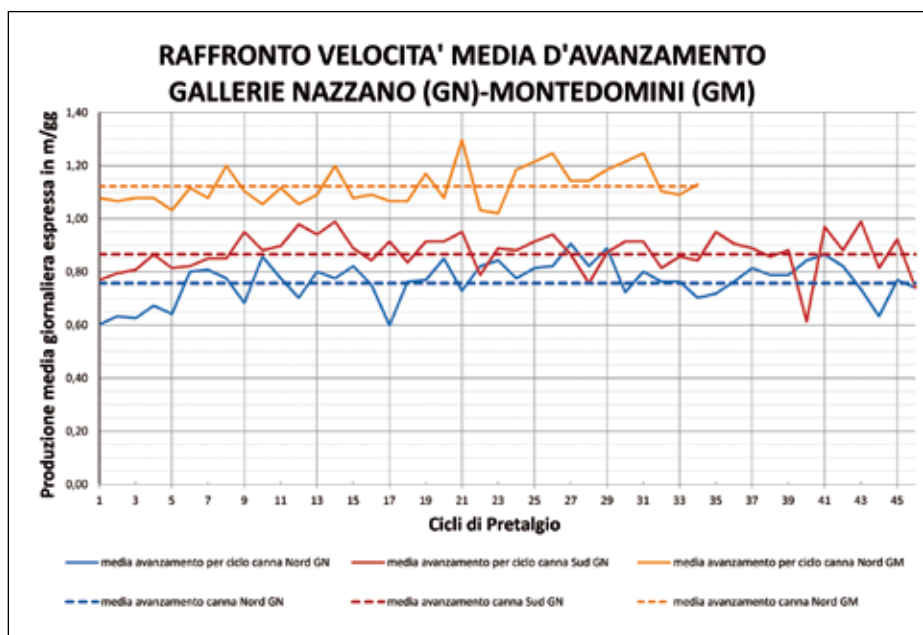
leria Nazzano oscillano tra 0.75 e 0.90 m/g, con picchi molto prossimi a 1 m/g (Figura 4).

L'analisi della tempistica di ciascuna fase del ciclo d'avanzamento e la relativa incidenza sulla produzione, unitamente a un esame obiettivo delle modalità operative adottate a Nazzano, hanno fornito spunti di riflessione assai utili per il miglioramento e l'ottimizzazione del metodo.

In particolare, si sono analizzati i dati di produzione, organizzati per macrofasi lavorative, relativi a un numero significativo di cicli d'avanzamento. Valorizzando la durata di ciascuna attività operativa, se ne è conseguentemente valutata l'incidenza percentuale media sul ciclo d'avanzamento.

Si è così individuato il "peso" di ciascuna fase sull'intero ciclo d'avanzamento e

Figura 4 - Gallerie Nazzano e Montedomini: velocità d'avanzamento del fronte d'allargò (corrispondenti al progressivo della galleria allargata e già definitivamente rivestita)



quindi sullo sviluppo della produzione. Dalle analisi condotte è emerso che il 22% del tempo del ciclo è dedicato all'esecuzione del pretaglio, il 24,1% allo scavo in avanzamento, il 46,1% al montaggio del rivestimento definitivo ed il 7,8% alle lavorazioni accessorie. Ne risulta che la macrofase lavorativa più incidente sulla tempistica del ciclo riguarda la realizzazione del rivestimento definitivo a "Volta Attiva", con un "peso" sulla produzione prossimo al 50%.

Applicazione del metodo di ampliamento in sede alla Galleria Montedomini

La stessa Committente che aveva commissionato l'ampliamento della Galleria Nazzano in presenza di traffico, Autostrade per l'Italia S.p.A., forte dei positivi risultati raccolti in tale prima esperienza, ha deciso di utilizzare la medesima metodologia di ampliamento anche per allargare la Galleria Montedomini, nell'ambito dei lavori di ammodernamento alla terza corsia più emergenza dell'Autostrada A14 Bologna-Taranto nella tratta tra Ancona Nord ed Ancona Sud, al mo-

mento in corso di realizzazione.

Per questo nuovo lavoro, il Progetto e la Direzione Lavori sono stati affidati a SPEA INGEGNERIA EUROPEA Spa e a ROCKSOIL Spa, mentre la costruzione è stata affidata all'Impresa GHELLA Spa.

Galleria Montedomini

L'attuale Galleria Montedomini, a doppio fornice, è lunga circa 280 m e ospita due corsie per carreggiata da 3,75 m ciascuna.

Il progetto, in corso di realizzazione, ne prevede l'ampliamento a tre corsie da 3.75 m + una corsia di emergenza da 3.00 m per ogni carreggiata.

Il tratto di galleria che sarà ampliato con il sistema Nazzano misura 217 m. I tratti restanti, in corrispondenza degli imbocchi, saranno infatti trasformati da galleria naturale a galleria artificiale. A differenza della Galleria Nazzano, che attraversava terreni sabbiosi, la Galleria Montedomini interessa terreni argillosi. Il rischio di incontrare gas in fase di scavo è molto basso.

La copertura varia da pochi metri fino ad un massimo di 25 m. L'area di scavo comprensiva di arco rovescio, ma esclusa la galleria esistente, è pari a 211 m².

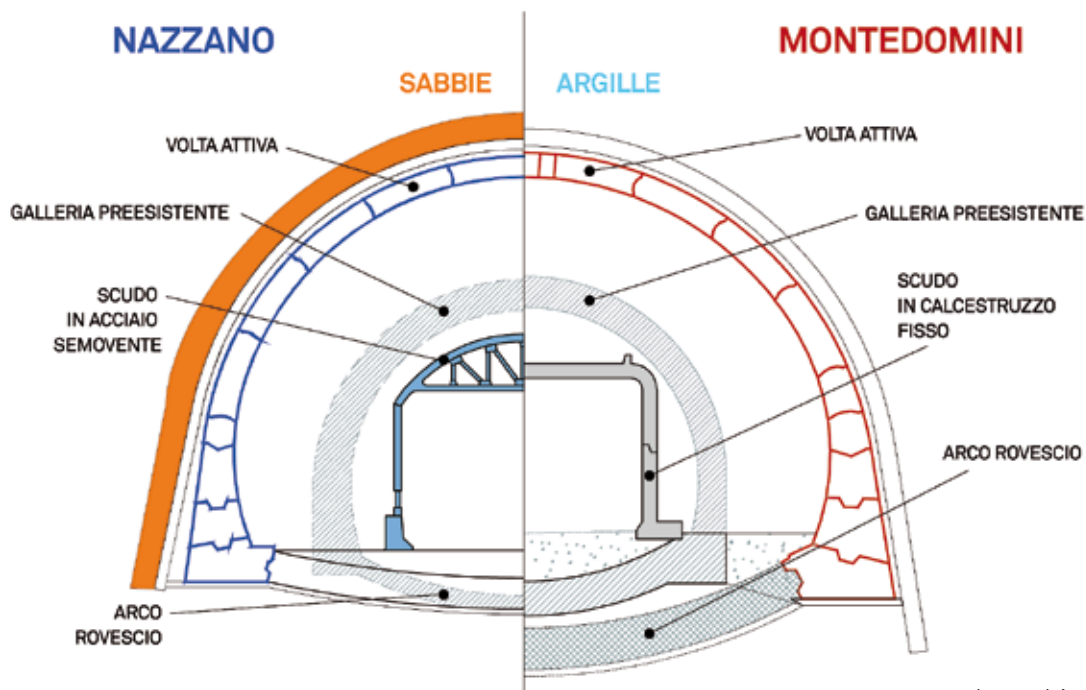
Evoluzione del metodo e differenze con la Galleria Nazzano

Sulla base dell'esperienza di Nazzano sono state apportate alcune modifiche alle modalità di esecuzione dell'opera d'ampliamento. Tali modifiche possono essere ricondotte a due motivi principali. Il primo riguarda le maggiori dimensioni dell'area di scavo e le differenti condizioni geotecniche al contorno, con presenza di terreni argillosi anziché sabbiosi.

Il secondo riguarda le ottimizzazioni/miglioramenti del sistema esecutivo, sulla base delle riflessioni e delle analisi espresse nel paragrafo precedente riguardo alle ottimizzazioni del lay-out di cantiere delle diverse fasi costruttive.

Le maggiori dimensioni dello scavo e le differenti condizioni geotecniche hanno reso necessaria l'adozione di un guscio di pretaglio più potente: 50 cm di spessore anziché 30 e 6 m di lunghezza anziché 5.5. Si è incrementata di conseguenza anche la sovrapposizione tra i gusci di pretaglio portandola da 1,5 m a 2 m. Sono aumentate inoltre le dimensioni dei conchi del rivestimento definitivo a volta attiva (da 2,2 a 2,8 m di spessore alla base e da 60 a 70 cm di spessore in calotta) e come conseguenza delle maggiori dimensioni è aumentato anche il loro peso massimo, che arriva a 80 KN. Viceversa la massima distanza dal fronte e l'ampiezza

Figura 5 - Raffronto tra la Sezione Tipo di Nazzano e Montedomini



del ciclo di avanzamento sono rimaste invariate rispetto alla Galleria Nazzano e pari rispettivamente a 6,5 m e 4,0 m. Come si vede in Figura 6, la prima ottimizzazione che si è eseguita per migliorare la situazione ha riguardato lo scudo di protezione del traffico. In particolare, si è abbandonata la tipologia di scudo metallico traslabile, con profilo di estradosso curvo in calotta, già descritta, e si è realizzato uno scudo fisso, di circa 400 m di lunghezza, realizzato interamente in cemento armato e avente un profilo di estradosso rettilineo. In tal modo lo scudo di protezione può ospitare sulla sua sommità una vera e propria area di cantiere, attraverso la quale possono essere trasportati i materiali necessari al fronte di scavo (conci prefabbricati per la calotta del rivestimento definitivo, calcestruzzo per l'intasamento del pretaglio e dei suddetti conci di rivestimento, mediante un sistema di tubazioni e pompe ivi alloggiato).

Questa modifica ha comportato in primo

luogo un ambiente di lavoro più sicuro, riducendosi il transito di mezzi dall'esterno verso il fronte di scavo e viceversa, con sostanziale riduzione del rischio d'investimento per le maestranze che possono accedere al fronte muovendosi sulla superficie superiore dello scudo, senza interferire in alcun modo con i mezzi in movimento ai lati della sede stradale e della galleria da allargare.

Inoltre uno scudo di lunghezza maggiore della galleria consente di iniziare le attività di predisposizione degli imbocchi anche dal lato opposto a quello d'avanzamento, oltre a consentire di organizzare un'altra unità produttiva qualora la galleria da allargare avesse lunghezza maggiore di 500 m, così da poter avanzare su due fronti.

Sulla base dei risultati delle analisi di produzione prima descritte, già in fase di progettazione si è provveduto a ridurre da 4 (di 1 m di lunghezza ciascuno) a tre (di 1.33 m di lunghezza ciascuno) il numero di archi di rivestimento prefabbricato da

montare per ogni ciclo d'avanzamento di 4 m. In questo modo si riducono del 25% le operazioni di montaggio degli archi, con un evidente beneficio correlato anche alla conseguente riduzione del numero di operazioni accessorie (piazamento dell'A.M., ecc.), per contro, in considerazione dell'aumento di ampiezza dei conci è conseguentemente aumentato anche il peso massimo degli stessi che comunque non ne influenza i tempi di installazione purchè l'Attrezzatura dedicata al montaggio sia correttamente dimensionata. Per realizzare questa modifica e guadagnare ulteriori benefici in termini di gestione delle fasi di manutenzione è stata realizzata un'importante variazione anche sulle attrezzature dedicate alla realizzazione del Pretaglio e della Volta Attiva.

L'ampliamento in sede in presenza di traffico della Galleria Montedomini, infatti, non viene realizzato utilizzando un'unica A.M., costituita da 2 portali solidarizzati come a Nazzano, ma da due macchine distinte: una dedicata esclusivamente

Figura 6 - Galleria Montedomini: l'area di cantiere sopra lo scudo



all'esecuzione del Pretaglio Meccanico e una dedicata esclusivamente all'assemblaggio della Volta Attiva (Figura 7).

Il principale vantaggio correlato allo scorporo delle funzionalità delle due macchine riguarda la possibilità di costruire Attrezzature più potenti e performanti in grado di realizzare un pretaglio più grande rispetto al caso della Galleria Nazzano o di porre in opera conci di maggiore peso. Peraltro, le due macchine sono strutturate in modo che la Macchina Posa Conci possa traslare al di sopra della Macchina del Pretaglio sia andando verso il fronte di scavo che al ritorno verso la posizione di riposo a circa 30-40 m di distanza dal fronte. Risultano infine presenti anche vantaggi correlati alla gestione della manutenzione poiché aumentano i tempi di riposo delle attrezzature singole rispetto ai tempi di riposo della Attrezzatura Multifunzione ridotti in sostanza esclusivamente alle fasi di scavo. La scelta di separare le Macchine Operatrici di Pretaglio e Volta Attiva ha implicitamente con-

fermato alcune scelte condotte a Nazzano in ordine alla necessità di eseguire la fase di scavo e di allontanamento del materiale per mezzo di escavatori e pale tradizionali piuttosto che per mezzo di utensili montati sui portali delle Macchine di Pretaglio o Volta Attiva. Contestualmente, la modifica predetta ha permesso di ottenere una diminuzione degli ingombri delle macchine operanti al fronte e consentito di aumentare gli spazi a disposizione per le manovre dei mezzi in tali zone. In particolare, la separazione della Macchina Multifunzione in due attrezzature specializzate ha permesso di ridurre la distanza tra fronte di scavo e rivestimento definitivo allo spazio minimo necessario per il posizionamento in opera dei conci di VA, in quanto viene meno l'ingombro del gruppo lama dedicato al pretaglio. Tale soluzione ha determinato l'adozione del seguente ciclo:

1. Esecuzione del Pretaglio (distanza fronte-rivestimento pari a 6,5 m);
2. Montaggio di 3 archi di conci prefab-

bricati per un totale di 4 m (distanza fronte rivestimento paria 2,5 m);

3. Scavo in avanzamento di 4 m (distanza fronte rivestimento pari a 6,5 m); con l'esecuzione delle macrofasi senza soluzione di continuità rispetto alla precedente esperienza di Nazzano con notevole riduzione dei tempi improduttivi del ciclo (spostamento macchina, protezione del fronte con spritz-beton, ecc...).

La modifica allo spessore degli anelli (da 1 m ad 1,33 m), insieme alla posa del rivestimento definitivo in un'unica fase invece che due ha permesso, ad oggi, di guadagnare più del 35% del tempo su questa specifica lavorazione rispetto all'esperienza maturata presso la Galleria Nazzano. Ulteriori innovazioni, infine, hanno riguardato la fase di smarino del materiale di pretaglio che viene eseguita per mezzo di "aspiratori" automatici che convogliano verso un idoneo mezzo a cassone il materiale da asportare per mezzo di un tubo in neoprene che raggiunge agevolmente le zone di intervento.

Figura 7 - Galleria Montedomini: le due macchine utilizzate per l'ampliamento in sede in presenza di traffico



Realizzazione dell'Opera

I lavori di ampliamento della Galleria Montedomini sono iniziati nel Settembre 2013 a partire dall'allargamento della galleria in direzione Nord.

I primi cicli di scavo sono serviti per la messa a punto del sistema, oltre che per l'acquisizione della necessaria esperienza da parte delle maestranze. Superato tale periodo, nel corso del quale l'ampliamento della galleria è stato eseguito per circa 50 m, per raggiungere produzioni medie giornaliere superiori al metro sono stati necessari altri 30 m d'avanzamento.

Nel mese di maggio 2014 l'ampliamento è stato completato in direzione Nord con una produzione media pari a 1,12 m/g, equivalente ad un ciclo di scavo da 4 m e 86 ore, con picchi di produzioni pari a 1,33 m/g equivalente ad un ciclo di scavo di 72 ore. Il lay-out di cantiere risultante ha determinato il significativo vantaggio di aver reso indipendenti e facilmente raggiungibili tutte le aree della galleria, da cui è derivata la possibilità di sovrapporre con continuità le lavorazioni. Ad esempio, mentre su un lato viene ultimata l'esecuzione del pretaglio e lo smarino del materiale di risulta, sull'altro lato è possibile avviare contestualmente la successiva fase del ciclo.

Tale possibilità operativa ha costituito un ulteriore importantissimo ingrediente per il raggiungimento di tassi di produzione del tutto comparabili con quelli dell'ampliamento di un tunnel realizzato in tradizionale, previa interruzione del traffico, privo di scudo e a parità di sezione di scavo.

Aspetti economici del metodo Nazzano applicato alla Galleria Montedomini

Il costo di un ampliamento in sede in presenza di traffico, esclusi gli oneri per la sicurezza, è pari a circa 57.000 euro/ml mentre per un ampliamento con terzo fornice il costo è circa 55.000 euro/ml, sempre esclusi gli oneri di sicurezza. Esaminando tali dati emerge che i costi resi omogenei delle due soluzioni sono molto vicini tra loro, con una differenza pari al 3,65% del costo dell'ampliamento in sede.

I maggiori costi della sicurezza per un ampliamento in sede (scudo di protezione del traffico), possono arrivare fino al 8,90% del costo dell'opera e quindi sono tali da non alterare sostanzialmente l'equilibrio finanziario dell'opera stessa. L'incidenza percentuale di tali costi tenderà a ridursi all'incrementarsi della lunghezza della galleria da ampliare e dei conseguenti costi globali dell'opera.

Conclusioni

Il metodo "Nazzano" di ampliamento in sede in presenza di traffico di una galleria stradale o ferroviaria è in una fase di importante evoluzione nell'ambito della seconda applicazione mondiale di questo sistema costruttivo alla Galleria Montedomini.

Alla Galleria Montedomini si è data risulazione alle principali criticità del metodo già in fase di progettazione, ma anche in fase di organizzazione del ciclo produttivo. Ciò è stato possibile anche grazie all'esperienza maturata nella prima applicazione mondiale alla Galleria Nazzano laddove, non senza difficoltà, erano state comunque già risolte alcune delle principali problematiche legate agli spazi molto ridotti a disposizione delle macchine operatrici in galleria. Nella Galleria Montedomini lo scudo di protezione da ostacolo e vincolo è stato trasformato in opportunità operativa costituendo la principale e più sicura via di alimentazione dei fronti di lavoro. In ogni caso le esperienze della Galleria Nazzano e della Galleria Montedomini sin qui acquisite dimostrano che l'ampliamento in sede in presenza di traffico di una galleria è oggi una reale possibilità da considerare ogni volta che si deve valutare l'adeguamento di un'infrastruttura esistente, con tratte in sotterraneo, a nuove e più onerose condizioni di traffico. Il metodo Nazzano, con le successive innovazioni e ottimizzazioni, può trovare il suo sviluppo naturale laddove non esistono possibilità alternative come nel caso di gallerie urbane o di gallerie stradali o ferroviarie con sbocchi su viadotti o altre opere d'arte.

References

- Lunardi P. et al. 1997, Il pretaglio meccanico per la costruzione della volta di 21,5 m di luce della stazione "Baldo degli Ubaldi" Gallerie e grandi opere sotterranee, n. 53.
- Lunardi P. 1999, Construction des stations de grandes portées pour métro, ETH-Tunnelbau-Symposium 99, Zurigo, 18 marzo 1999.
- Lunardi P. 1999, Une méthode de construction innovante pour élargir 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.
- Lunardi P. 2000, The construction of large-span stations for underground railways, Tunnel, n. 8 (dicembre), anno 2000.
- Lunardi P. et al. 2001 A new construction method for widening highway and railway tunnels, Atti del Congresso Internazionale su "Progress in Tunnelling after 2000", Milano, 10 ÷ 13 giugno 2001.
- Lunardi P. 2003, 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. 2.
- Lunardi P. 2003, Widening the load at Nazzano, Tunnels & Tunnelling International, Luglio.
- Lunardi P. et al. 2007, 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 Nov. 07.
- Lunardi P. 2007, Progetto e costruzione di gallerie-Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli (ADECO-RS), Ed. HOEPLI.
- Tolentino F. et al. Ampliamento della galleria di Nazzano senza interruzione del traffico.
- Tolentino F. 2008, Le gallerie nel progetto di ampliamento a 3 corsie dell'A14 da Rimini a Pedaso, Gallerie e Grandi Opere Sotterranee, n. 2, aprile-giugno.
- Lunardi P. et al. 2011 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.

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare Gennarino Tozzi di Atlantia Spa, Giovanni Scotto Lavina di Autostrade per l'Italia Spa, Antonio Formichella di Rocksoil Spa e Giandomenico Ghella, Roberto Alberati e Francesco Palchetti di Ghella Spa per gli importantissimi contributi a diverso titolo forniti per la stesura di questo articolo, ma soprattutto per la realizzazione della Galleria Montedomini. ■