

N I R WORKSHOP 2013

Note Interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie

Origine, evoluzione, applicazioni e sviluppi futuri del nuovo approccio
alla progettazione della sicurezza

4 - 5 Luglio 2013

Scuola di Ingegneria e Architettura
Università di Bologna
via Terracini, 28

A cura di:
Paolo Berry
Fausto Calzolari
Carlo Cormio

ISBN: 978-88-98010-20-2

4 – 5 Luglio 2013
Scuola di Ingegneria Civile ed Architettura
Università di Bologna
Via Terracini, 28

Workshop Nazionale

NIR 2013

**NOTE INTERREGIONALI DI INGEGNERIA DELLA SICUREZZA
NELLO SCAVO DI GALLERIE**

Origine, evoluzione, applicazioni e futuri sviluppi del nuovo approccio alla progettazione della sicurezza

ATTI DEL CONVEGNO

Workshop Nazionale

NIR 2013

NOTE INTERREGIONALI DI INGEGNERIA DELLA SICUREZZA NELLO SCAVO DI GALLERIE

Origine, evoluzione, applicazioni e futuri sviluppi del nuovo approccio alla progettazione della sicurezza

A cura di:

Paolo Berry, Carlo Cormio, Fausto Calzolari

Organizzato da:

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE,
CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI



Finanziato da:



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA

Patrocinato da:



Società Italiana Gallerie
Italian Tunnelling Society

Sponsorizzato da:

autostrade // per l'italia

COLLINS
servizi di Ingegneria

 **MIRETTI**

BERTIN & x
Your safety with us ...

 **Galileo**
ingegneria

I contributi presenti in questo volume sono pubblicati sotto la diretta responsabilità degli autori e non necessariamente riflettono l'opinione dei curatori, dell'editore e del Comitato Organizzatore o la posizione delle Istituzioni e delle imprese che hanno organizzato, supportato, patrocinato e sponsorizzato l'evento.

Questo documento è licenziato in base ai termini della licenza Creative Commons Attribuzione - Non Opere Derivate 3.0 (CC-BY-ND-3.0).

È consentito riprodurre l'opera soltanto nella sua forma integrale, inclusa la copertina.

© Copyright 2014 degli autori dei singoli contributi

Some rights reserved

Versione elettronica disponibile su AMS Acta all'indirizzo:

<http://amsacta.unibo.it/4069/>

DOI: 10.6092/unibo/amsacta/4069

ISBN della versione pubblicata su AMS Acta: 978-88-98010-20-2



Versione a stampa realizzata da:

ASTERISCO srl

via Belle Arti 31/b, 40126 Bologna (BO)

tel: 051 236866

fax: 051 261105

email: grafica@asteriscosrl.com

NIR 2013
NOTE INTERREGIONALI DI INGEGNERIA DELLA SICUREZZA
NELLO SCAVO DI GALLERIE

Comitato Organizzatore

Prof. Ing. Paolo Berry (Presidente)

Ordinario della Cattedra di Arte Mineraria presso la Scuola di Ingegneria ed Architettura dell'Università di Bologna

Ing. Fausto Calzolari (vice Presidente)

Coordinatore tecnico Grandi opere AUSL di Bologna-Montagna

PhD Ing. Carlo Cormio (segreteria organizzativa, comunicazione e sito web)

Assegnista di Ricerca presso il DICAM - Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali

PhD Ing. Stefano Bonduà (supporto web)

Ricercatore presso il DICAM - Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali

Comitato Scientifico

Prof. Ing. Paolo Berry (Presidente)

Ordinario della Cattedra di Arte Mineraria presso la Scuola di Ingegneria ed Architettura dell'Università di Bologna

Ing. Fausto Calzolari

Coordinatore tecnico Grandi opere AUSL di Bologna-Montagna

Ing. Alberto Selleri

Condirettore Generale Sviluppo Rete di Autostrade per l'Italia SpA

Ing. Andrea Lisardi

Direttore Tecnico presso Collins Srl

Ing. Andrea Pigorini

Responsabile dell'Unità Operativa Gallerie presso Italferr SpA

INDICE

Prefazione	1
Ringraziamenti	3
Le Note Interregionali. Nascita, evoluzione e diffusione sul territorio nazionale.	
Nascita ed evoluzione delle Note Interregionali.	7
<i>(Bandini, A., Berry, P., Calzolari, F., Colaïori, M., Cormio, C., Lisardi, A.)</i>	
L'esperienza dei Committenti. Le grandi opere di Autostrade per l'Italia SpA.	17
<i>(Tozzi, G.)</i>	
Scavo di gallerie in Ambiente grisutoso. L'esperienza di ANAS SpA.	21
<i>(Dibennardo, U., Micheli, A., Cedrone, L., Serangeli, S.)</i>	
L'esperienza di Italferr nel raddoppio della linea ferroviaria Parma-La Spezia tra le stazioni di Solignano e Fornovo.	29
<i>(Linetti, P., Bassetto, M., Rinaldi, G.)</i>	
L'esperienza delle Società di progettazione. La progettazione in sicurezza delle opere stradali.	35
<i>(Bazzarelli, M., Frisardi, S., Selleri, A.)</i>	
L'esperienza degli organi di controllo. Applicazioni delle NIR nelle Regioni Emilia-Romagna e Toscana.	41
<i>(Calzolari, F.)</i>	
L'esperienza degli organi di controllo. Applicazione delle NIR nella Regione Marche.	49
<i>(Perini, W.)</i>	
I benefici delle Note Interregionali in termini di tutela della salute.	55
<i>(Piredda, S.)</i>	
Progettazione della sicurezza in ambienti grisutosi.	
Il franco di sicurezza nello scavo di gallerie grisutose.	63
<i>(Bandini, A., Berry, P., Colaïori, M., Cormio, C., Lisardi, A.)</i>	
Sviluppo del progetto esecutivo di completamento della galleria Lercara sulla tratta Palermo-Agrigento.	79
<i>(Pigorini, A., Ricci, M.)</i>	
Cantieri VAV. La galleria di Base.	87
<i>(Rossi, F.)</i>	
Incidenza della classificazione della galleria sui costi di realizzazione.	97
<i>(Bazzarelli, M., Frisardi, S., Selleri, A.)</i>	
Progettazione della volata e sistemi di innesco utilizzabili in gallerie grisutose.	105
<i>(Muller, A.)</i>	
Lavori al fronte, dispositivi e procedure di sicurezza.	
Soluzioni ingegneristiche introdotte dalle NIR 41.	113
<i>(Bandini, A., Berry, P., Cormio, C.)</i>	
Applicazione delle NIR 41 e 43 nella progettazione di gallerie di grandi dimensioni.	125
<i>(Acerbis, R., Barbieri, G., Collotta, T., Selleri, A.)</i>	
Gestione unitaria dei lavori di scavo secondo la NIR 37. Il caso della linea ferroviaria Pontremolese.	135
<i>(Danese, A.)</i>	
Gestione delle emergenze e degli apprestamenti. La galleria di base.	137
<i>(Antonioni, L., Cadeddu, S.)</i>	
Il sistema integrato di gestione delle emergenze. L'esperienza dell'esercitazione per il recupero di un infortunato.	147
<i>(De Vincentiis, S., Bondioli, F., Mengoli, M., Toschi, L.)</i>	
Applicazione della NIR 12 nei cantieri VAV. Analisi delle problematiche progettuali, esecutive e gestionali.	153
<i>(Michelini, A., Cardin, M.)</i>	

Nuove tecnologie per lo scavo in sotterraneo.

Comunicazione wi-fi e sistemi tecnologici in ambiente ATEX.	161
<i>(Duccoli, A.)</i>	
La black box per i mezzi di cantiere ATEX.	167
<i>(Bertinelli, P., Moioli, D.)</i>	
Ampliamento della galleria Monte Domini. Nuove tecnologie per lo scavo in presenza di traffico.	171
<i>(Mazzeo, F.)</i>	
Nuovo sistema per il montaggio di centine in galleria senza la presenza di personale al fronte.	177
<i>(Palchetti, F.)</i>	
S-574 Progettazione, costruzione e primi riscontri di una fresa idonea ad operare in ambienti grisutosi.	183
<i>(Berry, P., Messina, L., Selleri, A.)</i>	
Martina, la TBM / EPB più grande al mondo. Consumativi ed applicazioni tecnologiche innovative.	193
<i>(Bandieri, S., Scolavino, L., Acquista, C., Comin, G., Pepino, M., Di Cara, A.)</i>	
Postfazione	195
<i>(Paolo Berry, Fausto Calzolari)</i>	

Prefazione

Il Workshop Nazionale *NIR 2013 - Note Interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie*, in parte finanziato dal Servizio Sanitario Regionale dell'Emilia Romagna, è stato promosso dalla Cattedra di Ingegneria e Sicurezza degli Scavi (Università di Bologna) e dall'AUSL di Bologna, con l'obiettivo di presentare i numerosi importanti risultati conseguiti nei cantieri delle grandi opere infrastrutturali. Tali risultati sono stati ottenuti applicando "Best Practice" dedicate a specifici aspetti dell'Ingegneria degli scavi in sotterraneo. Questi documenti, sottoscritti congiuntamente dalle due Regioni Emilia Romagna e Toscana, sono noti come Note Interregionali (NIR) e ciascuno è identificato dal numero d'ordine con cui è stato redatto.

Le NIR sono il risultato di un approccio alla sicurezza assolutamente innovativo in Italia e mirano a conseguire i massimi livelli di sicurezza nel lavoro in galleria. Ciascuna di esse è un trattato tecnico monotematico contenente soluzioni progettuali, costruttive, organizzative, tecnologiche e modalità operative. Il loro contenuto trae origine da situazioni problematiche ed eventi registrati nei cantieri Treno Alta Velocità (TAV) e Variante Autostradale di Valico (VAV), analizzati con il supporto del più aggiornato stato delle conoscenze scientifiche e tecnologiche o dei risultati di ricerche condotte ad hoc e tradotti in documenti di sicurezza.

In altri termini, l'Azienda USL, avvalendosi del costante supporto tecnico-scientifico di una struttura dell'Università di Bologna specializzata nel settore dell'Ingegneria e sicurezza degli scavi civili e minerari, ha interpretato il suo ruolo di organo di controllo e prevenzione in linea con la prassi comune di altri Paesi, contribuendo all'analisi ed alla soluzione di problemi tecnici più che a limitarsi a vigilare sull'applicazione di Norme, se non obsolete, non del tutto adatte a risolvere problemi di moderni cantieri sotterranei di ampia sezione, attrezzati con macchine potenti e complesse in grado di raggiungere elevati livelli di produttività. Ciò ha permesso di risolvere problemi altrimenti insormontabili e, rapidamente, i diversi soggetti impegnati nella realizzazione delle opere hanno apprezzato i concreti risultati prodotti dal metodo e ne sono diventati parte attiva.

Questo nuovo approccio alla sicurezza ha avuto inizio nel 1996 ed in pochi mesi si è concretizzato con la redazione della prima NIR (1998) dedicata agli scavi in formazioni gristose. In quasi 20 anni sono stati redatti 44 documenti e si può ritenere che con il completamento delle opere infrastrutturali appenniniche TAV, VAV, Terza Corsia Autostradale A1 e di alcune altre importanti opere ferroviarie (ad es.: ammodernamento della linea ferroviaria Pontremolese) questa esperienza avrà termine entro pochi anni.

Le NIR sono state esportate in altre Regioni da Committenti ed Appaltatori e sono state fatte proprie dalla Regione Marche. Diverse figure professionali, progettisti, società di servizi, produttori di attrezzature, di macchine e di sistemi di comunicazione e controllo hanno fornito contributi di idee e stimoli allo sviluppo di soluzioni successivamente formalizzate nelle Note Interregionali. Pertanto, il Comitato Organizzatore del Workshop ha ritenuto importante presentare i risultati più significativi con 25 relazioni rappresentanti molti degli aspetti e delle soluzioni poste in essere nella realizzazione di importanti gallerie nelle Regioni d'Italia ove si sono applicate le NIR.

Paolo Berry

Presidente del Comitato Organizzatore, Università di Bologna, DICAM

Ringraziamenti

Il Workshop ha registrato un notevole successo sottolineato dal numero di partecipanti (oltre 250 iscritti) che ha ampiamente superato le migliori previsioni. Un caloroso ringraziamento va rivolto all'Ing. Carlo Cormio, senza il cui entusiasmo il Workshop, così come l'edizione di questo volume degli atti, non si sarebbero potuti realizzare. Ringraziamenti vanno rivolti alla Regione Emilia Romagna ed agli Sponsor, che hanno sostenuto i costi dell'iniziativa, ai Dott. Gerosa e Pavone (Azienda USL di Bologna) ed al Prof. Santarelli (DICAM – Università di Bologna), che hanno insistentemente incoraggiato a diffondere in una sede qualificata i risultati raggiunti in circa 20 anni di attività spesi per la sicurezza nel lavoro in galleria, al Prof. Ubertini (Direttore DICAM – Università di Bologna) che ha messo a disposizione del Workshop la struttura logistica ed amministrativa del Dipartimento, tutti i Relatori, che hanno presentato casi di studio, problematiche e soluzioni tecniche che hanno mantenuta alta l'attenzione e l'interesse per l'intera durata del convegno. Un ringraziamento all'Ing. Tozzi (Autostrade per l'Italia SpA) che ha sempre incoraggiato la necessità di soluzioni per l'automazione dei lavori al fronte, incoraggiamento che si è concretizzato con la cosiddetta “centina sicura”, messa a punto da Palchetti e sperimentata con successo in una galleria che sta costruendo la Ghella SpA. Un ringraziamento va rivolto all'Ing. Selleri (SPEA Ingegneria Europea SpA) che ha proposto di studiare la fattibilità tecnica di utilizzazione dello scavo meccanizzato (TBM) in formazioni contenenti metano. Gli studi promossi da Selleri hanno portato alla costruzione della TBM-EPB S-574 (Martina) utilizzata nella Galleria Sparvo. Infine, vorrei ringraziare tutti coloro che hanno fornito un contributo operativo alla riuscita del Workshop: Barbara Costantini, Annalisa Bandini, Valentina Fagnoli, Ester Maria Vasini, Marianna Vannini, Mauro Italiano, Lucia Sancini.

Paolo Berry

Presidente del Comitato Organizzatore, Università di Bologna, DICAM

Le Note Interregionali.
Nascita, evoluzione e diffusione sul territorio.

NASCITA ED EVOLUZIONE DELLE NOTE INTERREGIONALI

Bandini, A.¹, Berry, P.¹, Calzolari, F.², Colaioni, M.³, Cormio, C.¹, Lisardi, A.³

¹ Università di Bologna, Dip. di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM)

² Azienda USL Bologna

³ Collins srl

Abstract

Nel periodo aprile 1998 – maggio 2012 le Regioni Emilia Romagna e Toscana hanno congiuntamente sottoscritto 44 Note Interregionali (NIR) che trattano numerosi rilevanti temi di sicurezza da considerare come elementi di primo piano nella progettazione e nella realizzazione di scavi sotterranei. Questi documenti hanno avuto origine subito dopo l'apertura dei cantieri del progetto ferroviario TAV (Treno Alta Velocità) e del progetto di adeguamento autostradale VAV (Variante di Valico dell'Autostrada A1).

Le NIR sono strutturate sul più aggiornato stato delle conoscenze relativo alle soluzioni tecniche, tecnologiche, organizzative dell'ingegneria degli scavi. Quasi tutte le Note sono rivolte alla realizzazione in condizioni di massima sicurezza di gallerie caratterizzate da ampio fronte di avanzamento, dal metodo di scavo a piena sezione con tecnica tradizionale e con TBM. In breve, rappresentano i più aggiornati principi di buona tecnica ("Best Practices") poiché sono state redatte considerando il risultato della ricerca scientifica e tecnologica applicata all'ingegneria ed alla sicurezza degli scavi.

Per alcuni temi (ad esempio il potenziale pericolo di esplosioni associato ad emissioni di grisù) sono state redatte più edizioni delle NIR per tenere conto: (i) dei progressi, nello stato delle conoscenze, derivanti dall'analisi degli scenari emersi dalle osservazioni nelle gallerie in costruzione e dai risultati di Studi e Ricerche scientifiche e tecnologiche; (ii) delle nuove norme nazionali ed europee sulla sicurezza; (iii) dei problemi associati allo scavo meccanizzato con TBM-EPB.

Alcune NIR (la seconda e la terza edizione sul grisù) sono state redatte in una doppia versione, la seconda di queste per rendere più immediata la consultazione; altre NIR rappresentano interpretazioni autentiche, approfondimenti, chiarimenti, correzioni di Note già adottate dai cantieri.

Tra i temi di più grande rilevanza trattati dalle NIR, sono da citare: (i) la sicurezza contro il rischio di infortuni associati a caduta di gravi (porzioni di materiale roccioso) nelle fasi di lavoro a ridosso del fronte; (ii) la titolarità del governo dei lavori in galleria; (iii) le misure di sicurezza, relative al rischio di investimento da parte di macchine operatrici di grandi dimensioni; (iv) la sicurezza nello scavo di gallerie con tecnica tradizionale in terreni grisutosi; (v) l'utilizzazione di TBM – EPB nello scavo di gallerie in terreni grisutosi.

Questo dinamico approccio alla sicurezza, nuovo per l'Italia, basato su una logica che propone l'adozione di soluzioni aggiornate dell'ingegneria degli scavi in grado di garantire condizioni di lavoro a sicurezza "intrinseca", ha promosso il confronto tra più soluzioni tecniche, l'innovazione tecnologica, il ricorso a nuove figure di tecnici specialisti. La validità dell'approccio "NIR" alla sicurezza trova conferma nell'adozione delle NIR da parte della Regione Marche. L'adesione "spontanea" da parte di numerosi cantieri in molte Regioni ha permesso di risolvere con successo problemi di ingegneria della sicurezza di notevole importanza.

1. Premessa

Il settore dei cosiddetti "cantieri temporanei o mobili", o delle costruzioni, è caratterizzato dal più elevato numero di infortuni mortali. Le statistiche dell'INAIL, relativamente al periodo 2004

– 2006, forniscono per l'Italia il quadro di Figura 1.

Si tratta di un settore che comprende una gamma di attività molto ampia ed eterogenea per tipologia d'opera o d'intervento, per dimensioni, durata temporale ed organizzazione del cantiere,

per impianti, tecniche e tecnologie impiegate. Mentre l'OSHA (Occupational Safety & Health Administration, USA), raccoglie ed analizza i dati sugli infortuni, distinguendo i cantieri per lo scavo di gallerie (Figura 2), di trincee, di pozzi di grandi dimensioni, per realizzare strade, autostrade, ponti, ecc., in Italia non sono disponibili dati pubblici significativi, riferiti alle cause primarie di incidente per le diverse tipologie di cantiere (Berry & Patrucco, 2011).

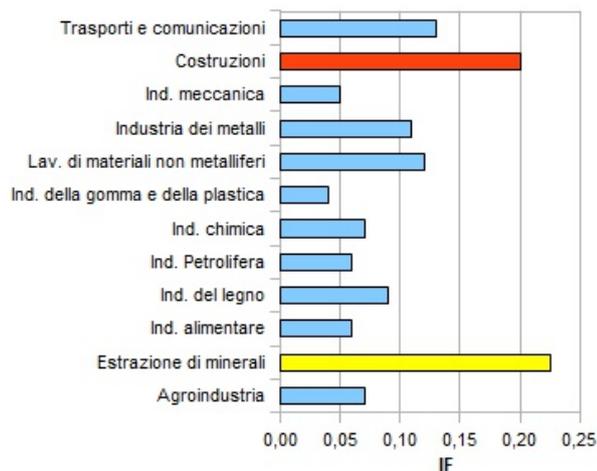


Fig. 1 – Indici di frequenza INAIL degli infortuni nei principali comparti produttivi: in rosso il settore delle costruzioni, in giallo il settore minerario (Berry & Patrucco, 2011).

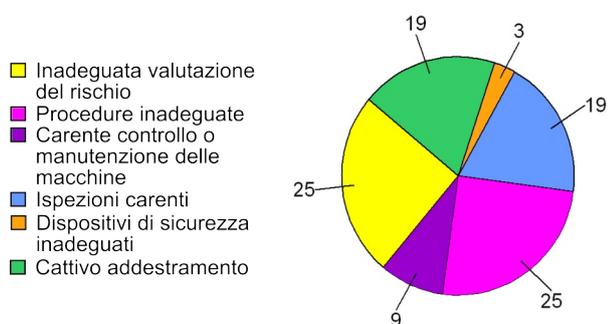


Fig. 2 - Analisi statistica degli infortuni registrati in USA nel periodo 1999 – 2006 nei cantieri di costruzione di gallerie (Berry & Patrucco, 2011).

La “Guida ISPESL per l’esecuzione in sicurezza delle attività di scavo” (Cortis & Rossi, 2008) conferma che il settore delle costruzioni civili è in vetta alle classifiche per infortuni mortali. Dai dati complessivi emerge che il 12% di essi si verificano in attività del comparto “movimento terra” ed un quarto di questa percentuale comprende le attività di scavo senza distinzione tra cantieri di limitate dimensioni e quelli che realizzano gallerie e cavità sotterranee di grande sezione e volume.

Una rapida lettura dei limitati ed incompleti dati sugli infortuni mortali registrati nelle più grandi opere realizzate in Italia nell’ultimo centinaio di anni fornisce elementi di giudizio sul livello di pericolosità del lavoro sotterraneo per la realizzazione di gallerie.

Il traforo del Sempione (1898 – 1905), lungo circa 40 km, ha fatto registrare 106 infortuni mortali, 21 dei quali nei cantieri sotterranei, dato che si traduce nel valore medio di 1 morto ogni 2 km.

La costruzione della galleria per la Direttissima Bologna – Firenze (1920 – 1929), lunga 18,5 km, fece registrare 99 caduti sul lavoro (in media, poco più di 5 morti per km); gli incidenti furono originati da varie cause, tra cui crolli di materiale roccioso o terrigeno, incendi generati da esplosioni di metano rilasciato dai terreni attraversati, violenti afflussi d’acqua, ecc.

Lo scavo della galleria del San Gottardo (1970 – 1980), lunga poco meno di 17 km, è stata segnata da 19 infortuni mortali (poco più di 1 morto a km).

Nel quadruplicamento della linea ferroviaria Firenze – Roma (fine anni ’80), durante la realizzazione di una sequenza di 11 gallerie naturali (9 di linea e 2 di interconnessione), lungo la tratta di 27 km compresa tra i Comuni di Castiglion Fibocchi e San Giovanni Valdarno, si sono registrati 8 infortuni mortali, 3 dei quali causati da franamento del fronte di scavo in galleria e 3 per ribaltamento di automezzi di cantiere.

Ovviamente i dati sopra citati non sono direttamente confrontabili tra loro se non si fa riferimento, quanto meno, al numero di ore lavorate in sotterraneo.

2. Motivi tecnici che hanno dato l’avvio alle NIR

Nel 1996, con l’inizio dei lavori del progetto TAV (Treno Alta Velocità) tra Bologna e Firenze, i servizi pubblici di prevenzione (ci si riferisce alle aziende USL) delle Regioni Emilia Romagna e Toscana si sono trovati di fronte a problemi di salute e di sicurezza, tipici dei grandi cantieri di scavo. Il settore era pressoché sconosciuto nelle due Regioni, sia perché solo a partire dal 1978, con la L. 833/1978, la vigilanza in materia di salute e sicurezza sul lavoro era stata demandata

all'attività di prevenzione di un apposito servizio facente capo all'ASL (che, con il D.Lgs. 502/1992, sarà chiamato "Servizio Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro", S.Pre.S.A.L.), sia perché gli ultimi lavori infrastrutturali di grandi dimensioni risalivano all'epoca della costruzione dell'autostrada A1 e del quadruplicamento ferroviario sopra richiamato.

L'approccio alla sicurezza nell'ingegneria degli scavi deve essere del tutto specifico poiché occorre considerare che la sicurezza è in gran parte condizionata dalla stretta interazione tra uomini, macchine, impianti, dall'ambiente in cui sono confinati i cantieri e dalla risposta meccanica degli ammassi rocciosi attraversati dalle opere.

Le due amministrazioni regionali, per fare fronte in modo efficace e mirato alla specificità del settore, hanno realizzato un profondo ed articolato processo di formazione in "Ingegneria e Sicurezza degli scavi" di un nucleo operativo delle AUSL creato ad hoc e dedicato esclusivamente alla sicurezza dei cantieri TAV e VAV (Variante di Valico dell'Autostrada A1), hanno stabilito un costante e solido coordinamento tra l'AUSL di Bologna e quella di Firenze, un rapporto continuo di collaborazione e supporto tecnico – scientifico con il Settore Scientifico Disciplinare "Ingegneria e Sicurezza degli Scavi" dell'Università di Bologna e con l'Istituto di Scienze della Terra dell'Università di Firenze e frequenti scambi di informazioni con l'Istituto Nazionale Svizzero di Assicurazione contro gli Infortuni (INSAI) (Foglietta, 2001).

Inoltre, è stato stipulato un accordo con i Committenti sull'organizzazione del sistema di soccorso, è stato favorito e sono stati posti in essere frequenti confronti tecnici tra le AUSL (consulenti ed operatori) ed i diversi soggetti coinvolti nella realizzazione delle opere (imprese, progettisti, committenze, CSP, CSE, ecc.), confronti rivolti alla focalizzazione ed alla ricerca di soluzioni tecnico – organizzative riguardanti scenari e situazioni critiche sotto il profilo della sicurezza e della salute.

Infine, con azioni mirate si è tenuto conto che la prevenzione è efficace solo se è esercitata dal soggetto pubblico in stretta collaborazione con tutto il "sistema impresa" e con gli altri soggetti coinvolti direttamente nella realizzazione dell'opera.

3. Nascita delle Note Interregionali

Già nei primi mesi di attività nei cantieri, è apparsa del tutto evidente la significativa inadeguatezza, rispetto all'obiettivo di conseguire la "massima sicurezza", del quadro normativo di riferimento, delle modalità di lavoro correnti, degli impianti, macchine ed attrezzature e dei sistemi di monitoraggio.

L'organo istituzionale di prevenzione e controllo ha ritenuto, quindi, indispensabile ed urgente, sin dalle prime fasi realizzative dei due progetti infrastrutturali TAV e VAV, individuare soluzioni tecniche ed organizzative mirate a risolvere le suddette carenze allo scopo di azzerare il numero di gravi incidenti, obiettivo ambizioso e complesso ma non impossibile da raggiungere.

Per quanto riguarda il non adeguato quadro normativo, vale per tutti l'esempio seguente. All'epoca (1996), era vigente il DPR 320/1956 "Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo", di ottimo livello tecnico – applicativo, ancora valido per l'approccio alla sicurezza e per i principi generali ma non adeguato all'evoluzione nell'ingegneria degli scavi che ha caratterizzato il quarantennio 1956 – 1996. In particolare, il Capo X "Scavi in terreni grisutosi e misure di sicurezza contro le esplosioni", agli articoli 71 – 80, imponeva di considerare l'intero sviluppo della galleria come grisutoso anche nel caso in cui il pericolo di emissioni di metano era limitato ad un tratto di galleria di lunghezza estremamente limitata. In altri termini, non considerava e non poteva considerare le attuali soluzioni per le reti di monitoraggio, l'innovazione nei sistemi di controllo, ecc.

Il pericolo di esplosioni da innesco del metano, presente nel sottosuolo appenninico in maniera diffusa ed a luoghi massiva, è stato il primo tra i numerosi importanti problemi che si sono affrontati e risolti positivamente. I progetti non avevano approfondito questo aspetto con indagini mirate e specifiche ed avevano sottovalutato gli occasionali segnali che indicavano la presenza di metano nei sondaggi. Conseguentemente la tipologia delle macchine e degli impianti, così come l'organizzazione dei cantieri, non erano idonee ad affrontare terreni grisutosi in condizioni di sicurezza.

Per contro, il Centro Studi e Ricerche in Inge-

gneria Mineraria e degli Scavi (SRIM) dell'Università di Bologna (consulente dell'AUSL di Bologna) avvertiva, sulla base dei risultati di ricerche mirate, che gli scavi sotterranei avrebbe-

ro dovuto fronteggiare emissioni di gas metano, caratterizzate da variabilità dei parametri di flusso e dalla limitata prevedibilità (Figura 3).

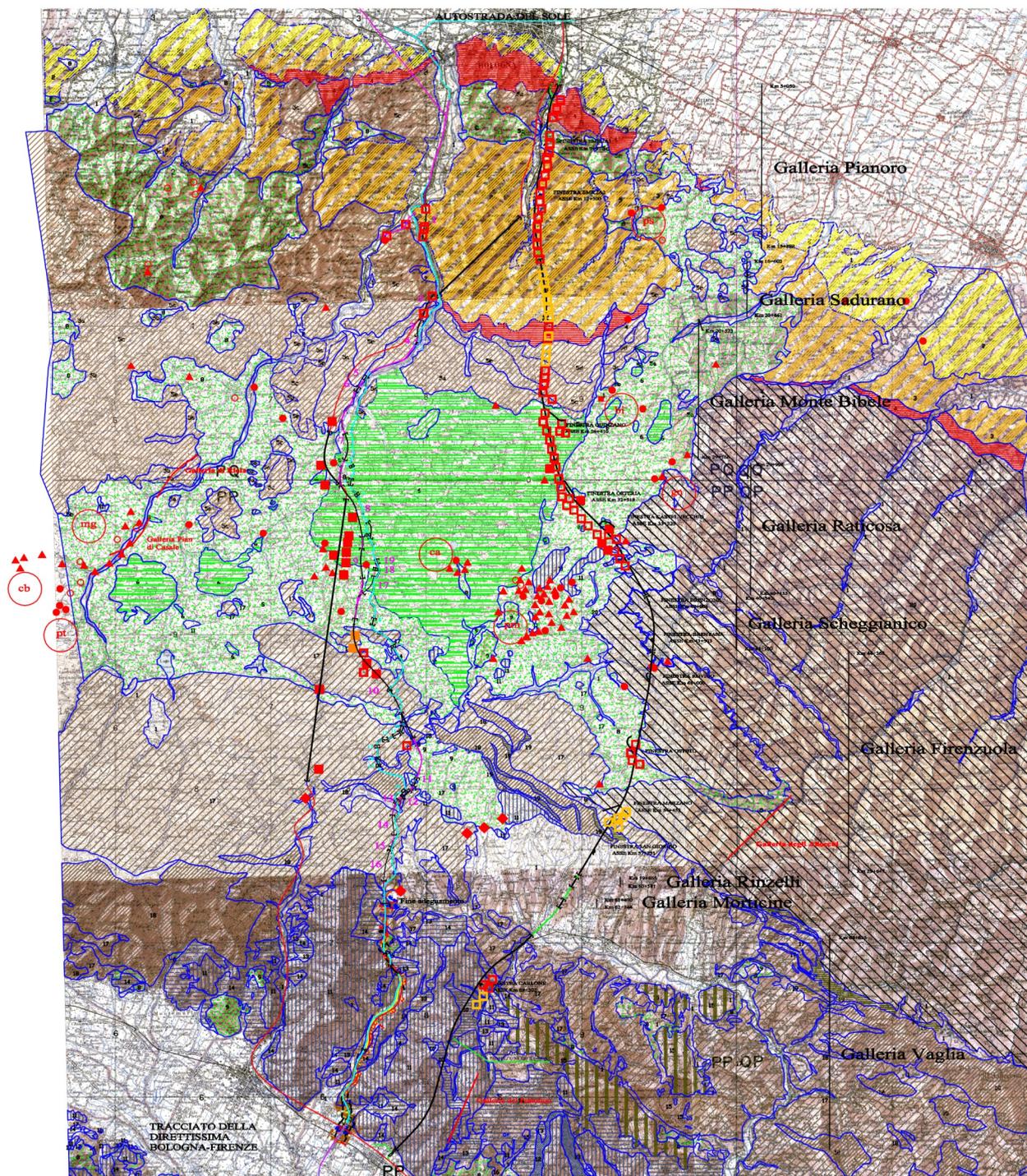


Fig. 3 – Porzione della carta delle manifestazioni redatta dal Centro SRIM (Berry et al., 2000).

Rispetto allo specifico problema “metano”, l’Organo di Vigilanza si è trovato di fronte ad un’alternativa tra due soluzioni di diverso peso: fare applicare, in prima istanza, norme datate non sufficienti a garantire alti livelli di sicurezza ed attendere il varo di Norme più efficaci, oppure optare per una soluzione “rivoluzionaria”, consistente nel produrre documenti ingegneristici specifici contenenti soluzioni e procedure, applicabili immediatamente, in grado di migliorare incomparabilmente i livelli attesi di sicurezza.

Si è preferito adottare questo approccio, piuttosto che attendere l’emanazione di nuove leggi perché, anche ammettendo un convinto e continuativo impegno del legislatore (cosa tutt’altro che scontata), i tempi di approvazione sarebbero stati estremamente lunghi. Inoltre, si sarebbe andati contro l’obiettivo di avere riferimenti costantemente aggiornati rispetto al progredire dello stato delle conoscenze tecniche. L’adozione della forma legislativa avrebbe, infatti, rischiato di cristallizzare, al periodo in cui viene redatta la legge, soluzioni e procedure che devono, invece, seguire l’innovazione, perché si concretizzi un’efficace prevenzione, mentre, da questo punto di vista, una Nota di Buona Tecnica, per definizione, è rapidamente revisionabile e rieditabile.

Queste sono le premesse che hanno dato origine alla prima Nota di Buona Tecnica (aprile del 1998) che, essendo stata sottoscritta dalle due Regioni Emilia Romagna e Toscana, è stata identificata come Nota InterRegionale (NIR) ed intitolata “Scavo di gallerie in terreni grisutosi: standard di sicurezza. DPR 320/56 Capo X”, in breve “Grisù 1a edizione” (NIR 1). Varata per dare l’avvio ai lavori in condizioni di assoluta sicurezza contro il pericolo di esplosioni di gas naturale negli scavi sotterranei, è stata redatta (così come le successive) da un ristretto gruppo di ricercatori del centro SRIM dell’Università di Bologna e di ingegneri delle AUSL di Bologna e Firenze.

Questa Nota Interregionale è il primo esempio, in Italia, di «norma di buona tecnica» allineata con l’evoluzione dello stato delle conoscenze scientifiche, tecniche, organizzative e gestionali. La sua applicazione è stata seguita costantemente nei cantieri per identificare elementi di criticità o di inadeguatezza da sottoporre a revisioni e correzioni. Con tale nota l’indice di classifica è attribuito a tratti di galleria omogenei rispetto alle

soluzioni di ingegneria degli scavi (geometria, metodo e tecnica di scavo, macchine, impianti e strumenti, circuito di ventilazione, layout) ed alle caratteristiche di flusso del metano.

I dati rilevati nei primi chilometri scavati applicando la NIR 1 hanno suggerito sia modifiche al sistema di classificazione sia soluzioni riguardanti le indagini preliminari, le macchine e gli impianti ed il sistema di monitoraggio. I successivi approfondimenti tecnico scientifici (1998 – 1999) del Centro SRIM sono stati rivolti verso la definizione di metodi di indagine per la caratterizzazione degli ammassi grisutosi e la definizione di linee guida per:

- l’individuazione delle aree a rischio di accumulo del gas e di innesco dell’esplosione nel cantiere;
- la configurazione del cantiere di scavo e la sua conduzione;
- la progettazione della rete di ventilazione ed il controllo della sua efficienza;
- il controllo dei tenori di gas nel cantiere con rete di monitoraggio e registrazione dei dati;
- la classificazione delle gallerie.

Nel 1999, sulla base dei risultati di studi e ricerche (Berry et al., 2000), viene suggerita una nuova articolazione della classifica delle condizioni di pericolo associate al metano secondo 5 indici (NIR 5) in luogo dei precedenti 3 indici (NIR 1). La NIR 5 identifica tre classi principali (0, 1, 2) e la classe 1 è, a sua volta, suddivisa in tre sottoclassi (1a, 1b, 1c). Un esempio dell’applicazione del metodo di classificazione secondo la NIR 5 è rappresentato in Figura 4, mentre in Tabella 1 è riportata la suddivisione, in termini percentuali, dei tratti delle gallerie TAV appartenenti alle diverse classi. Si ricorda che la classe 0 è attribuita ai tratti per i quali si esclude la possibilità di emissioni di gas, la classe 2 impone l’antideflagranza.

Per descrivere la profonda innovazione introdotta dalle NIR nella ingegneria della sicurezza, che sono perlopiù basate su un forte legame tra risultati della ricerca scientifica e tecnologica e soluzioni adottate a tutela della sicurezza, ci si sofferma brevemente su alcuni elementi basilari su cui sono state “costruite” le NIR sul pericolo metano.

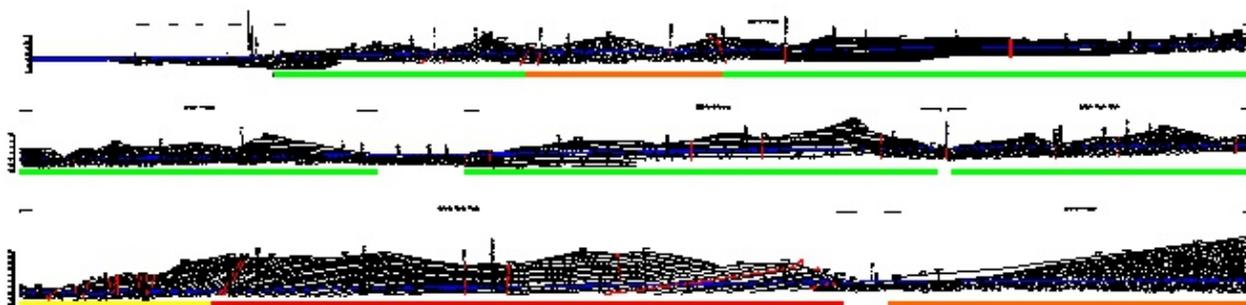


Fig. 4 – Appennino Tosco-Emiliano: classificazione preliminare delle gallerie TAV, in una porzione della tratta Bologna – Firenze, secondo NIR 5. In bianco, verde, giallo, arancione e rosso i tratti, rispettivamente, di classe 0, 1a, 1b, 1c e 2.

Tabella 1 – Classificazione delle gallerie TAV in base alla NIR 5.

Classe	Frequenza
0 - si escludono flussi di gas	9,5 %
1a - remote possibilità di flussi di gas	45,4 %
1b - previsti flussi limitati di gas	18,1 %
1c - possibili flussi in formazioni complesse	4,1 %
2 - flussi significativi	23,0 %

4. Criteri di classifica

In difformità con il Capo X del DPR 320/56, l'approccio NIR classifica tratti di galleria, ciascuno dei quali ritenuto omogeneo rispetto alla valutazione del pericolo metano nel cantiere. Inoltre, anche se sinteticamente si fa riferimento al livello di afflusso di gas (Tabella 1), di fatto le gallerie sono classificate sia in base all'organizzazione, alla tipologia, alle macchine ed impianti del cantiere, sia ad una previsione qualitativa delle caratteristiche di flusso del grisù potenzialmente causato dall'interazione tra lo scavo e gli ammassi attraversati o limitrofi.

Infatti, le modalità di emissione variano in funzione delle caratteristiche della galleria, del metodo, della tecnica e delle modalità di scavo, delle caratteristiche geostrutturali dell'ammasso roccioso.

In generale, si possono schematizzare come segue:

- emissione da vie di comunicazione idraulica «galleria – serbatoio metanifero» (faglie profonde – strutture geologiche – grandi serbatoi di idrocarburi o serbatoi isolati e di dimensioni limitate);
- emissione da elementi permeabili inglobati in rocce poco permeabili (il caso delle formazioni strutturalmente complesse);

- emissione per drenaggio da una roccia poco permeabile con permeabilità isotropa;
- emissioni associate agli acquiferi.

Durante la fase di scavo si possono avere emissioni: massicce ed improvvise; a pressione non elevata, continue e o discontinue nello spazio con portata elevata; con portata modesta; per dispersione molecolare ed associate ai flussi d'acqua.

Nel caso (a), schematizzato in Figura 5, le emissioni sono concentrate in tratti individuabili, non si esauriscono in tempi compatibili con il cronoprogramma della realizzazione dell'opera e la portata, dopo un transitorio iniziale, rimane costante nel tempo.

Nel caso (b) schematizzato in Figura 6, le emissioni, dopo un transitorio iniziale, possono esaurirsi in tempi compatibili con i programmi di avanzamento dello scavo, o rimanere costanti con portate per lo più trascurabili oppure, ma più raramente, con portate significative. In generale, le emissioni di tipo (b) interessano ampi tratti di galleria.

Nel caso (c) (Figura 7), dopo un transitorio iniziale, le emissioni possono rimanere costanti con portate per lo più trascurabili ma che possono determinare accumuli e layer in galleria. In generale, sono caratterizzate dal fatto che interessano ampi tratti di galleria.

Le valutazioni sulla possibilità che si creino atmosfere esplosive in galleria non si prestano ad un procedimento di calcolo, per l'assenza di previsioni sui valori di due importanti parametri, la portata e la durata dell'immissione di grisù in galleria. Tali valutazioni devono essere desunte dall'analisi dei dati storici sulle emissioni spontanee od indotte dalla realizzazione di scavi limitrofi infrastrutturali o da estrazioni minerarie,

oltre che da sondaggi preliminari specificatamente mirati a trovare grisù (Figura 3). Una particolarità molto importante è che la classificazione, in analogia con le classifiche geotecniche per la definizione delle sezioni di scavo, non è statica ma dinamica e va aggiornata tenuto conto delle emissioni registrate anche durante la fase di scavo.

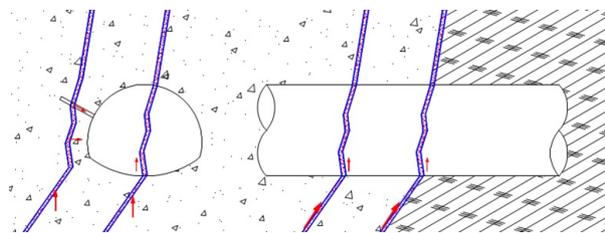


Fig. 5 – Modalità di emissione da faglie profonde o strutture geologiche che mettono in comunicazione idraulica la galleria con il serbatoio di metano.

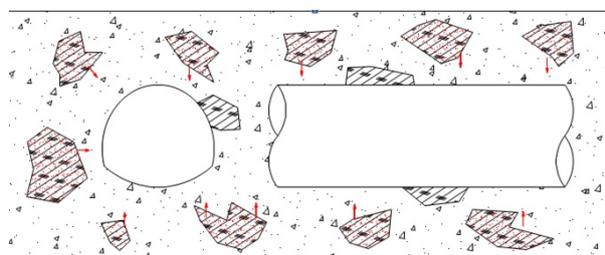


Fig. 6 – Modalità di emissione da serbatoi di idrocarburi isolati e di dimensioni limitate.

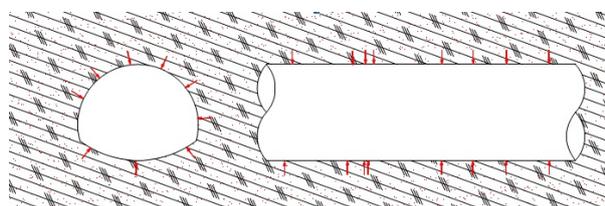


Fig. 7 – Modalità di emissione per drenaggio da una roccia serbatoio.

5. Evoluzione delle Note Interregionali

La prima NIR ha permesso di verificare sul campo l'efficacia di questo “rivoluzionario” approccio alla sicurezza e le successive tre edizioni sullo stesso tema “metano” rappresentano il più efficace esempio per rappresentare la continua “evoluzione” e rielaborazione, per tenere conto del progredire dello stato delle conoscenze, di nuove soluzioni tecniche di scavo e dell'emanazione di nuove normative.

Come ricordato in modo più ampio nel precedente paragrafo, le prime esperienze sul campo, nel biennio 1998 – 1999, hanno messo in vista la necessità di apportare profonde modifiche alla

prima edizione della NIR “grisù” modifiche concretizzatesi nel marzo 2000 con la NIR 7 “Standard di sicurezza per lo scavo di gallerie in terreni grisutosi nell'Appennino Tosco Emiliano”.

Nel 2003 il Capo X del DPR 320/1956 è stato abrogato dall'art. 4 del D.Lgs. 233/2003 (7 – 8 anni dopo l'inizio dei lavori TAV e VAV) che, a sua volta è stato abrogato dal D.Lgs. 81/2008.

Il D.Lgs. 233/2003 sulle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza dei lavoratori esposti al pericolo associato ad atmosfere esplosive ha recepito la Direttiva Europea 1999/92/CE, ed a sua volta, è stato recepito in pieno dal Titolo XI del D.Lgs. 81/2008 specificando che si applica anche ai lavori in sotterraneo ove è presente od è prevedibile un'area con atmosfere esplosive (Articolo 287 – Comma 1 e 2).

Questa modernizzazione, rispetto al DPR 320/1956, della normativa italiana (D.Lgs. 233/2003) derivante dal recepimento della Direttiva 1999/92/CE è stata giudicata dall'Organo istituzionale di vigilanza delle due Regioni sostanzialmente generica e priva di indicazioni specifiche per la soluzione dei problemi di scavo in terreni grisutosi; infatti, non distingue metodi e tecniche di scavo, architettura dei cantieri sotterranei, interazione scavo – massiccio roccioso, ecc. In particolare, non distingue lo scavo con metodo (piena sezione, sezione parzializzata, e così via) e con tecnica tradizionale (perforazione e sparo, martello demolitore, ecc.) da quello meccanizzato (fresa puntuale, TBM, ecc.), così come non distingue la dimensione e lo sviluppo del cantiere (ampiezza della sezione, lunghezza della galleria, intersezioni con discenderie, cunicoli, ecc.). Tutto ciò in ragione del fatto che è stata recepita una direttiva rivolta agli impianti industriali di superficie (raffinerie, impianti petrolchimici, fabbriche di colori, ecc.) e, quindi, non idonea per contrastare il pericolo di esplosioni in cantieri di scavo sotterranei.

Come è noto, negli impianti industriali il sistema ed i componenti da considerare per le analisi di rischio sono conosciuti con estremo dettaglio (valvole, giunzioni, ecc.) e si dispone di “database” su malfunzionamenti, sui parametri di resistenza dei componenti, ecc. Nel caso dei cantieri di scavo in sotterraneo i parametri di interesse per valutare il livello di pericolo (ad esempio le caratteristiche dell'emissione di gas) diventano

per lo più valutabili nel momento in cui l'evento si manifesta, tanto che appare improprio produrre analisi di rischio basate su approcci probabilistici.

Per porre rimedio alle carenze e, per alcuni aspetti, all'inapplicabilità del D.Lgs. 233/2003, è stata redatta (gennaio 2005) la terza edizione della NIR grisù con il titolo "Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù 3a edizione" (NIR 28). Con l'occasione, sono state introdotte numerose modifiche e nuove procedure quali, ad esempio, quelle relative al cosiddetto "franco di sicurezza" (Bandini et al., 2013a).

La terza edizione Grisù, così come le due che l'hanno preceduta, sono applicabili unicamente a gallerie aventi sezione superiore a 70 m², realizzate con metodo a piena sezione e tecnica di scavo tradizionale. La loro significativa evoluzione (tre edizioni in 8 anni) è stata determinata, come si è detto, da elementi di conoscenza acquisiti in cantiere, dalla presenza di nuove norme nel panorama italiano e dalla necessità di tenere conto di particolari soluzioni riguardanti la configurazione dei cantieri.

La quarta ed ultima edizione (maggio 2012) della NIR grisù (NIR 44) si affianca e coesiste con la terza edizione in quanto è rivolta agli scavi meccanizzati eseguiti con TBM-EPB di notevole sezione. Questa NIR ha guidato la progettazione e realizzazione di una TBM che ha potuto attraversare senza alcun problema circa 5 km di galleria in un sotterraneo contenente notevoli quantità di gas (Berry & Selleri, 2013). Il successo di questa soluzione profondamente innovativa è da ascrivere alle particolari soluzioni messe a punto per il contenimento ed isolamento del gas che penetra nel cantiere sotterraneo, alle precise indicazioni sulle soluzioni tecnologiche da adottare per contrastare il pericolo di esplosione, alle procedure specifiche per ogni fase del ciclo di lavoro, alle indicazioni particolareggiate sul sistema e la rete di monitoraggio.

Il risultato dell'applicazione delle Note Interregionali dedicate a contrastare il pericolo metano, in termini di prevenzione, è sicuramente più che incoraggiante. Durante i lavori di realizzazione delle gallerie TAV e VAV, si sono registrate numerose, diffuse, importanti ed improvvise venute di gas (Figure 3 e 4), ma, ciò nonostante, si è registrato un unico incidente, peraltro con danni contenuti, causato da un'esplosione attribuibile ad

una non corretta applicazione delle procedure previste dalla NIR per gallerie in classe 2.

L'applicazione delle NIR "Grisù" allo scavo di oltre 160 km di gallerie dei progetti TAV e VAV ha messo in evidenza l'assoluta efficacia dell'approccio alla sicurezza basato sull'adozione delle "migliori pratiche ingegneristiche" (Best Practices).

Nel periodo aprile 1998 – maggio 2012, il gruppo, cui si fatto cenno in precedenza, costituito dal Centro SRIM dell'Università di Bologna, dal Dipartimento di Scienze della Terra di Firenze e da ingegneri delle AUSL di Bologna e Firenze ha prodotto, oltre alle quattro già citate, altre 40 Note Interregionali che hanno preso in esame numerosi problemi quali, ad esempio, gli ambiti di gestione del soccorso e delle misure di prevenzione e gestione delle emergenze in relazione alle opere in fase di realizzazione.

Un tipico esempio dell'importanza e varietà dei temi trattati è fornito dalla NIR 2 "Impossibilità di praticare il soccorso". La nota nasce dalle condizioni operative dei cantieri di montagna ma può essere estesa ad altre situazioni. Nel caso specifico si è considerato che nella stagione avversa possono verificarsi interruzioni delle vie di collegamento tra i cantieri di lavoro e le strutture sanitarie per cause naturali (ad esempio, per neve). Con la NIR 2 si è imposto che i lavori debbano essere sospesi fino al ripristino dei collegamenti.

Tra Note di chiarimento, interpretazioni autentiche, approfondimenti di Studi e Ricerche, risultati delle verifiche ed indagini sul campo, le 44 NIR affrontano diversi temi tra i quali sono da segnalare, in questo contesto, quelli più innovativi:

- scavi in gallerie grisutose;
- sicurezza nei lavori a ridosso del fronte;
- sostituzione delle fasi di lavoro manuale con approcci robotizzati e nuove procedure;
- metodi e tecniche di disaggio;
- ruolo della progettazione per la sicurezza a ridosso del fronte;
- strutture di protezione nelle piattaforme elevabili contro la caduta di gravi;
- sistema di controllo, verifica e responsabilizzazione dei lavori al fronte;
- il preposto al fronte;
- soggetti coinvolti nella realizzazione della galleria e coordinamento per la sicurezza dalla

concezione dell'opera alla sua progettazione e realizzazione;

- sicurezza in fase di scavo nel caso di subappalto delle azioni elementari che producono l'avanzamento del fronte: adozione del Gantt, del PERT, del Project Management ai fini della sicurezza;
- uso degli esplosivi in gallerie grisutose: sistema di tiro non elettrico, sistema di tiro misto;
- antincendio in galleria e gestione dell'emergenza;
- analisi del rischio di incendio;
- misure di sicurezza concernenti i materiali;
- criteri di esecuzione degli impianti elettrici;
- segnaletica specifica;
- sistemi di comunicazione tra sottosuolo e superficie e di allarme (postazioni SOS, comunicazione verso l'esterno, allarme acustico e visivo);
- salvataggio (veicolo di evacuazione, container di salvataggio autosalvatori e autorespiratori, caratteristiche delle ambulanze, container esterno alla galleria);
- DPI;
- elisoccorso;
- rete idrica antincendio;
- limitazioni ad accesso di mezzi ed attrezzature;
- lavorazioni a rischio di incendio e/o esplosione;
- sistema di ventilazione: progettazione e controllo dei parametri di ventilazione;
- utilizzazione di telecamere e monitor nelle manovre contro il pericolo di investimento e di collisione tra mezzi pesanti;
- casseforme rampanti;
- campi base: requisiti generali, requisiti strutturali degli ambienti;
- soccorso sanitario.

Le Note Interregionali ed, in particolare, molte di quelle sopracitate hanno promosso, se non imposto, innovazione tecnologica e nuove figure professionali quali, ad esempio, l'addetto al fronte, il tecnico specialista per la valutazione del pericolo metano, il responsabile e l'addetto al monitoraggio. Tra le più significative innovazioni tecnologiche già applicate ed applicabili si devono citare, perlomeno, la soluzione "centina sicura" che permette di mettere in opera le centine in assenza di personale al fronte (procedura semi-ro-

botizzata); lo stesso approccio tecnologico è stato adottato per la messa in opera dell'armatura in ferro preconfezionata utilizzata per il rivestimento definitivo e per l'arco rovescio, (Palchetti, 2013); il sistema di disgiungimento con macchine dedicate, la protezione delle piattaforme elevabili contro la caduta di gravi (Berry, 2013), sistemi innovativi nel settore degli scavi di gallerie per la ricerca del metano in fori da sonda (Whittaker, 1992), scavo meccanizzato di terreni grisutosi con TBM-EPB (Bandini et al., 2013b), la rete antincendio, il sistema di controllo dei parametri di ventilazione e di monitoraggio del gas.

6. Conclusioni

Le "Note Interregionali" (in breve, NIR) rappresentano linee guida alla sicurezza nei cantieri di scavo sotterranei, basate sul più avanzato livello delle conoscenze scientifiche, tecniche e tecnologiche, nel settore dell'ingegneria degli scavi, alla data della loro redazione (in altri termini si tratta di "Best Practices").

Il più aggiornato stato delle conoscenze, unito alle soluzioni organizzative più consolidate e diffuse dei cantieri di grandi scavi, ha dato luogo ad organiche ed applicabili procedure, layout e soluzioni di ingegneria della sicurezza per ciascuno dei problemi che si sono manifestati nella realizzazione delle gallerie dei progetti TAV e VAV tra Bologna e Firenze (oltre 160 km di galleria).

Le NIR definiscono procedure, impianti, macchine ed organizzazione del cantiere, che il Progettista ed il Datore di Lavoro possono adottare in quanto profondamente migliorative rispetto all'approccio della Normativa Nazionale.

Per come sono state concepite e strutturate, le NIR sono documenti "in progress", ovverosia sono documenti che vengono di volta in volta aggiornati sulla base di osservazioni a carattere ingegneristico rilevate in situ e dei risultati ottenuti con la loro applicazione in termini di positiva fattibilità tecnico - economica.

Le NIR hanno trovato applicazione "spontanea", oltre che nelle due Regioni Emilia Romagna e Toscana che congiuntamente le hanno generate, anche in opere già realizzate ed in fase di progettazione ed esecuzione in Basilicata, Calabria, Campania, Marche, Liguria, Piemonte, Lombardia, Sicilia. La loro diffusione ed applica-

zione è stata promossa da Committenti (ad esempio Italferr, Autostrade, ANAS) e Ditte esecutrici (ad esempio, Astaldi, Impregilo, Ghella, ecc.). Inoltre, la Regione Marche ha adottato per intero il sistema definito dalle Note, redigendo analoghi documenti.

Il futuro è rappresentato dall'estensione a tutto il territorio nazionale della loro valenza preventiva; questo significa che tutti i soggetti, in primis quelli istituzionali, devono fare con decisione la propria parte perché il diritto alla salute e sicurezza è indistinto e riguarda tutti.

Bibliografia

- Bandini, A., Berry, P., Colaioni, M., Cormio, C., Lisardi, A., *Il franco di sicurezza nello scavo di gallerie*. Atti del Workshop NIR 2013 – Note Interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie, Università di Bologna, 4 – 5 Luglio 2013.
- Bandini, A., Berry, P., Guglielmo, M., Lisardi, A., Sancini, L., *Scavo con TBM-EPB di ammassi rocciosi contenenti metano*. Congresso Internazionale della Società Italiana Gallerie, Bologna 17 – 19 Ottobre 2013. Volume "Gallerie e Spazio Sotterraneo nello Sviluppo dell'Europa", Patron ed., Granarolo dell'Emilia (BO), p. 196 – 206.
- Berry, P., *Soluzioni ingegneristiche introdotte dalla NIR 41 e 43 e loro applicabilità*. Atti del Workshop NIR 2013 – Note Interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie, Università di Bologna, 4 – 5 Luglio 2013.
- Berry, P., Dantini, E.M., Martelli, F., Sciotti, M., *Emissioni di metano durante lo scavo di gallerie*. Quarry and Construction, 2000, anno XXXVIII, n° 1, 37 – 64.
- Berry, P., Patrucco, M., *Commento di Paolo Berry e Mario Patrucco (art. 89-104)*. Capitolo inserito in: La nuova sicurezza sul Lavoro – D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e successive modificazioni. Vol. II. Gestione della prevenzione. Collana le riforme del Diritto Italiano; p. 134 – 146, Zanichelli ed., 2011.
- Berry, P., Selleri, A., *S-574. Progettazione, costruzione e primi riscontri di una fresa idonea ad operare in ambienti grisutosi*. Atti del Workshop NIR 2013 – Note Interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie, Università di Bologna, 4 – 5 Luglio 2013.
- Cortis, L., Rossi, L., *Guida ISPESL per l'esecuzione in sicurezza delle attività di scavo*. Suppl. di Prevenzione Oggi, n. 4, 2008.
- Decreto del Presidente della Repubblica 20 marzo 1956, n. 320. *Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro sotterraneo*.
- Decreto Legislativo 30 dicembre 1992, n. 502. *Riordino della disciplina in materia sanitaria, a norma dell'articolo 1 della legge 23 ottobre 1992, n. 421*.
- Decreto Legislativo 12 giugno 2003, n. 233. *Attuazione della direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive*.
- Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81. *Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro*.
- Direttiva Europea 16 dicembre 1999, n. 92. *On minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmosphere*.
- Foglietta, F., *La gestione integrata dell'Azienda USL Bologna Sud*. Atti Convegno Internazionale "Progetto TAV. La sicurezza nella realizzazione di grandi opere in sotterraneo", Bologna, 20 – 21 Settembre 2001.
- Legge 23 dicembre 1978, n. 833. *Istituzione del servizio sanitario nazionale*.
- Palchetti, F., *Nuovo sistema per il montaggio di centine in galleria senza la presenza di personale al fronte*. Atti del Workshop NIR 2013 – Note Interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie, Università di Bologna, 4 – 5 Luglio 2013.
- Whittaker, A., *Mudlogging: Gas Extraction and Monitoring: Part 3. Wellsite Methods*. In: ME 10: Development Geology Reference Manual, Methods in Exploration, 1992, 106 – 108.

L'ESPERIENZA DEI COMMITTENTI. LE GRANDI OPERE DI AUTOSTRADE PER L'ITALIA SPA.

Tozzi, G.
Atlantia SpA

Abstract

La parola sicurezza per Autostrade per l'Italia SpA rappresenta un imperativo categorico e allo stesso tempo l'obiettivo principale da perseguire in ogni sua attività. La sicurezza dei viaggiatori è da sempre al centro delle attenzioni di Autostrade, come dimostrano i risultati ottenuti: dal 1999 ad oggi il tasso di mortalità è crollato del 78%, cifre che si traducono ogni anno in 300 vite salvate, grazie anche all'invenzione di nuove tecnologie come il Tutor, attivo su 2500km di rete e alla diffusione dell'asfalto drenante.

La sicurezza sul luogo di lavoro dall'altro lato è una realtà garantita quotidianamente a tutti gli operai ed a cui dedichiamo grandi sforzi sia in termini economici che di risorse. Nell'affrontare questo impegno Autostrade per l'Italia SpA non lascia nulla di intentato. Se il rispetto delle normative è una condizione imprescindibile, per noi è importante attivare ogni altro possibile intervento in modo da creare e diffondere una cultura della sicurezza a tutti i livelli.

Negli anni Autostrade per l'Italia SpA ha messo stipulato diversi accordi ed organizzato numerose iniziative, in particolare per la realizzazione dell'opera più imponente nel quale è impegnata, la Variante Autostradale di Valico.

Tra le azioni più significative implementate nella realizzazione di questa opera si segnalano: l'accordo con l'Ausl di Bologna che, nei fatti, porta a realizzare un sistema di comunicazione biunivoco per un maggiore e più organico coordinamento delle attività; l'applicazione delle "Note Interregionali", che per i lotti della Variante di Valico affidati con appalto integrato (5A,5B e 6-7), sono parte integrante della documentazione contrattuale del Progetto Definitivo posto a base di gara; il Protocollo d'intesa che già nel 2008 Autostrade per l'Italia ha sottoscritto, insieme alla Provincia di Bologna, le imprese, i sindacati e gli enti del territorio per premiare i singoli lavoratori e le squadre di lavoro che fanno della sicurezza una priorità irrinunciabile delle loro attività, ad esempio attraverso la segnalazione dei cosiddetti "quasi infortuni".

1. Le Note Interregionali ed il Capitolato Speciale d'Appalto

Una delle misure più importanti previste tra gli allegati al Capitolato Speciale d'Appalto è senza dubbio l'elaborato denominato "Note Interregionali" che riporta tutte le note emesse fino alla data di redazione del progetto e viene recepito all'interno della sezione "Prevenzione degli infortuni - Piani di Sicurezza" del Contratto d'appalto.

A sottolineare l'importanza che Autostrade per l'Italia riserva alle "Note Interregionali", per i lotti della Variante Autostradale di Valico (VAV) affidati con appalto integrato (5A, 5B e 6-7), sono parte integrante della documentazione contrattuale del Progetto Definitivo posto a base di gara.

Una volta affidati i lavori, il Committente comunica al Servizio Sanitario Regionale competente – attraverso notifica preliminare – i dati relativi ai soggetti affidatari dei lavori e di quelli preposti al Coordinamento ed alla vigilanza della sicurezza. Tutti gli aggiornamenti successivi emessi dal Servizio Sanitario Regionale hanno carattere esecutivo, in quanto emessa da una autorità di vigilanza, e vengono quindi indirizzati direttamente ai soggetti interessati.

Qualora l'emanazione di una nuova nota interregionale comporti la necessità di una nuova lavorazione e/o di una sostanziale modifica di quanto previsto nel progetto, il Coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione provvede ad aggiornare il Piano di Sicurezza e Coordinamento e

a ricalcolare i relativi costi.

Inoltre, a conferma della particolare attenzione che Autostrade per l'Italia mostra nei confronti della sicurezza sul lavoro, nei casi in cui tale aggiornamento comporti un incremento degli oneri per la sicurezza, per i lotti della VAV in questione (5A,5B e 6-7), sono stati riconosciuti all'appaltatore i maggiori costi derivanti dalla applicazione delle nuove Note.

2. Le iniziative di Autostrade per l'Italia per la diffusione di una cultura della sicurezza

Come già accennato, il 1 ottobre 2008 Autostrade per l'Italia ha sottoscritto insieme alla Provincia di Bologna, le imprese, i sindacati e gli enti del territorio interessati dal passaggio della VAV, un Protocollo d'intesa (PG0433197 del 17/10/2008) per premiare i singoli lavoratori e le squadre di lavoro che fanno della sicurezza una priorità irrinunciabile delle loro attività.

L'obiettivo comune era, ed è tuttora, quello di aumentare il livello di sicurezza nelle fasi lavorative e stimolare un cambiamento culturale all'interno delle imprese esecutrici e dei lavoratori impegnati nella realizzazione dell'opera.

Il presupposto fondamentale per l'attuazione del progetto, nonché elemento di assoluta novità, è il diretto coinvolgimento dei lavoratori. Il Protocollo infatti prevede l'erogazione di incentivi economici mensili per i lavoratori e percorsi formativi per la prevenzione degli infortuni.

Mensilmente vengono individuati i lavoratori da premiare, sulla base di comportamenti virtuosi nel rispettare le norme sulla sicurezza e nel segnalare i cosiddetti "quasi infortuni", ovvero eventi che, solo casualmente, non hanno prodotto conseguenze per i lavoratori.

Un'apposita "Commissione Sicurezza" (istituita per ciascun lotto e composta dal Responsabile dei lavori, dal Coordinatore in fase di esecuzione, dal Responsabile del Servizio di Protezione e Prevenzione e dai Rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza) ha il compito di esaminare e convalidare tutte le segnalazioni pervenute, non solo per assegnare il premio previsto e per individuare l'eventuale adozione di apposite misure preventive e procedurali, ma anche per valutare i miglioramenti ottenuti sugli indici di sicurezza (gravità e frequenza), in modo da poter

assicurare un aumento percentuale dell'importo dei premi.

Tutte le maestranze dei lotti coinvolti nel sistema premiante, dal novembre 2009 ad oggi, svolgono presso l'Istituto Istruzione Professionale Lavoratori Edili (IIPLE), con il patrocinio della Provincia di Bologna, un percorso formativo per riconoscere e segnalare i cosiddetti "quasi infortunio".

Autostrade per l'Italia ha reso da subito efficace tale meccanismo di incentivazione, erogando nel luglio 2010 i primi premi "ad personam" per i casi di comportamento virtuoso, esaminati e verbalizzati dalle Commissioni Sicurezza di Lotto.

Oltre 300 premi "Ad Personam" e "Squadre" e 4.500 ore di formazione per più di 1.100 lavoratori e preposti sono stati finora erogati, a conferma dell'impegno di Autostrade per l'Italia nell'incentivare e diffondere una vera e propria cultura della sicurezza.

3. Percorsi formativi integrativi e nuove tecnologie

L'indiscutibile successo riscosso dalle iniziative formative già previste dal Protocollo d'intesa ha convinto Autostrade per l'Italia a continuare ad investire sulla formazione dei lavoratori, anche adottando metodologie didattiche innovative rivolte all'interazione tra lavoratori e docenti (role-playing e lavori di gruppo, visione e analisi di brevi filmati, condivisione di esperienze personali).

Un nuovo progetto formativo, aggiuntivo rispetto agli obblighi di legge e sviluppato e curato dall'Istituto per l'Istruzione Professionale dei Lavoratori Edili (IIPLE), si pone come obiettivo quello di aumentare la capacità di percezione del rischio, di migliorare la gestione dei fattori umani che possono indurre comportamenti non sicuri e di alimentare un modello culturale tra le maestranze nel rispetto della sicurezza nel lavoro.

Inoltre, di concerto con la Regione Emilia Romagna e la Provincia di Bologna, Autostrade per l'Italia ha messo a punto il sistema "REPAC – Registratore delle presenze autorizzate di cantiere", un apparato innovativo per cantieri stradali di grandi dimensioni, che consente il controllo automatico delle presenze degli addetti delle Imprese e dei subappaltatori che operano nella Variante di

Valico.

L'obiettivo è quello di una sempre più efficiente gestione e controllo degli orari di lavoro e delle turnazioni, ritenendo che un eccessivo prolungamento dell'orario di lavoro possa influenzare negativamente le condizioni di sicurezza sul lavoro.

Tra il 2008 ed il 2012 le attività realizzate da Autostrade per l'Italia a favore della sicurezza nei cantieri VAV hanno prodotto miglioramenti apprezzabili sia in termini di "gravità" che in termini di "frequenza" degli infortuni, i cui indici sono stati ridotti, rispettivamente, del 76% e del 61% (Fig. 2 e Fig. 3).



Figura 1 - Postazione REPAc.

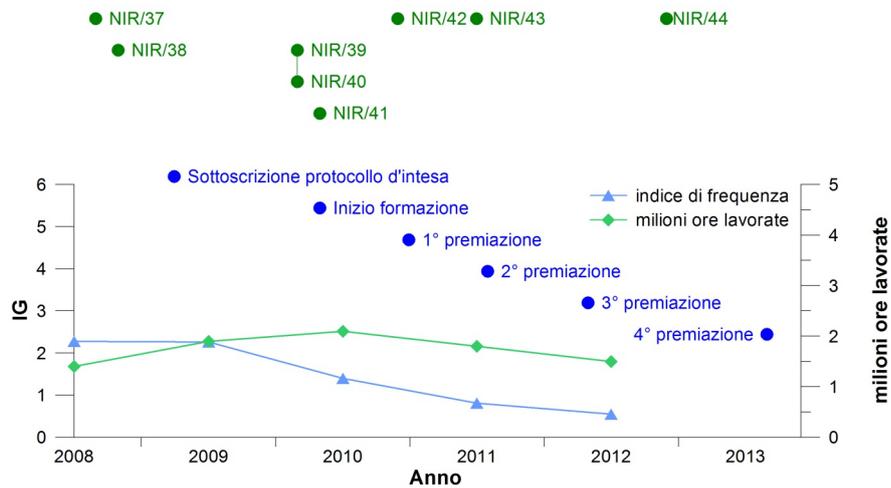


Fig. 2 – Indice di gravità degli infortuni (linea celeste, giorni di prognosi / migliaia di ore di lavoro) e milioni di ore di lavoro (linea verde) nei cantieri di Autostrade per l'Italia SpA dal 2008 al 2012. Il grafico riporta anche le NIR applicate (testo in verde) e le varie fasi del Protocollo di Intesa sottoscritto con la Provincia di Bologna (testo in blu).

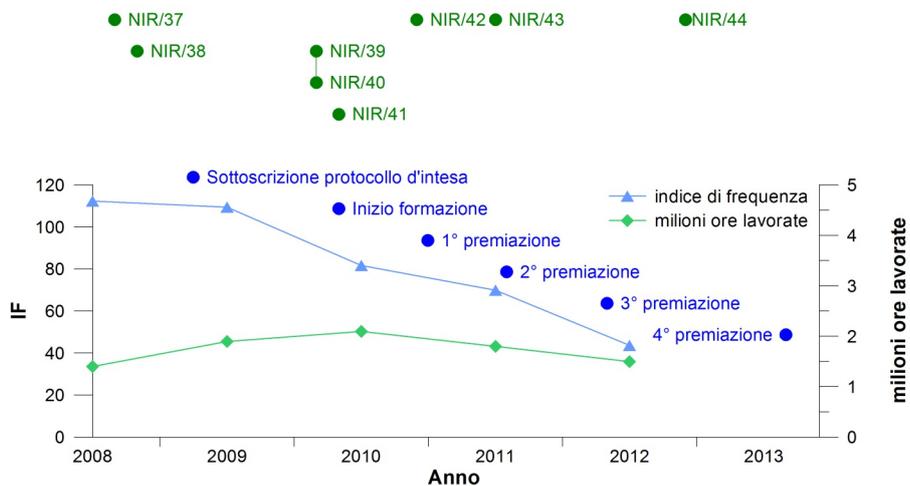


Fig. 3 – Indice di frequenza degli infortuni (linea celeste, numero di infortuni / migliaia di ore di lavoro) e milioni di ore di lavoro (linea verde) nei cantieri di Autostrade per l'Italia SpA dal 2008 al 2012.

4. Conclusioni

Autostrade per l'Italia, in qualità di committente, non può che giudicare positivamente l'introduzione delle Note Interregionali, che hanno favorito la gestione del rapporto con gli appaltatori e rappresentano uno strumento operativo specifico per l'attuazione delle misure di sicurezza. Le Note forniscono, inoltre, delle linee guida

chiare rappresentando un punto di riferimento quando si realizzano opere di grande rilievo nazionale.

Tuttavia, nonostante i numeri non lascino spazio a dubbi sulla efficacia di tali metodi per portare avanti i lavori, e nonostante gli sforzi della committente, non sempre tali modelli virtuosi riescono a trovare la medesima applicazione in altre realtà territoriali.

**SCAVO DI GALLERIE IN AMBIENTE GRISUTOSO.
L'ESPERIENZA DI ANAS SPA.**

Dibennardo, U., Micheli, A., Cedrone, L., Serangeli, S.
ANAS S.p.A.

Abstract

Nell'ambito della realizzazione di gallerie stradali, le recenti esperienze dell'ANAS evidenziano come un aspetto che assume importanza sempre maggiore sia quello riguardante il problema della sicurezza, durante e dopo l'esecuzione dei lavori di scavo dell'opera stradale, per effetto della presenza di gas.

Tale problema si pone in quanto lo scavo di una galleria, caratterizzato dalla rimozione di materiale in posto, determina un'alterazione, talvolta significativa, degli equilibri tensionali, idrogeologici ed idraulici (legati alla presenza principalmente di gas) dell'ammasso scavato.

Nelle esperienze recentemente maturate dall'ANAS si riscontrano situazioni nelle quali questa problematica si è andata manifestando nella fasi avanzate della progettazione: in tali fattispecie, a seguito della definizione delle scelte progettuali di fondo, è possibile operare attraverso l'adozione di specifiche misure necessarie a fronteggiare la presenza di gas in fase di scavo ed esercizio dell'opera. Queste, sostanzialmente, prevedono la suddivisione della galleria in tratte omogenee, ciascuna con uno specifico indice di classificazione, rappresentativo della previsione delle condizioni di flusso di grisù che si prevede possano incontrarsi. Tale suddivisione scaturisce dall'analisi geologica e strutturale della formazioni attraversate dallo scavo, la cui natura e composizione rappresentano fattori predisponenti alla presenza di gas ed è direttamente rapportata al grado di probabilità che lo scavo avvenga in presenza di grisù. Naturalmente tale classificazione ha comportato la programmazione di peculiari misure di sicurezza volte ad evitare situazioni pericolose ed a garantire la sicurezza dell'ambiente di lavoro, come previsto da normativa.

In altre circostanze il manifestarsi di evidenze sulla presenza di gas nel sottosuolo sin dalle prime fasi progettuali, nel corso della campagne di indagini geognostiche o degli studi propedeutici, rende possibile approcciare il problema in modo organico, ponendo in atto attività di studio appositamente programmate al fine di inquadrare correttamente tale problematica. In tali circostanze si sono potute investigare, con un dettaglio maggiore, la situazione geologica ed idraulica dell'ammasso coinvolto, analizzando le sorgenti gassose dal punto di vista genetico, studiare le modalità di accumulo e migrazione dei gas, definire quantitativamente gli afflussi. In particolare, ciò è stato recentemente realizzato dalla Direzione Centrale Progettazione dell'ANAS attraverso un apposito programma di ricerca, attivato con il centro di ricerca CERI – "Previsione, Prevenzione e Controllo dei Rischi Geologici", relativo allo sviluppo di uno studio geologico-strutturale e di monitoraggio dell'area circostante e comprensiva di un tracciato stradale in fase di progettazione. In questo caso è stato possibile, quindi, investigare i livelli di gas presenti negli ammassi, cercando di definirne la natura, l'origine, la localizzazione del serbatoio di raccolta del gas stesso e le sue vie di fuga preferenziali. Per questo, il programma ha previsto il monitoraggio in superficie, in prossimità dei sondaggi nei quali è stata accertata la presenza di gas, e nei pozzi preesistenti, attraverso il prelievo di acqua per la misura dei gas disciolti, la campionatura immediata in situ della percentuale di gas, ed il rilevamento geostrutturale lungo le principali faglie rilevate lungo il tracciato. Tutto ciò finalizzato, anche in questo caso, alla definizione dei livelli di rischio prevedibili e della loro variazione spaziale, propedeutica all'individuazione delle scelte progettuali.

Evidentemente, la definizione di un quadro conoscitivo così articolato, fin dalle prime fasi di progettazione, permette di disporre di maggiori margini di scelta, potendo condizionare anche varianti progettuali di tracciato, volte alla minimizzazione del rischio associato.

1. Introduzione

Nella progettazione di infrastrutture stradali, fino a poco tempo fa, le gallerie venivano considerate come un evento "singolare", in quanto si collocavano all'interno del tracciato stradale quando l'orografia non permetteva alternative. La loro realizzazione era regolata dalle norme CNR 78-80, che permettevano di eliminare la corsia di emergenza o di ridurre la banchina accettando, implicitamente, una variazione del livello di servizio in galleria rispetto al tracciato corrente all'aperto.

Negli ultimi anni, con l'entrata in vigore delle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (D.M. 5.11.2001), si è avuto un sostanziale mutamento dell'approccio alla progettazione delle gallerie nelle infrastrutture stradali. I livelli prestazionali dell'infrastruttura hanno subito un miglioramento, grazie all'uniformazione del livello di servizio anche in galleria. Ciò si è ottenuto imponendo il mantenimento della sezione corrente del tracciato anche all'interno della galleria e della velocità di progetto in funzione del raggio planimetrico adottato.

La necessità di evitare o limitare gli allargamenti di sezione in galleria per visibilità, rendendo i tracciati meno adattabili alla morfologia del territorio e la notevole attenzione ai problemi di impatto ambientale, hanno determinato un radicale aumento del numero di gallerie di nuova progettazione, con conseguente incremento della loro sezione e del loro sviluppo longitudinale. Ciò comporta, inevitabilmente, la necessità di una maggiore conoscenza del territorio e delle sue problematiche, volta ad ottenere un approfondimento sul tema della sicurezza durante i lavori ed in fase di esercizio (D.lgs. 81/08).

2. Inquadramento della problematica

Le indicazioni fornite dalla nuova normativa sono state adottate anche per la rete stradale ed autostradale gestita direttamente dall'ANAS, nella quale la lunghezza complessiva delle gallerie di recente realizzazione, o in costruzione, risulta pari a circa 236 km.

Una delle problematiche inerenti la realizzazione di una galleria stradale, il cui scavo comporta una inevitabile alterazione degli equili-

bri generali dell'ammasso coinvolto, riguarda la presenza di gas, elemento che accresce in maniera significativa il pericolo di incidenti ante e post-operam e che, quindi, implica la definizione di maggiori garanzie di sicurezza.

3. Approccio metodologico

Il criterio metodologico che l'ANAS ha inteso seguire, al fine di approcciare il problema in modo organico, ponendo in atto un'attività di studio appositamente programmata, prevede la creazione di un modello geologico interpretativo che permetta la valutazione del rischio di flusso di metano, con conseguente formazione di miscele esplosive ed altri gas naturali. Successivamente si procede alla suddivisione delle gallerie in tratte omogenee (dal punto di vista dei livelli di rischio prevedibili e della loro variazione spaziale, propedeutica all'individuazione delle scelte progettuali), e la conseguente classificazione secondo le ultime edizioni delle Note Interregionali (NIR n.28, "Grisù 3° edizione").

Il modello geologico è definibile solo dopo aver svolto una serie di analisi preliminari, che permettono di acquisire un maggior dettaglio sulla situazione geologica ed idraulica dell'ammasso coinvolto, analizzando le sorgenti gassose da un punto di vista genetico, studiando le modalità di accumulo e migrazione dei gas e definendo quantitativamente gli afflussi.

Gli strumenti di analisi adottati consentono di elaborare una mappatura dei gas nel suolo, individuare le aree anomale per maggior concentrazione, ed effettuare, sulla base di eventuali allineamenti di concentrazione dei gas, ipotesi sull'origine, accumulo e migrazione degli stessi.

3.1 Studio geologico di area vasta

Prevede la raccolta di dati e studi bibliografici riguardanti il settore di studio ed aree immediatamente limitrofe, mettendo in evidenza caratteristiche di storicità di manifestazioni geologiche particolari e di probabile influenza sul tracciato stradale.

3.2 Rilevamento geologico-strutturale

Lo scopo è quello di localizzare potenziali

serbatoi o sacche di accumulo del gas, individuando le principali zone di faglia lungo il tracciato, tramite esecuzione di transetti lungo la traccia delle faglie che rappresentano la via di fuga preferenziale del gas stesso e stimandone gli spessori, la porosità e la permeabilità. In questo modo è possibile riconoscere le caratteristiche di barrier / conduit delle faglie, che, generalmente, presentano un nucleo centrale di materiale argillificato impermeabile e due zone laterali, più fratturate e quindi più permeabili, che in superficie, durante le misurazioni di emissioni gassose, si traducono in quantitativi di gas in aumento man mano che ci si sposta dal nucleo alle zone laterali della struttura. Questo tipo di osservazione consente di riconoscere anche faglie sepolte quali potenziali vie di migrazione dei gas.

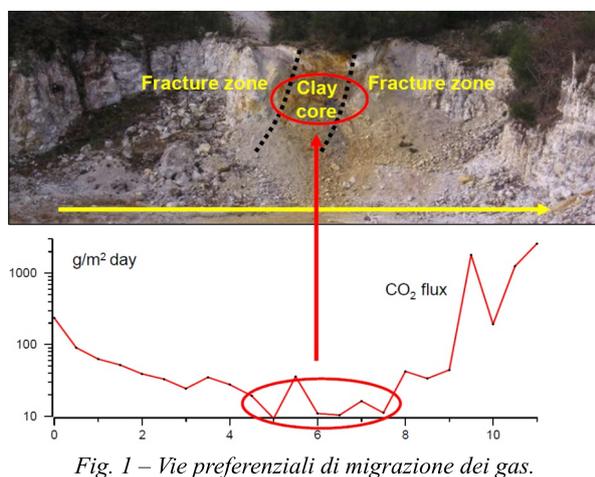


Fig. 1 – Vie preferenziali di migrazione dei gas.

3.3 Monitoraggio del gas in sondaggio

Può essere realizzato sia in sondaggi o pozzi preesistenti che in fori appositamente programmati, e consente di individuare la reale presenza di gas in forma di sacche di accumulo in corrispondenza delle verticali analizzate. La metodologia di campionamento si basa sulla tecnica della “gas-trap”. Tale metodologia consiste nel campionamento dall’interno del tappo di gas a predeterminati intervalli di profondità o in presenza di anomalie, attraverso il prelievo di acqua per la misura dei gas disciolti o la campionatura immediata in situ della percentuale di gas ed il campionamento per le analisi di laboratorio. Il monitoraggio dei sondaggi con analisi diretta ed immediata in situ viene effettuato, generalmente, tramite l’utilizzo del gas-cromatografo portatile.

3.4 Prospezione del gas del suolo

Ha come obiettivo la raccolta di campioni di gas lungo una fascia di territorio posto a cavallo del futuro asse stradale, attraverso analisi di gas interstiziale nei suoli in situ (radon, CO₂, CH₄, H₂, H₂S, idrocarburi, ecc), il prelievo di campioni e le misure di flusso, solitamente di CO₂ e CH₄. Tali indagini vengono effettuate in prossimità di eventuali sondaggi che abbiano rilevato la presenza di gas ed in prossimità dei principali sistemi di faglie che attraversano il tracciato stradale delle gallerie.



Fig. 2 - Gas-cromatografo portatile utilizzato per il monitoraggio dei sondaggi.



Fig. 3 - Metodo di campionamento della gas-trap.

4. Esperienza in corso

L’esperienza dell’Anas nel campo dello scavo di gallerie naturali con presenza di gas è relativamente recente; lo scopo di questi studi è quello di definire un approccio metodologico da adottare ogni qualvolta si abbia a che fare con tale tematica. Fondamentale, infatti, è che le problematiche

legate allo scavo in presenza di gas, le modalità e gli strumenti per approfondire l'argomento e caratterizzare il sito interessato dallo scavo, siano note già in fase di progettazione. Un caso in cui la presenza di gas è stata evidenziata in fase di progettazione avanzata è quello della galleria Serra Rotonda.

Gli approfondimenti relativi a questo progetto hanno consentito di aumentare le conoscenze sull'argomento in termini di ricadute nell'organizzazione delle fasi di lavorazione, dei rischi correlati e dei provvedimenti da adottare in fase esecutiva, per i dispositivi ed i mezzi da utilizzare in cantiere. L'applicazione delle prescrizioni normative ha comportato una sostanziale modifica nell'approccio tecnico-esecutivo, con conseguenti variazioni in termini di sicurezza, tempi e costi di costruzione.

4.1 Inquadramento galleria

La galleria naturale Serra Rotonda si colloca nell'ambito dei lavori di ammodernamento ed adeguamento al tipo 1/A Norme CNR/80 Tronco 1° - Tratto 7° - Lotto 6° dell'Autostrada A3 SA – RC – Macrolotto 3° - parte 1° - Lauria (PZ).

Durante la campagna di indagine geognostica,

condotta per lo sviluppo della progettazione esecutiva, è stata evidenziata la presenza di miscele gassose di aria e metano in corrispondenza dell'imbocco nord, in particolare tra le progressive 0+336 e 4+080.

In funzione delle concentrazioni di gas rilevate e delle previsioni sulle condizioni di flusso di grisù correlabile alla realizzazione di un'opera in sotterraneo, sono state individuate le seguenti classi di rischio per la zona interessata, ai sensi delle note Interregionali "Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisou 3° edizione" emanate, sulla base dell'esperienza maturata nella realizzazione di gallerie con problematiche analoghe, dalla regione Emilia Romagna e Toscana ed il titolo XI del Dlgs81/08:

- tratto compreso tra le progressive 0+336 e 0+870 → CLASSE 2
- tratto compreso tra le progressive 0+870 e 4+080 → CLASSE 1b

Di conseguenza, si è reso necessario un approfondimento progettuale teso all'individuazione di accorgimenti, predisposizioni impiantistiche e approntamenti per l'esecuzione in sicurezza delle operazioni di scavo previste per la realizzazione dell'opera.

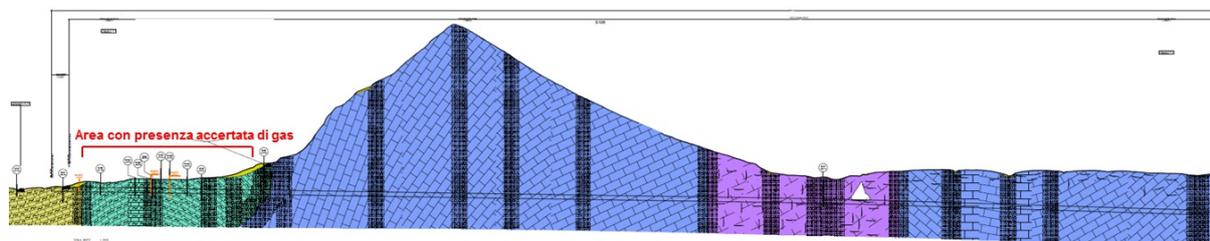


Fig. 4 - Profilo longitudinale della galleria naturale Serra Rotonda

4.2 Fasi e fattori di rischio in presenza di gas

In funzione della classe di rischio individuata le norme prevedono di procedere con attività di monitoraggio della presenza di gas allo scopo di verificare, ed eventualmente modificare in corso d'opera, l'indice di rischio attribuito a valle della campagna di indagini geognostiche. La configurazione dei sistemi di monitoraggio varia, infatti, in funzione della classificazione all'interno dei livelli di rischio previsti dalla norma: in funzione della classe in cui ricadono i vari tratti della galleria sarà necessario prevedere un sistema di moni-

toraggio, organizzato sia con strumenti automatici che con rilevamento manuale, seguendo le procedure operative indicate nella norma stessa. Inoltre lo scavo in possibile presenza di gas prevede di adottare determinati accorgimenti, correlati alla classe di rischio individuata, che permettano il controllo dei rischi di detonazione della miscela aria metano. E' necessario quindi agire con due intenti principali: in primo luogo occorre monitorare e verificare, in continuo, la presenza e la concentrazione dei gas durante lo scavo; di conseguenza, si procede con l'adeguamento delle usuali lavorazioni previste per lo scavo di gallerie

naturali alle particolari condizioni di pericolo riconosciute.

L'esperienza ha infatti consentito di individuare, per ogni lavorazione, dei fattori ai quali è associato il rischio di innesco di esplosioni, e di conseguenza prevedere l'adozione di opportune precauzioni, allo scopo di mantenere condizioni di sicurezza.

In una fase preliminare si procede operando un primo monitoraggio della presenza di gas durante le operazioni di sondaggio; allo scopo di rilevare possibili fuoriuscite vengono eseguite, tramite posizionatore, delle perforazioni al fronte di scavo, per una profondità di 20 m circa. Definita o verificata la classe di rischio si procede con le operazioni di scavo.

Nel caso di scavo con esplosivo devono essere rispettate determinate procedure di sicurezza, in particolare si procede come segue:

- Evacuazione del personale e brillamento mine (per questa operazione è necessario prevedere l'utilizzo di esplosivo di tipo antigrisutoso);
- Monitoraggio dell'atmosfera al fronte dopo il brillamento e valutazione del Tecnico specialista per procedere con le lavorazioni;
- Riposizionamento delle apparecchiature di controllo nelle posizioni e nella quantità indicate dal numero di classifica del tratto.

Durante le operazioni di scavo è fondamentale considerare il rischio della formazione di accumuli di gas in corrispondenza del fronte o in calotta, per cui si interviene posizionando in maniera opportuna il sistema di areazione in modo da diluirne la concentrazione.

Nelle fasi successive di smarino e disgaggio del materiale esiste il rischio di un innesco frizionale causato dagli urti che possono avvenire tra roccia e roccia o tra roccia e metallo; è necessario perciò prevedere un monitoraggio continuo della concentrazione di gas, agendo eventualmente sul posizionamento corretto del sistema di areazione per abbatterne la concentrazione.

Come usualmente avviene durante la realizzazione di una galleria naturale, si procede con l'esecuzione degli interventi di consolidamento e presostegno, al fronte ed in calotta, come previsto per la sezione di scavo di progetto. In questo caso, durante le perforazioni e le operazioni in prossimità del fronte, è necessario procedere con il

monitoraggio manuale delle possibili venute di gas, con il controllo a boccaforo, e mantenendo il personale lontano dal fronte finché non si evidenziano condizioni di sicurezza. Inoltre, per abbattere i rischi dovuti a fenomeni di frizione e alle alte temperature, si dispone di realizzare la perforazione provvedendo ad attivare il flusso di aria o acqua prima del contatto tra l'utensile adottato ed il fronte stesso.

Successivamente, la realizzazione del priverivestimento comporta l'esecuzione di diverse operazioni, e a tutte è legato un fattore di rischio dovuto alla presenza di gas; in particolare si procede con le seguenti attività, come in condizioni usuali:

- Realizzazione del primo strato di calcestruzzo proiettato fibrorinforzato;
- Posa centine o bullonature (eventuali) e realizzazione del secondo strato di calcestruzzo proiettato fibrorinforzato;
- Posa dell'impermeabilizzazione costituita da uno strato di geotessile, teli e guaina in pvc.

La realizzazione dello spritz beton comporta dei rischi dovuti a possibili inneschi di tipo frizionale, per cui si agisce sul fronte mantenendo un regime di ventilazione adeguato e si procede con il lavaggio della calotta con aria compressa, realizzato attraverso la lancia stessa.

Una fase molto delicata è la posa dell'impermeabilizzazione poiché l'ancoraggio puntuale dei teli sul priverivestimento conferisce ai teli stessi una configurazione a "catenaria", che lascia uno spazio tra telo e spritz, creando delle zone di potenziale accumulo di gas. Si possono accumulare, perciò, dei volumi saturi, soprattutto nel caso di emissioni a carattere lento, che possono determinare condizioni di esplosività del grisù, in prossimità della zona in cui avvengono le lavorazioni, con presenza di personale operante, e conseguente possibilità di inneschi frizionali per urti o lavorazioni ad alte temperature. E' quindi necessario procedere con frequenti monitoraggi manuali ed eventualmente attuare procedure di sicurezza e bonifica.

La movimentazione e la posa in opera delle centine implica rischi di carattere frizionale, per cui è necessario agire con il monitoraggio manuale della concentrazione di gas nella zona di lavorazione e con una opportuna gestione del

regime di ventilazione, allo scopo di evitare che si verifichino inneschi.

La realizzazione del rivestimento definitivo avviene, come da prassi, secondo le seguenti fasi:

- Getto murette in calcestruzzo armato;
- Posa rete elettrosaldata e getto rivestimento definitivo piedritti e calotta;
- Opere di completamento e finitura.

Anche per queste lavorazioni è necessario prestare attenzione ad eventuali accumuli di gas che possono verificarsi sia in corrispondenza della calotta che nella zona dell'arco rovescio per eventuali venute dal basso; si procede perciò con il monitoraggio manuale e l'opportuna gestione del regime di ventilazione allo scopo di controllare il rischio di inneschi frizionali.

Come è stato appena descritto, le lavorazioni previste per la realizzazione della galleria seguono l'ordine usualmente adottato, ma tenendo conto dei possibili rischi correlati alla presenza di gas, è necessario considerare un aggravio in termini di tempi e di costi.

4.3 Mezzi e dispositivi in configurazione antideflagrante (AD)

Per garantire lo svolgimento delle lavorazioni in condizioni di sicurezza è necessario inoltre

adottare particolari accorgimenti anche per i mezzi e i dispositivi utilizzati in cantiere. Infatti la produzione di scintille o eventuali effetti termici possono essere in grado di innescare l'esplosione della miscela di gas e aria che può essere presente nella zona in cui avvengono le lavorazioni. Si adottano perciò particolari dispositivi che fungono da isolatori e da protezione di eventuali componenti elettrici; si interviene, ad esempio, realizzando la sigillatura, tramite resine, di quelle parti elettriche quali elettrovalvole e circuiti elettronici che possono generare scintille o riscaldamento e provocare l'innescando dando vita a situazioni di pericolo.

Diviene perciò necessario provvedere alla configurazione in assetto antideflagrante di tutti i dispositivi ed i mezzi che possono essere a rischio, e successivamente procedere con controlli periodici e specifici prima della messa in funzione del dispositivo, con eventuali manutenzioni dei componenti antideflagranti e con periodiche ispezioni (mensili, trimestrali, annuali), come previsto per ogni singolo dispositivo.

Si riportano, a titolo di esempio, le indicazioni per un mezzo di cantiere (Tabella 1). Sono state individuate specifiche operazioni, da eseguire secondo precise indicazioni temporali, in modo da realizzare condizioni di sicurezza rispetto a questo tipo di problematica.

Tabella 1 – Pianificazione dei controlli per il mezzo ASTRA HD84-38 con betoniera

Operazione	Ore di lavoro							
	8	40	100	150	200	400	500	750
Pulizia del filtro di aspirazione antideflagrante								
Verifica del liquido di raffreddamento								
Controllo di innesti e raccordi								
Controllo di serraggio delle viti, dei dadi e delle fascette di fissaggio								
Verifica di funzionamento del regolatore di giri								
Pulizia del filtro di scarico								
Controllo di serraggio delle ghiera dei pressacavi								
Verifica di funzionamento dei sistemi di sicurezza								

4.4 Incidenza su produttività, tempi, sicurezza e costi

La presenza di gas, come illustrato, comporta delle ricadute significative sui lavori di realizzazione di un'opera in sotterraneo, in quanto comporta operazioni e accortezze aggiuntive ri-

spetto alle usuali condizioni di lavoro. In particolare, si ha la necessità di effettuare un monitoraggio continuo delle eventuali venute di gas e della sua concentrazione, in modo da verificare la classe di rischio individuata in progetto secondo le norme di riferimento, apportare eventualmente delle variazioni e, conseguente-

mente, procedere con l'adozione di una serie di provvedimenti che consentano il mantenimento di condizioni di sicurezza rispetto al pericolo di infiammabilità ed esplosione della miscela metanaria. La presenza di gas può compromettere in modo significativo la sicurezza delle lavorazioni e determinare variazioni in termini di produttività, quindi di tempi e costi di realizzazione.

Come già accennato precedentemente la posa dell'impermeabilizzazione diventa, nel caso di presenza di gas, un'operazione che comporta importanti fattori di rischio, per cui deve essere eseguita con molteplici accortezze e monitoraggio continuo. I ritardi dovuti a questa lavorazione sono connessi alle seguenti operazioni:

- utilizzo di attrezzature antideflagranti (Gruppo I, categoria M2), in particolare di saldatrici che lavorino ad una temperatura massima pari a 410°C a fronte degli usuali 600°C;
- puntatura dei fogli di membrana lungo la volta con Phon pressurizzato ad aria calda, operante a temperatura ridotta;
- Ridotta maneggevolezza delle attrezzature, dovuta ad aumento di peso per i materiali adottati (ghisa e acciaio) ed alla presenza di numerose protezioni elettriche.

Nel caso della galleria Serra Rotonda l'evidenza della presenza di gas ha comportato una variazione sull'approccio di scavo; in particolare, nel progetto a base gara si prevedeva di affrontare lo scavo con 6 fronti, di cui 4 a partire da un camerone centrale e 2 dall'imbocco lato sud. A seguito della realizzazione dei sondaggi e del ritrovamento del gas in corrispondenza dell'imbocco nord, si è preferito affrontare lo scavo a partire dall'imbocco nord, per entrambe le canne, eliminando i due fronti d'attacco che partivano dal camerone centrale. Tale circostanza ha consentito un'ottimizzazione dell'impiego delle maestranze nelle attività di consolidamento, procedendo con i mezzi in modalità antideflagrante su più fronti contemporaneamente.

5. Conclusioni

Negli ultimi 10 anni la presenza di gas metano in galleria ha interessato il 10% delle opere Anas; l'esperienza ha consentito di capire come tali circostanze siano determinanti e compromettenti

rispetto al problema della sicurezza, durante e dopo l'esecuzione dei lavori di scavo dell'opera.

Un aspetto fondamentale che si è reso evidente è che, nel caso in cui questa problematica si vada manifestando nella fasi più avanzate della progettazione, è possibile operare unicamente attraverso l'adozione di misure elaborate a posteriori, che consentano di fronteggiare i rischi a cui inevitabilmente si andrà incontro in fase di scavo ed esercizio dell'opera.

Diversamente, se si riscontra la presenza di gas nel sottosuolo sin dalle prime fasi progettuali, nel corso della campagne di indagini geognostiche o degli studi preliminari, diviene possibile appropiarsi il problema in modo organico, ponendo in atto attività di studio appositamente programmate e finalizzate ad inquadrare correttamente la problematica. Con gli opportuni strumenti è possibile investigare con dettaglio maggiore la situazione geologica ed idraulica dell'ammasso coinvolto, analizzando le sorgenti gassose dal punto di vista genetico, studiando le modalità di accumulo e migrazione dei gas e definendo quantitativamente gli afflussi.

La definizione di un quadro conoscitivo con gli opportuni approfondimenti può consentire di disporre di maggiori margini di scelta, potendo anche guidare verso la definizione di varianti progettuali. Diviene, pertanto, fondamentale dotarsi degli opportuni strumenti, elaborati e via via affinati con i necessari approfondimenti scientifici e avvalorati dall'esperienza nel campo.

Ringraziamenti

Si ringraziano il Dott. Geol. S. Scarano e l'Ing. A. Andreacchio per il supporto alla redazione del documento.

Bibliografia

Annunziatellis, A., Beaubien, S.E., Bigi, S., Ciotoli, G., Coltella, M., Lombardi, S. (2008) *Gas migration along fault systems and through the vadose zone in the LATERA caldera (Central Italy): implication for CO₂ geological storage*. International Journal of Greenhouse Gas Control, 2/3, 353-372.

Beaubien, S.E., Jones, D.G., Gal, F., Barkwith, A.K.A.P., Braibant, G., Baubron, J.C., Ciotoli, G.,

Graziani, S., Lister, T.R., Lombardi, S., Michel, K., Quattrocchi, F., Strutt, M.H. (2013) *Monitoring of near-surface gas geochemistry at the Weyburn, Canada, C2-EOR site, 2001-2011*, International Journal of Greenhouse Gas Control 16, Supplement 1, 0, S236-S262.

Casero, P. *Structural setting of petroleum exploration plays in Italy*. Special Volume of the Italian Geological Society for the IGC, 2004, 32: 189-199.

Cucci, L. (2004) *Raised marine terraces in the Northern Calabrian Arc (Southern Italy): a ~600 kyr-long geological record of regional uplift*. Annals of Geophysics, 47(4).

Ferranti, L., Santoro, E., Mazzella, M.E., Monaco, C., Morelli, D. (2009) *Active transpression in the northern Calabria Apennines, Southern Italy*. Tectonophysics, 476(1), 226-251.

Lombardi, S., Etiope, G., Guerra, M., Ciotoli, G., Graubger, P., Duddridge, G.A., Gera, F.,

Chiantore, V., Pensieri, R., Grindrop, P., Impey, M. (1996) *The refinement of soil gas analysis as a geological investigative technique*. Commission of the European Communities, Nuclear Science and Technology. Final report, EUR 1- 6926 EN.

Miretti S.p.A.. Manuale uso e manutenzione ASTRA HD 84.38, 4984.99.000 REV.1 27/02/12,

Monaco, C., Tortorici, L., Catalano, S., Paltrinieri, W., Steel, N. (2001) *The role of Pleistocene stike-slip tectonics in the Neogene-Quaternary evolution of the southern Apennines orogenic belt: implication for oil trap development*. J. Petroleum Geol., 24, 339-359.

Nota interregionale prot. n° ASS/PRC/05/1141 del 13/01/2005. "Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi – Grisù 3° edizione".

Oliver, B.M., Bradley, J.G., Farra, H. (1984) *Helium concentration in the Earth's lower atmosphere*. Geochimica et Cosmochimica Acta, 48, 1759-1469.

L'ESPERIENZA DI ITALFERR NEL RADDOPPIO DELLA LINEA FERROVIARIA PARMA - LA SPEZIA TRA LE STAZIONI DI SOLIGNANO E FORNOVO.

Linetti, P., Bassetto, M., Rinaldi, G.

Italferr Spa – Gruppo Ferrovie dello Stato italiane

Abstract

Le NIR rappresentano un valido strumento per il miglioramento delle condizioni di lavoro in sicurezza delle opere in sotterraneo. Ciononostante, la loro applicazione nell'ambito di appalti che abbiano già esaurito la fase di gara o, addirittura, che si trovino in uno stato avanzato del processo produttivo di costruzione delle opere, può presentare per il Committente notevoli criticità.

Gli appalti per i quali siano in corso di predisposizione le attività di gara, invece, mostrano difficoltà minori pur necessitando di un'attenta verifica della documentazione progettuale e di contratto per eliminare soluzioni in contrasto con il rispetto delle NIR.

Nell'ambito di appalti già assegnati ad un affidatario, si deve valutare l'impatto sul sinallagma contrattuale nonché analizzare lo stato di avanzamento dei lavori. A volte infatti risulta pressoché impossibile attuare alcune disposizioni contenute nelle NIR, se ci si trova in fase molto avanzata o, peggio, in prossimità della fine dei lavori. Qualora invece vi siano i tempi per la piena introduzione di quanto esplicitato dalle NIR, può accadere che la disposizione della loro attuazione generi maggiori oneri diretti e maggiori oneri derivanti dall'eventuale prolungamento dei tempi di realizzazione rispetto alle previsioni contrattuali.

La Committenza deve quindi valutare questo impatto economico-temporale e predisporre, ove necessario, degli atti di variante da concordare o, diversamente, da imporre all'affidatario. Spesso, infatti, l'affidatario, essendo alla ricerca di motivazioni utili alla presentazione di riserve finalizzate al riconoscimento di maggiori corrispettivi, utilizza l'introduzione delle NIR proprio a tale scopo.

Per meglio chiarire questi aspetti, si riporta il caso della realizzazione della "Marta Giulia", galleria del raddoppio della linea ferroviaria Parma – La Spezia, nel tratto compreso tra le stazioni di Solignano e Fornovo.

1. Inquadramento dell'opera

La Linea ferroviaria Parma - La Spezia collega la città di Parma con la linea Tirrenica a Vezzano Ligure. Ha uno sviluppo complessivo di circa 120 km ed è una delle linee trasversali, di valico degli Appennini, che collegano la direttrice Nord-Sud Tirrenica e la Dorsale Milano-Roma. La linea è parte integrante del corridoio plurimodale Ti.Bre. (Tirreno-Brennero) il cui programma di interventi è finalizzato a potenziare il collegamento tra la portualità dell'alto Tirreno e la rete ferroviaria europea attraverso il valico del Brennero.

Per meglio comprendere l'ambito in cui si è operato, seguono dei brevi cenni storici sulla linea Parma – La Spezia e sulla descrizione dell'opera di raddoppio.

1.1 Cenni storici

Concepita ed iniziata a costruire nella seconda metà del 1800 per i collegamenti locali La Spezia-Vezzano e Parma-Fornovo, vede il suo completamento nel 1892. La linea nasce con vocazione prevalentemente militare e viene realizzata a semplice binario ad eccezione di un tratto, a doppio binario, compreso fra Pontremoli e Borgo Val di Taro. Negli anni successivi alla prima guerra mondiale, la linea Parma – La Spezia fu oggetto di investimenti volti principalmente a dotarla di un sistema di trazione elettrica.

Solo negli anni '80 del secolo scorso vengono stanziati dei fondi, nell'ambito del più generale piano di ammodernamento delle Ferrovie dello Stato, finalizzati al potenziamento infrastrutturale

dell'itinerario Pontremolese. Questi hanno portato, attraverso l'affidamento di lotti funzionali, al raddoppio della linea tra le stazioni di Vezzano Ligure e S. Stefano di Magra e tra le sta-

zioni di Berceto e Solignano (1984 ÷ 1993) ed al raddoppio del tratto di linea tra S. Stefano di Magra ed Aulla fino al PDM di Chiesaccia (1998 ÷ 2005).

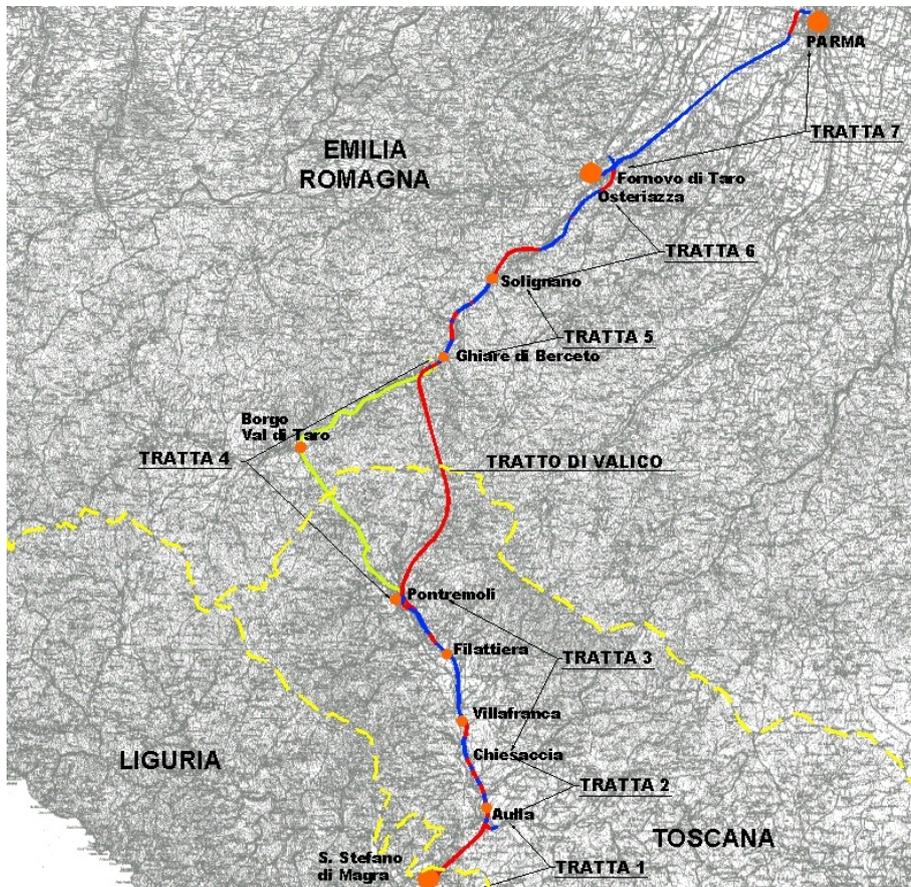


Fig. 1 – Linea Parma – La Spezia, collegamento con la linea Tirrenica a Vezzano Ligure



Fig. 2 – Corridoio plurimodale Tirreno – Brennero

1.2 L'opera di raddoppio

Nel 2003 è stata bandita la gara per un appalto integrato relativo alle opere di raddoppio del tratto tra la stazione di Solignano ed il posto di manovra di Osteriazza per uno sviluppo di circa 12 km, parte in affiancamento alla linea esistente e parte in variante.

Per le tratte in variante la scelta progettuale è stata quella dell'ottimizzazione dei sedimi e delle preesistenze, al fine di ridurre al minimo la compromissione di aree integre. Il progetto definitivo, l'esperimento della gara e la Direzione dei Lavori sono state affidate ad Italferr SpA.

Oltre alla realizzazione della galleria Marta Giulia, le principali opere della linea sono ponti e viadotti per una lunghezza di 867 m, gallerie artificiali di sottoattraversamento autostradale di

lunghezza pari a 430 m, rilevati e trincee in affiancamento alla linea ferroviaria per circa 7 km ed una galleria naturale di circa 4,2 km.

L'analisi delle ipotesi progettuali ha portato ad escludere l'adozione del sistema di scavo meccanizzato, in quanto non ottimale in relazione alla tipologia delle opere previste, alla lunghezza della galleria da realizzare, all'esistenza di particolari vincoli riguardo dall'ubicazione dell'opera, alle dimensioni e all'operatività dei cantieri.

È stato pertanto deciso il ricorso allo scavo tradizionale che, come riscontrato in campo, ha meglio permesso di affrontare anche le condizioni geologiche e le caratteristiche geotecniche dei terreni. La metodologia di avanzamento adottata è stata quella dello scavo a piena sezione con un'area media di sfondo pari a circa 110 m².

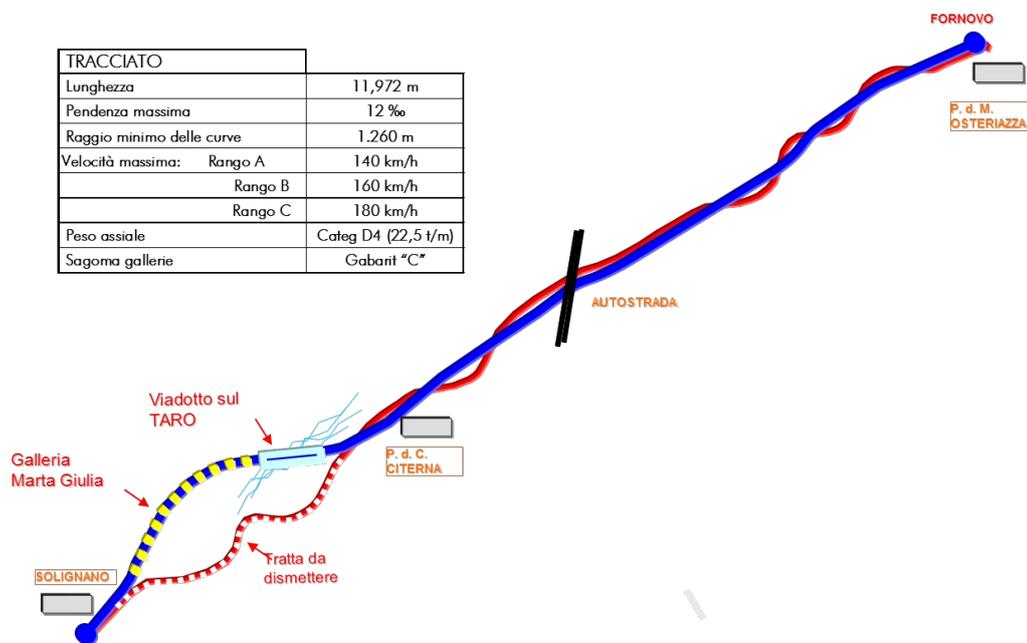


Fig. 3 – Tracciato della linea Parma - La Spezia e dell'opera di raddoppio.

L'avanzamento è progredito dai due imbocchi della galleria anche se lo scavo lato Parma è stato condizionato alla preventiva realizzazione del viadotto sul Taro. La zona d'imbocco è posta, infatti, in prossimità della sponda del fiume ed era accessibile solo mediante un guado provvisorio. Quindi solo con la costruzione del citato viadotto si è potuto garantire la continuità alle lavorazioni in galleria nonché l'accessibilità, senza vincoli, dei mezzi di soccorso, premessa indispensabile per lo svolgimento dei lavori in sicurezza. Il tempo complessivo di realizzazione della galleria naturale è stato pari a 50 mesi.



Fig. 4 – Imbocco galleria Marta Giulia lato Fornovo

2. Applicazione delle NIR in corso d'opera: conseguenze sulla gestione dell'appalto.

Il Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC) del progetto esecutivo ha recepito le NIR esistenti alla data di emissione del progetto definitivo (2006). La pubblicazione di nuove Note (Tabella 1) ha comportato la redazione di specifici aggiornamenti del PSC.

Il recepimento in corso d'opera delle prescrizioni imposte da tali nuove Note ha avuto impatto anche su altri aspetti contrattuali non strettamente inerenti la Sicurezza, comportando in genere maggiori oneri per la Committenza. L'applicazione della NIR 37, ad esempio, ha richiesto una variazione contrattuale per adattare le modalità di subappalto, imponendo l'assegnazione delle attività di scavo in galleria ad un unico soggetto esecutore con stessa di direzione di cantiere.

3. Analisi consuntiva degli infortuni occorsi nella realizzazione della galleria Marta Giulia

Lo scavo della galleria Marta Giulia è stato completato il 13 settembre 2013 con l'abbattimento dell'ultimo diaframma. È quindi possibile analizzare a consuntivo alcuni parametri indicati, riguardanti gli aspetti della sicurezza, e la loro

evoluzione durante l'intero periodo di realizzazione delle opere in sotterraneo.

Gli indici di frequenza e di gravità degli infortuni per le opere allo scoperto, in sotterraneo e totali (Fig. 5) risultano, sin dall'inizio dei lavori, significativamente più bassi rispetto alla media INAIL. Si ritiene che ciò possa anche essere imputato alla particolare sensibilità ed attenzione posti in essere da Italferr nell'ambito delle attività concernenti la sicurezza, sia in fase di redazione del PSC che direttamente in campo con il proprio CSE. A titolo di esempio si segnala che sono stati redatti circa 250 tra verbali di coordinamento e di sopralluogo. Le attività del CSE hanno stimolato l'impresa esecutrice (Astaldi SpA) ad instaurare un clima di fattiva collaborazione che ha influito notevolmente sulla realizzazione dei lavori in condizioni di sicurezza.

Determinante è stato il contributo della AUSL, che hanno eseguito verifiche sul campo ed istituito un tavolo tecnico con RFI, Italferr e le altre imprese coinvolte nella realizzazione dell'opera.

I grafici segnalano ancora che gli indici di frequenza e gravità, pur se inizialmente bassi, hanno subito un'ulteriore diminuzione durante l'appalto, segnale che si ritiene possa essere correlato all'effetto prodotto dall'applicazione delle NIR in corso d'opera.

Tabella 1 – Prescrizioni delle Note Interregionali applicate nel contratto di appalto

Nota	Prescrizioni
NIR 33, 35	I teli di impermeabilizzazione ed il tessuto non tessuto devono essere di classe di reazione al fuoco E secondo le norme armonizzate UNI EN ISO 11925-2 e UNI EN 13501-1. I tubi di ventilazione devono avere classe di reazione al fuoco non superiore a 1 secondo il D.M. 26/06/1984 e devono essere di tipo antistatico nelle gallerie classificate a rischio grisù (classi 1a,1b,1c,2). Negli impalcati provvisori è ammesso l'impiego di legname solo se preventivamente trattato con vernici ignifughe. Il deposito permanente di materiali combustibili e infiammabili in galleria è vietato. Il deposito provvisorio di tali materiali deve essere, ridotto alle esigenze esecutive della lavorazione in atto.
NIR 34	Va estesa a tutti i mezzi operanti in galleria l'installazione dei dispositivi a telecamera e monitor per la visione indiretta dell'area retrostante la zona posteriore del veicolo.
NIR 37	Per migliorare le condizioni di sicurezza al fronte si deve garantire unità tra direzione del cantiere della galleria ed di esecuzione della fase di scavo (avanzamento del fronte).
NIR 41, 43	Introdotta la presenza di un preposto al fronte nelle fasi di scavo e disaggio; Obbligatoria l'adozione di piattaforme mobili dotate di FOPS; Introdotta l'utilizzazione dei disgiungitori al fronte; Si dispone l'istituzione di un sistema di controllo verifica e responsabilizzazione dei lavoratori addetti ai lavori al fronte.

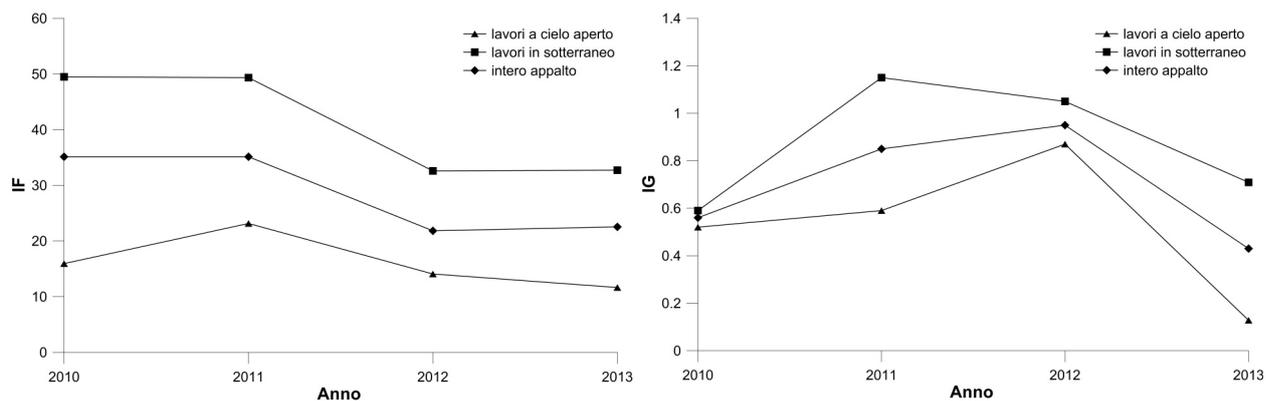


Fig. 5 – Indici di frequenza (a sinistra) e di gravità (a destra) degli infortuni nel periodo 2010 - 2013

4. Conclusioni

L'introduzione delle NIR a lavori avviati ha comportato la necessità di apportare modifiche ed integrazioni agli atti contrattuali con conseguente impatto su costi e tempi realizzativi delle opere.

È pertanto auspicabile prevedere, per gli appalti in corso d'opera, all'atto dell'emissione di nuove NIR, una gradualità di applicazione che

tenga conto dello stato esecutivo degli appalti stessi, consentendo l'applicazione di misure e tecniche organizzative alternative, ove possibile, più in sintonia con quanto previsto nel PSC e negli atti contrattuali.

Le esperienze maturate sul campo nell'applicazione delle NIR possono contribuire a migliorarle ulteriormente.

L'ESPERIENZA DELLE SOCIETÀ DI PROGETTAZIONE. LA PROGETTAZIONE IN SICUREZZA DELLE OPERE STRADALI.

Bazzarelli, M., Frisardi, S., Selleri, A.
SPEA Ingegneria Europea SpA

Abstract

Il Piano di Sicurezza e Coordinamento è il documento a cui è demandata la progettazione della sicurezza del cantiere.

Quando si pensa al PSC, spesso lo si immagina come un documento valido solo ad espletare gli obblighi imposti dalla normativa vigente e quindi avulso dal contesto progettuale a cui si accompagna.

Il Piano di Sicurezza e Coordinamento rappresenta, se bene interpretato, un elemento che può e deve essere parte integrante del progetto stesso, in quanto frutto del confronto tra diversi specialisti, arrivando in alcuni casi a dettare le soluzioni progettuali, nell'ottica di garantire soluzioni sempre più efficaci per la sicurezza dei lavoratori impegnati in cantiere.

Quest'ultima è la filosofia che ci si è posti all'interno di una società di progettazione come Spea Ingegneria Europea, dove il PSC col passare degli anni e delle variazioni del quadro normativo, ha sempre di più assunto le fattezze di documento progettuale completo.

Tale evoluzione è andata in parallelo con l'iter progettuale della Variante di Valico, anche per opera delle Note interregionali delle regioni Emilia Romagna e Toscana in materia di sicurezza nella realizzazione di Grandi Opere, che hanno visto la luce a partire dal 1998, cimentandosi fin da subito con un tema delicato come quello della presenza del grisou nelle lavorazioni di scavo di gallerie.

Nei primi 4 lotti della Variante di Valico, il cui progetto risale al 1999, il PSC era rappresentato da un voluminoso elaborato formato in gran parte da un notevole numero di schede che enunciavano una serie di fattori di rischio e le relative misure protettive e preventive, non presentando alcuna tavola di cantierizzazione e relegando la stima degli oneri della sicurezza ad un semplice calcolo parametrico.

Oggi invece, il PSC si pone non solo il compito di assolvere ai requisiti minimi imposti dalla normativa, ma anche l'obiettivo di risultare chiaro e facilmente interpretabile dai diversi soggetti che ne faranno uso, dal CSE all'impresa esecutrice.

Esso fornisce le soluzioni da applicare per il coordinamento della sicurezza in cantiere, attraverso tavole di cantierizzazione contenenti gli apprestamenti necessari e la valutazione dei fattori di rischio anche in modalità grafica, servendosi all'occorrenza di tipologici esplicativi delle varie fasi lavorative.

1. L'evoluzione del quadro normativo in materia di sicurezza dei cantieri

Gli ultimi dati annuali forniti dall'INAIL, pur riportando una diminuzione degli infortuni, confermano il cantiere come il luogo più insidioso per la salute dei lavoratori.

Non a caso il legislatore ha da diversi anni cercato di porre rimedio ad una piaga che ha mietuto migliaia di vittime, emanando una serie di norme che nel tempo hanno cercato di regolamentare la sicurezza dei cantieri.

Andiamo di seguito a riportare un breve ex-

corso della normativa di sicurezza dei cantieri con un occhio più attento a quella che tratta dei cantieri stradali, che per la loro particolarità, dovuta al traffico veicolare che spesso transita in aderenza al cantiere, risultano essere i più esposti agli infortuni.

L'introduzione dei Piani di Sicurezza nei cantieri si è avuta con la Legge n. 55 del 1990, recante il titolo "Nuove disposizioni antimafia", in cui con l'intento di risolvere temi inerenti la lotta antimafia, in alcuni articoli vengono affrontate problematiche riguardanti la sicurezza dei cantieri edili.

Tabella 1 – Dati INAIL degli infortuni denunciati sul lavoro. Fonte: archivi statistici (aggiornati al 31.10.2012)

Ramo / Settore di attività	Infortuni complessivi			Casi mortali		
	2010	2011	Var. %	2010	2011	Var. %
Agricoltura	50.235	47.054	-6,3	112	109	-2,7
Costruzioni	74.485	66.331	-10,9	218	186	-14,7
Meccanica	20.836	19.786	-5,0	22	24	+9,1
Metallurgia	38.380	36.512	-4,9	42	51	+21,4
Trasporti e comunicazioni	60.941	55.635	-8,7	139	95	-31,7
Servizi alle imprese e attività immobiliari	51.785	49.094	-5,2	61	45	-26,2
Commercio	70.338	65.551	-6,8	83	80	-3,6
Personale domestico	4.956	4.803	-3,1	4	8	+100,0

E' in questa occasione che si dà alle imprese l'obbligo di redigere il "Piano di igiene e salute".

Con la Legge Merloni (Legge n. 109 del 1994) e la successiva modifica (Legge n. 216 del 1996) all'art. 31 si introduce, nelle opere pubbliche, l'obbligo di redigere il "Piano di Sicurezza".

Le due leggi appena citate, però, non citavano i contenuti che doveva avere il Piano di Sicurezza e Coordinamento e bisognerà attendere il D. Lgs 494 del 1996, per chiarirsi le idee.

Accanto alla normativa cogente, nel 1998 fanno il loro debutto le Note Interregionali dell'Emilia Romagna e Toscana sul tema degli "Standard di sicurezza per la realizzazione delle Grandi Opere".

La prima di queste, emanata il 20 aprile 1998, si occupa dello "Scavo di gallerie in terreni grisu-tuosi", ponendosi il compito di andare ad aggiornare ed attualizzare le problematiche affrontate al Capo X del Decreto del Presidente della Repubblica n. 320 del 1956.

L'intento delle Regioni era quello di sopperire ai vuoti legislativi in materia di sicurezza dei cantieri di Grandi Opere, fornendo un valido strumento a tutti i soggetti interessati, dalle imprese, ai tecnici, fino ad arrivare ai Committenti delle opere.

Il D. Lgs 494 del 1996 viene modificato nel 1999, con il D. Lgs 528, imponendo alle imprese esecutrici, indipendentemente dalla tipologia del cantiere e quindi dalla presenza o meno del PSC, di redigere il Piano Operativo di Sicurezza.

Il 10 Luglio 2002, viene emanato il Decreto Ministeriale "Disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo", che regola i cantieri stradali, definen-

do le modalità con cui è necessario cantierizzare la piattaforma stradale.

Con il D.P.R. n. 222 del 2003 "Regolamento sui contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei e mobili", si vanno a chiarire quei punti che avevano portato ad interpretazioni diverse su quanto previsto dal D. Lgs 494/96 e Legge 109/94.

Ed eccoci finalmente arrivati ai giorni nostri con l'emissione del D. Lgs 81 del 2008, meglio noto come "Testo unico sulla sicurezza" che ha avuto il compito di accorpate gran parte della normativa che regola la sicurezza sul luogo di lavoro, rivisto e corretto l'anno successivo con il D. Lgs 106.

L'ultimo tassello significativo che affronta la sicurezza dei cantieri negli appalti pubblici è il Decreto del Presidente della Repubblica n. 207 del 2010, che rappresenta il regolamento attuativo in materia di contratti pubblici.

Nel 2013, la novità normativa ha interessato i cantieri stradali attraverso l'emanazione del Decreto Interministeriale del 4 marzo 2013 che introduce nuovi criteri generali di sicurezza relativi alle procedure di revisione, integrazione e apposizione della segnaletica stradale destinata alle attività lavorative che si svolgono in presenza di traffico veicolare.

2. La progettazione della sicurezza dei cantieri stradali all'interno di Spea

La progettazione e la realizzazione della Variante di Valico autostradale rappresenta l'opera più importante ed ambiziosa in cui Spea Ingegneria Europea si è cimentata negli ultimi decenni. L'approvazione del progetto esecutivo dei primi

quattro lotti viene decretata da ANAS nel 1999 e come abbiamo visto, era già cogente la normativa di sicurezza dei cantieri, che imponeva la progettazione dei Piani di Sicurezza e Coordinamento.

In quegli anni Spea non possedeva un ufficio dedicato alla progettazione della sicurezza dei cantieri e spesso affidava la redazione di quanto imposto dalla normativa a società esterne che si limitavano a fornire un prodotto capace esclusivamente di soddisfare i requisiti minimi imposti dalla norma.

Se si va ad esaminare il contenuto dei PSC che accompagnano questi progetti, si può notare come si riducano ad un solo elaborato, strutturato in tre parti:

- la prima, in cui si riporta la normativa di riferimento;
- la seconda, composta da un consistente numero di schede di analisi dei rischi che interessano tutte le lavorazioni da effettuare in cantiere, con le relative misure di prevenzione e gli apprestamenti protettivi che il progettista ha deciso di prevedere;
- una terza in cui vengono riportate una serie di procedure operative.

Questa strutturazione del PSC denuncia una serie di limiti. L'unico elaborato di cui il Piano si compone risulta voluminoso e di difficile consultazione (oltre mille pagine), e non sono state prodotte a corredo del PSC delle specifiche tavole di cantierizzazione ma ci si limita, all'occorrenza, a richiamare gli elaborati che costituiscono il Progetto Esecutivo.

La stima degli oneri della sicurezza è di tipo parametrico (l'obbligo di stimare gli oneri della sicurezza in modo analitico verrà introdotto dal DPR n. 222 del 2003), ed il progettista si è limitato a determinare tali oneri nella percentuale del 5% dell'importo dei lavori soggetto a ribasso d'asta, percentuale che ritroviamo immutata in tutti e quattro i lotti, nonostante le eterogeneità. Infatti, se mettiamo a confronto il primo e il secondo lotto tra loro, possiamo notare come la percentuale rimanga immutata, nonostante il primo non abbia in progetto la realizzazione di scavo di gallerie, cosa che invece troviamo nel secondo.

L'ultima osservazione che occorre fare è che all'interno del PSC non vi sia alcun riferimento alle Note Interregionali, la cui prima pubblicazio-

ne risale al 1998.

Dal 2005, Spea si è dotata di un ufficio specialistico che ha il compito di redigere Piani di Sicurezza e DUVRI. I PSC prodotti afferiscono sostanzialmente a due grandi categorie, quella delle nuove opere stradali e quella della manutenzione delle opere esistenti.

Nel 2012 l'ufficio Piani di Sicurezza di Spea ha redatto 543 PSC, di cui 67 per la realizzazione di nuove opere stradali, 350 per progetti di manutenzione delle opere stradali esistenti, 13 per perizie di variante o addendum progettuali di opere in appalto e 113 per lavori di pavimentazione stradale.

In Spea, quindi, ci si è trovati ad affrontare il dilemma di come ottenere un Piano di Sicurezza che riuscisse a coniugare la redazione di una mole così rilevante di documenti conferendogli un grado qualitativo di eccellenza.

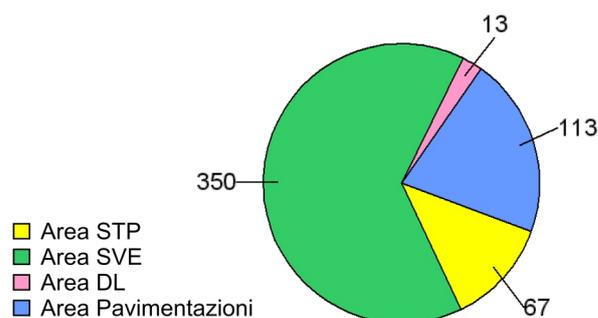


Fig. 1 – Produzione di PSC relativa al 2012 dell'ufficio Piani di Sicurezza di Spea.

3. I compiti del PSC

Ci si è interrogati su quali potessero essere le modalità per elevare qualitativamente i PSC, arrivando al risultato che era necessario prima di tutto definirne i contenuti, cercando di realizzare un documento capace di dare delle risposte ad una serie di requisiti che di seguito si va ad elencare:

- assolvere alle prescrizioni richieste dalla normativa vigente. Tutti sappiamo le implicazioni che le leggi in materia di sicurezza dei cantieri, possono comportare sui vari soggetti coinvolti;
- recepire gli obblighi contrattuali. Le Note Interregionali delle Regioni Emilia Romagna e Toscana in materia di sicurezza dei cantieri di Grandi Opere, sono diventate da diversi anni non solo una serie di norme volontarie, ma de-

gli obblighi contrattuali che Autostrade per l'Italia in qualità di Committente ha inserito nei contratti di realizzazione delle opere sia con chi la progetta che con l'impresa appaltatrice che la realizza;

- ottimizzare i tempi di redazione, attraverso l'utilizzo di format pensati per le varie tipologie di progetti da affrontare;
- il Piano di Sicurezza e Coordinamento deve risultare chiaro e facilmente interpretabile dai diversi soggetti che sono chiamati ad interpretarlo, dal Responsabile dei Lavori, al Coordinatore per la sicurezza in fase di Esecuzione, dall'impresa appaltatrice, alle varie sub-appaltatrici presenti;
- fornire soluzioni progettuali tese a minimizzare i rischi a cui sono soggetti i lavoratori impiegati in cantiere;
- indicare, attraverso i contenuti del fascicolo tecnico, le modalità per garantire la sicurezza degli operatori chiamati ad effettuare la sorveglianza e la manutenzione delle varie opere autostradali realizzate.

4. Gli strumenti a supporto dell'attività del CSP

Elencati i contenuti, è lecito ricercare quali sono i mezzi che il Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione possiede per poter portare a termine il compito che si è dato.

Naturalmente, alla base, vi è il soddisfacimento della normativa vigente in materia di sicurezza dei cantieri, che abbiamo enunciato precedentemente, ma come già detto, risultano cogenti anche le Note Interregionali dell'Emilia Romagna e Toscana sul tema degli "Standard di sicurezza per la realizzazione delle Grandi Opere", essendo diventate obbligo contrattuale inserito da Autostrade per l'Italia, in qualità di Committente.

Spea, per garantire degli standard qualitativi elevati, ha emesso due istruzioni tecniche e una procedura operativa in materia di progettazione della sicurezza dei cantieri, le prime due forniscono le indicazioni per la redazione del PSC e del Fascicolo Tecnico, l'ultima definisce i compiti e gli standard del Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione all'interno di Spea.

Un altro strumento è fornito dai manuali, sommari e linee guida redatti da Autostrade per l'Ita-

lia, che in aggiunta a quanto già stabilito dal Decreto Ministeriale del 10 Luglio 2002, definiscono le modalità per cantierizzare la piattaforma autostradale a seconda del numero di corsie di cui si compone e il comportamento da tenersi quando ci si trova ad operare sulla carreggiata.

L'ultimo in ordine cronologico, ma probabilmente il più importante dei supporti che il CSP può ricevere all'interno di Spea è rappresentato dall'interazione con i vari uffici specialistici di cui è composta.

5. L'interdisciplinarietà nella redazione del Piano di Sicurezza

Spea è costituita da diciotto uffici specialistici che sono chiamati a confrontarsi nella redazione dei progetti che vengono loro sottoposti.

Il Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione nella redazione del Piano, interpella i vari uffici, ricevendo una serie di informazioni fondamentali per raggiungere il risultato che ci si è posti.

L'ufficio "Espropri" consegna la planimetria degli espropri e quella delle interferenze tecnologiche presenti sul territorio, in modo da poter definire recinzioni dei cantieri e segnalamento delle interferenze impiantistiche aeree e sotterranee.

L'ufficio "Infrastrutture di trasporto" fornisce la corografia dell'area oggetto dell'intervento di progetto e la planimetria delle opere da realizzare.

Il Capo Commessa ha il compito di trasmettere l'elenco degli elaborati di progetto, quello delle wbs (work breakdown structure) che rappresentano la struttura più o meno complessa di cui si compone il progetto ed infine la relazione generale di progetto.

L'ufficio "Cantierabilità" redige il cronoprogramma dei lavori, la fasizzazione delle lavorazioni che interessano piattaforme stradali e autostradali al fine di consentire i lavori senza interrompere il traffico veicolare e individua le aree da destinare ad aree di cantiere.

Gli uffici di Geoingegneria, Idraulica e Strutture forniscono le relazioni specialistiche e i relativi elaborati tecnici.

Infine, l'ufficio Computi fornisce il quadro economico diviso per opera e l'importo totale dei lavori soggetto a ribasso d'asta.

6. La struttura del PSC

La concezione del Piano di Sicurezza e Coordinamento maturata in Spea ha determinato un documento formato sostanzialmente da sei parti:

- la relazione del PSC;
- la stima degli oneri della sicurezza;
- le tavole di cantierizzazione;
- il fascicolo tecnico dell'opera;
- i fattori di rischio;
- i tipologici delle fasi lavorative e la valutazione dei rischi.

6.1 La relazione del PSC

La relazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento deve essere sintetica e limitarsi a fornire quelle informazioni richieste dalla Norma, esplicitate in modo diretto e facilmente comprensibile in modo da poter essere chiaro ai diversi soggetti chiamati ad operare in cantiere. I contenuti del

Piano devono essere i seguenti:

- elenco dei documenti di progetto citati nel PSC per una sua migliore comprensione;
- riferimenti normativi, procedure di sicurezza, prescrizioni generali, ruoli e compiti dei soggetti coinvolti;
- elenco dei soggetti con compiti di sicurezza;
- descrizione dell'opera oggetto dell'appalto e calcolo degli uomini giorno;
- caratteristiche delle aree di cantiere;
- fattori esterni che comportano rischi per il cantiere;
- rischi che le lavorazioni di cantiere possono comportare per l'area circostante;
- analisi degli elementi rilevanti in riferimento all'organizzazione del cantiere;
- analisi delle fasi e delle lavorazioni e misure di prevenzione e protezione;
- quadro di riepilogo degli oneri della sicurezza;
- questionari per informazione infortuni e mancati infortuni.

D.2	Analisi delle fasi e delle lavorazioni e misure di prevenzione e protezione	u.m.	p.u
	<p><i>I comportamenti da adottare sono previsti dalla legge e sono a carico del datore di lavoro. In linea di massima è da prevedere:</i></p> <p>a. l'utilizzo di vestiario ad alta visibilità;</p> <p>b. la predisposizione dei mezzi che accedono in cantiere con lampeggiante ECE 65.</p>  <p><i>In questo caso è necessario programmare una seduta di informazione, partecipanti tutti gli addetti, dove verranno esplicitate le procedure previste per lo svolgimento delle operazioni. Il contenuto dell'informazione da diffondere deve essere preliminarmente documentato al CSE. Copia del verbale di formazione, controfirmato dai partecipanti, deve essere trasmesso al CSE.</i></p> <p><i>Nell'area di scavo in curva, sarà necessario disporre uno specchio grandangolare e la segnaletica che avverta del pericolo dovuto al traffico dei veicoli e la prescrizione di moderare la velocità al passo d'uomo.</i></p>  		
	<p>B. Galleria in costruzione</p> <p><i>È presente il rischio di investimento di persone all'interno della galleria in costruzione (impianti provvisori in esercizio)</i></p>  <p><i>All'interno della galleria dovranno essere segnalati i percorsi previsti per il transito dei pedoni, affiggendo la specifica segnaletica, un cartello ogni venticinque metri, sia sul lato destro che sul lato sinistro della canna.</i></p>    <p><i>Impianto di illuminazione d'emergenza</i></p> <p><i>Per le lavorazioni in galleria deve essere previsto un sistema di illuminazione d'emergenza che garantisca i 5 lux per le aree di transito.</i></p> <p><i>In questo caso è necessario programmare una seduta di informazione, partecipanti tutti gli addetti, dove verranno esplicitate le procedure previste per lo svolgimento delle operazioni. Il contenuto dell'informazione da diffondere deve essere preliminarmente documentato al CSE. Copia del verbale di formazione, controfirmato dai partecipanti, deve essere trasmesso al CSE.</i></p>		
CS.05.02.001 a	Informazione ai lavoratori per ogni singola fase lavorativa prevedibile: costo orario di ogni responsabile. euro (trentatre/57)	h	€ 33,57

Fig. 2 – Estratto del format adoperato per la stima degli oneri della sicurezza.

6.2 La stima degli oneri della sicurezza

Il computo degli oneri della sicurezza non si limita ad essere una sommatoria di cifre, ma è parte integrante della relazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento, riportando le prescrizioni da adottare, che in molti casi sono quelle desunte dalle Note Interregionali.

I prezzi di riferimento adoperati per la stima sono “ANAS Sicurezza” e “CPT di Roma”, integrati con analisi dei prezzi derivanti da indagini di mercato.

Al momento esistono circa 150 nuovi prezzi, di cui quasi un centinaio di articoli sono desunti in applicazione delle NIR.

6.3 Le tavole di cantierizzazione

Le tavole di cantierizzazione allegate al PSC hanno al proprio interno le seguenti informazioni:

- le planimetrie delle wbs di progetto;
- gli schemi di riduzione del traffico veicolare utilizzati sia per piattaforma autostradale che per viabilità ordinaria;
- le aree di cantiere e i relativi accessi;
- le aree da sottoporre a bonifica da ordigni bellici e tipologia di bonifica da realizzare;
- il riepilogo delle misure e degli apprestamenti da predisporre per ogni singola wbs;
- la planimetria delle interferenze tecnologiche.

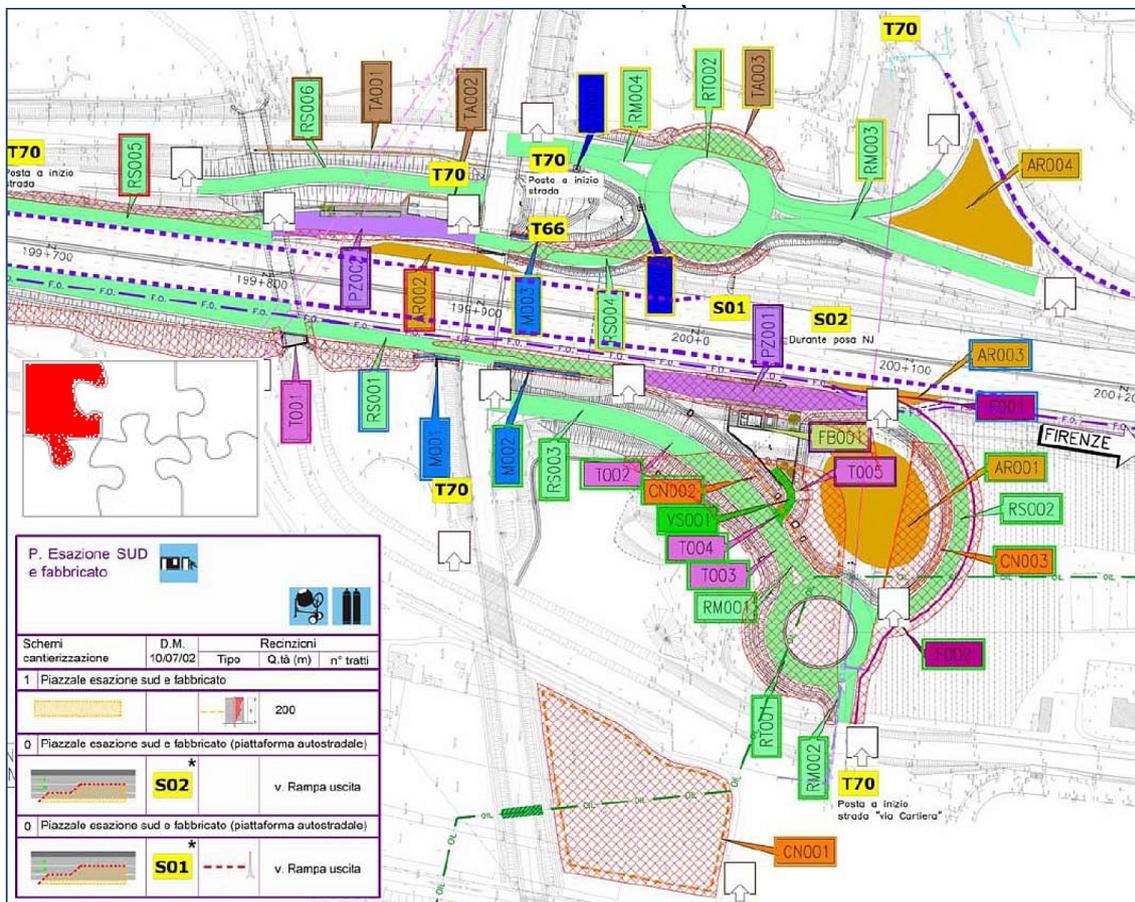


Fig. 3 – Particolare della tavola di cantierizzazione del progetto per lo svincolo Telepass di Borgonuovo.

6.4 Il fascicolo tecnico dell'opera

Il fascicolo tecnico esplicita graficamente le informazioni necessarie alle operazioni di sorveglianza e manutenzione da effettuare nel corso della vita dell'opera, i cui contenuti sono:

- prescrizioni da mettere in atto a seconda dell'operazione da effettuare;

- elenco degli apprestamenti da predisporre;
- tipologia di riduzione da mettere in atto a seconda della composizione della carreggiata;
- descrizione dell'intervento da effettuare (controllo visivo, manutenzione ordinaria o straordinaria);
- elenco dei fattori di rischio.

6.5 I fattori di rischio

La valutazione dei fattori di rischio all'interno dei PSC prodotti da Spea, viene effettuata anch'essa graficamente, in modo da renderne più immediata la comprensione.

Vengono suddivise le opere oggetto del progetto in wbs e per ognuna di queste viene riportato un quadro riepilogativo che rappresenta i fattori esterni che comportano rischi per l'area di cantiere e i rischi che le lavorazioni possono comportare per le aree circostanti.

6.6 I tipologici delle fasi lavorative e la valutazione dei rischi

Anche la valutazione dei fattori di rischio è

realizzata in modo grafico, sempre per assicurare una più facile ed immediata comprensione, pertanto si è deciso di realizzare una serie di tipologici delle lavorazioni di cantiere esplicitate per fasi, in modo da poter rappresentare accanto ad una breve descrizione, i rischi presenti, con il riferimento ai paragrafi della relazione del PSC di riferimento.

Altre informazioni inserite, sono le misure preventive e protettive messe in campo dal progettista per minimizzare i rischi precedentemente rilevati.

Gli apprestamenti individuati vengono disegnati insieme ai mezzi d'opera e alla cartellonistica da predisporre, esplicitando con i colori verde, giallo e rosso le aree di cantiere che via via risultano maggiormente rischiose.

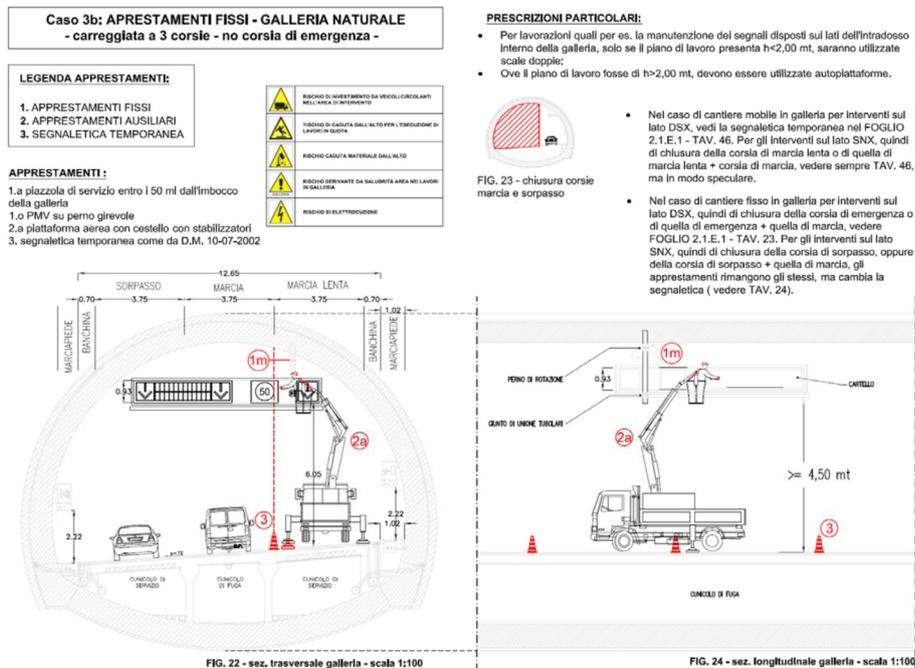


Fig. 4 – Esempio di operazioni di manutenzione di PMV in galleria tratto da un fascicolo tecnico.

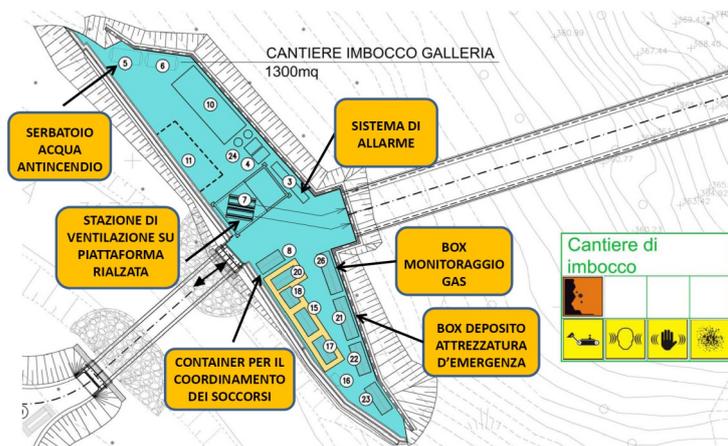


Fig. 5 – Fattori di rischio rilevati ed elenco degli apprestamenti desunti dalle NIR.

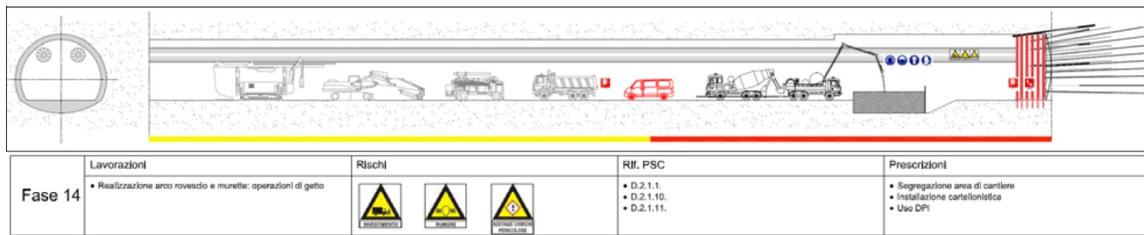


Fig. 6 – Esempio di fase lavorativa estratta dal tipologico di scavo di gallerie naturali e relativa valutazione dei rischi.

Bibliografia

De Felice, M., *Istituto Nazionale contro gli Infortuni sul Lavoro. Relazione annuale 2012. Re-*

lazione del Presidente. Roma, 2013.

Marrani, M., Matteucci, A., *Piani per la sicurezza dei cantieri.* Alinea editrice s.r.l., Firenze, 2001.

**L'ESPERIENZA DEGLI ORGANI DI CONTROLLO.
APPLICAZIONE DELLE NIR NELLE REGIONI EMILIA ROMAGNA E TOSCANA.**

Calzolari, F.
Azienda USL Bologna

Abstract

Le Regioni Emilia-Romagna e Toscana, a far data dal 1995, sono state coinvolte nella realizzazione di due tra le più importanti opere infrastrutturali eseguite nel secondo dopoguerra: il sistema ferroviario Treno Alta Velocità (TAV) e la Variante Autostradale di Valico della A1 (VAV).

Entrambe le opere prevedono l'attraversamento dell'Appennino tra le province di Bologna e Firenze in un contesto geologico tra i più complessi ed impegnativi nel panorama nazionale.

Queste grandi opere sono state l'occasione per sviluppare un sistema "virtuoso" che ha prodotto esperienze innovative di lavoro e di controllo in tema di sicurezza nei cantieri.

Le Regioni, che hanno creduto al progetto di realizzare grandi opere in sicurezza, hanno destinato attenzione alle condizioni di lavoro, ed hanno finanziato e sostenuto le USL impegnate nell'opera di controllo. È stato organizzato un sistema dedicato all'emergenza sanitaria finanziato dai committenti. Sono stati coinvolti i saperi presenti nelle sedi universitarie a supporto dei servizi di vigilanza e controllo. Infine si è dato corso ad una profonda revisione delle regole in materia di sicurezza del lavoro in sotterraneo che hanno preso la forma di "Note Interregionali".

Dapprima si sono mutate norme tecniche di istituzioni internazionali (ITA) o di vicini Paesi (norme INSAI-SUVA della Confederazione Elvetica), poi si sono affrontati e disciplinati specifici aspetti peculiari della realtà italiana con soluzioni originali.

Il panorama di intervento ha riguardato il rischio grisù, l'antincendio, il salvataggio, l'autosalvataggio, i campi base, il sistema di comunicazione e allarme, la ventilazione, la sicurezza al fronte fino ad approdare a indicazioni per la realizzazione di una TBM idonea ad operare in ambiente grisutoso.

Con la redazione e l'applicazione delle 44 Note Interregionali si è compiuta una vera e propria rivoluzione, tesa a dare più sicurezza a quanti operano nella realizzazione delle grandi opere.

Tutto questo ha coinvolto i committenti e le imprese esecutrici ed ha generato, di riflesso, una ricaduta in termini di soluzioni tecniche applicative che ha qualificato le imprese esecutrici ed i costruttori di macchine ed impianti.

1. Grandi opere infrastrutturali Treno Alta Velocità e Variante Autostradale di Valico: alcuni aspetti determinanti la sicurezza del lavoro.

Un grande dibattito ha interessato il paese negli anni 80 del secolo scorso: quello inerente l'ammodernamento delle infrastrutture viarie e ferroviarie. Oltre a discutere se fare e non fare queste opere, il dibattito ha interessato il tracciato da seguire con molteplici modifiche intervenute nel corso dei lavori di pianificazione e progettazione.

In ogni caso, il collegamento tra la l'Italia set-

tentrionale e la porzione centrale prevedeva che questo avvenisse passando attraverso le province di Bologna e Firenze in analogia a quanto già fatto per la linea ferroviaria direttissima, inaugurata nel 1934, e per l'Autostrada del Sole inaugurata nel 1960.

Le due opere sono arrivate, al nastro di partenza dei lavori, in tempi ravvicinati tra loro: i primi di luglio del 1996 per la linea ferroviaria ad Alta Velocità, tratta di collegamento tra le città di Firenze e Bologna (capoluoghi esclusi), e nel 1998 per i lavori preliminari della Variante di Valico. Anche le modalità di conferimento dei lavori sono state diverse.

TAV era un progetto che prevedeva il collegamento veloce tra Milano e Napoli e delle quattro tratte Milano-Bologna, Bologna-Firenze, Firenze-Roma e Roma-Napoli la tratta tra Firenze e Roma era già stata eseguita negli anni precedenti con il nome di quadruplicamento Firenze-Roma.

Per raggiungere l'obiettivo di costruire nel territorio italiano un sistema ferroviario ad alta velocità, Ferrovie dello Stato costituì una società apposita di nome TAV. Attraverso la modalità del General Contractor la tratta Milano-Bologna fu assegnata ad ENI, la tratta Bologna-Firenze a FIAT e la tratta Roma-Napoli a IRI.

Per quanto riguarda la tratta Bologna-Firenze, FIAT ha dato origine ad un consorzio denominato Consorzio CAVET (acronimo di Consorzio Alta Velocità Emilia Toscana) costituito da un insieme di imprese tra cui la principale nel panorama nazionale.

Le regole contrattuali prevedevano che il Consorzio CAVET dovesse eseguire direttamente i lavori ma si richiedeva che il 40% dell'opera fosse subappaltata o affidata a terzi. Di fatto vi è stata una unitarietà di esecuzione dei lavori e solo porzioni minori di scavo di gallerie sono state delegate ad imprese terze.

L'opera ferroviaria ha una lunghezza di circa 78 km di cui oltre 73 in galleria. Era prevista la realizzazione di gallerie a doppio binario. Oltre alla galleria principale si dovevano realizzare circa 17 km di gallerie accessorie: le finestre di penetrazione alla galleria di linea e le gallerie di interconnessione, queste ultime a collegamento tra la linea veloce e quella storica.

La Variante Autostradale di Valico (VAV in acronimo) è un'opera che prevede: in parte l'ampliamento del tracciato con la realizzazione della terza corsia, in altre parti la modifica del tracciato ed infine la realizzazione di un nuovo tracciato, quest'ultimo parallelo a quello esistente che rimarrà in servizio. L'opera interessa l'Autostrada A1 e, da Nord verso Sud, inizia nel Comune di Casalecchio di Reno e termina a Barberino di Mugello

La Variante ha uno sviluppo di circa 66 km di cui circa 28 km in galleria (le gallerie sono a doppio fornice e quindi sono previsti 57 km di gallerie). Il traffico avviene in carreggiate separate per ogni direzione di marcia. Le dimensioni delle gallerie, che prevedono in ogni canna la rea-

lizzazione di 3 corsie di marcia, sono particolarmente ampie con sezioni di scavo di circa 180 m².

In questo caso l'opera non è stata assegnata in modo unitario ma suddivisa in 14 lotti tutti conferiti a base d'asta con il metodo del massimo ribasso. Le gare d'asta sono state effettuate in tempi diversi, sono state vinte da imprese diverse e di conseguenza i lavori si sono scaglionati con avvisi dilazionati nel tempo.

In ambito TAV, nella parte emiliana, ha operato il Consorzio CAVET (parte preponderante dei lavori) ed altre 3 aziende. In ambito VAV nei 14 lotti hanno operato 11 imprese. È da sottolineare che la presenza di imprese straniere (appartenenti all'ambito UE) si è manifestato in maniera episodica in una sola occasione e non si è più ripetuta.

Così come il novero delle imprese è circoscritto e queste operano in Italia nei vari cantieri sulla base delle occasioni di lavoro che si manifestano, così anche i lavoratori costituiscono una comunità itinerante che segue le varie imprese in una sorta di pellegrinaggio lavorativo man mano che un'opera si conclude e un'altra si avvia. Ancora saldamente in mano italiana è la forza lavoro per lo più proveniente da aree geografiche specifiche che partendo da un'esperienza di lavori minerari si è poi dispiegata, ora che di miniere non ve ne sono quasi più, nei lavori di scavo in sotterraneo.

In sintesi nei lavori delle grandi opere sono addette imprese e vi lavorano uomini in una sorta di circo itinerante ed è comune incontrare imprese ed uomini che hanno fatto in precedenza un lavoro ed ora ritornano per quello nuovo da iniziare.

A rigore di normativa i cantieri delle grandi opere infrastrutturali rientrano nel campo dei cantieri mobili e temporanei ma per la TAV il temporaneo ha significato 13 anni di lavoro e circa 14 di insediamento: una parte non indifferente della vita lavorativa degli addetti. In queste grandi opere infrastrutturali i cantieri erano ubicati in zone non urbanizzate ed anche scarsamente popolate.

Infine si deve sottolineare che gli standard di sicurezza comunemente applicati nel 1996 nei cantieri di grandi opere infrastrutturali, ed in particolare di quelle di scavo in sotterraneo, non erano particolarmente avanzati. Basteranno due soli esempi: gli addetti in galleria indossavano tute di colore blu scuro particolarmente mimetizzanti

con il contesto del luogo e nei sotterranei in corso di scavo, che sono fori ciechi in ventilazione secondaria, accedevano anche mezzi con motori ad accensione comandata, ovvero veicoli che utilizzano come carburante la benzina, idrocarburo facilmente infiammabile.

Era operante una legislazione che seppure specifica era ormai datata (il DPR 320/1956), non esisteva un ambito normativo specifico, i riferimenti internazionali quali la direttiva macchine (per il tipo di alimentazione dei veicoli) e le linee guida delle associazioni internazionali che si occupano di lavori in sottterraneo erano di fatto disattese.

A fronte di questa situazione il sistema pubblico locale, tra cui il sistema di controllo, era di fatto a digiuno delle problematiche che si andavano proponendo in quanto le ultime grandi opere infrastrutturali di scavo in sottterraneo si erano concluse nel tempo di una generazione precedente e ormai era andata persa la conoscenza, anche storica, di tutto quanto.

2. La Risposta delle Regioni Emilia-Romagna e Toscana

Negli anni '90 le Amministrazioni Regionali dell'Emilia-Romagna e della Toscana vissero l'avvio imminente dei lavori della TAV come un'occasione per sviluppare un'attività programmatica ed organizzativa e per tessere relazioni di collaborazione e scambio tra le due Regioni interessate dai lavori. Vi era una sorta di corsa e di emulazione a fare il meglio, dando libero campo alle energie "positive" che si stavano coagulando.

Furono sviluppati momenti di incontro tra le due Regioni e tra gli uffici interessati. Furono promossi e caldeggiati momenti di incontro e di collaborazione tra i servizi di sicurezza del lavoro che da più di 13 anni erano passati sotto la direzione del sistema sanitario locale, quest'ultimo posto sotto la direzione delle autonomie regionali.

Tutta la società, nelle sue articolazioni, fu pervasa da dibattiti in modo tale che l'opera che si andava a realizzare fosse compresa dai cittadini nelle cui zone si andava ad eseguire, per fare in modo che si tenesse conto delle istanze locali e si ebbe particolare cura affinché i movimenti di opposizione ed ostativi all'opera non prendessero il sopravvento.

Da un punto di vista concettuale si volle affermare il principio che i lavoratori addetti a queste opere fossero tenuti degli stessi diritti dei cittadini residenti in termini di assistenza sanitaria e di pronto soccorso.

In relazione alle dimensioni dell'opera fu affermato il principio che doveva essere organizzato un sistema di soccorso sanitario dedicato ai cantieri, che questo avesse dei nuclei di intervento presenti negli stessi cantieri di lavoro. La spesa organizzativa di questo sistema di soccorso dedicato fu posta a carico del committente dell'opera.

Questa soluzione, che ha trovato il consenso del committente, ha permesso di sviluppare un sistema di soccorso specialistico per le grandi opere infrastrutturali che ha poi fatto scuola nel panorama nazionale. Per il versante emiliano è stato costituito il G.E.C.A.V. (Gestione Emergenza Cantieri Alta Velocità) che è stata l'emanazione organizzativa del soccorso sanitario 118 nei cantieri.

In parallelo un analogo rapporto con i Vigili del Fuoco ha portato all'apertura di un distacco dei VV.F. nel maggiore campo base.

Gli accordi sottoscritti tra la Regione ed il Committente hanno previsto la destinazione di una quota capitaria di finanziamento a favore dei servizi di prevenzione in quanto l'avvio dei cantieri non solo modificava la dimensione sanitaria e sociale ma anche coinvolgeva il sistema di controllo della sicurezza del lavoro.

Sulla base di queste premesse gli aspetti di sicurezza del lavoro sono entrati a far parte di un progetto speciale di intervento che ha accompagnato tutti i lavori di queste due opere infrastrutturali.

Il progetto speciale di intervento ha significato dire che le nuove attività non andavano semplicemente a sommarsi al novero delle ordinarie attività esplicitate ma richiedevano una progettazione, una articolazione ed una attuazione specifiche.

E' questa, a mio avviso, l'idea vincente che ha permesso di raggiungere i risultati che poi si sono ottenuti.

Il progetto speciale di intervento ha significato dire il potenziamento dei servizi di controllo e la loro formazione. Sulla necessità di avere una dotazione di forze commisurate all'entità delle situazioni è inutile spendere parole e basterà

ricordare un vecchio detto popolare che ricorda che “non si fa nozze con le lumache” ovvero in altri termini se si vogliono ottenere risultati bisogna investire in risorse. Risorse umane in senso quantitativo ed anche intellettuale. Questo è stato fatto.

Infine è stato dato corso ad un processo di formazione che ha fatto in modo di creare una conoscenza delle specificità dello scavo in sotterraneo ad un uditorio che ne era completamente digiuno. Questo risultato è stato ottenuto attingendo ai saperi che le facoltà universitarie avevano al proprio interno.

3. L'azione delle Aziende Sanitarie Locali

Durante l'azione di formazione e di incremento del personale è iniziata una fase di conoscenza e di scambio tra i due servizi di sicurezza del lavoro interessati dall'opera.

La sorte ha voluto che la linea TAV fosse tracciata a cavallo di due Regioni e per ognuna di questa i territori attraversati ricadessero all'interno di un'unica USL. L'impresa esecutrice era d'altra parte unitaria. Tutto giocava a favore della ricerca di una unitarietà di visione, di un modo coordinato nel fare, in modo tale che ad un interlocutore unico corrispondessero Regioni con visioni unitarie e servizi delle ASL coordinati tra loro e con fare convergenti.

Il passo successivo è stato quello di aumentare il bagaglio di conoscenze dei servizi preposti ai controlli di sicurezza mediante la collaborazione con il mondo della ricerca scientifica rappresentato dall'Università. All'interno dell'Università di Bologna, nella facoltà di Ingegneria era storicamente presente un Istituto Minerario che era portatore delle conoscenze proprie dello scavo nel sottosuolo. In questo Istituto, che nel corso degli anni aveva mutato il suo nome in ragione delle riforme avvenute nell'università, si trovavano conoscenze e competenze che arrivavano a coprire il grisù e le problematiche ad esso connesse.

Sono stati organizzati più momenti di incontro con specialisti dell'Istituto Svizzero di Assicurazione Infortuni sul Lavoro (INSAI - SUVA) che è un'autorità in materia, sono stati visitati cantieri di lavoro in sotterraneo in opere similari dell'Alta Velocità in Svizzera e Germania e Spagna, e poi cantieri di linee metropolitane in Spagna e Porto-

gallo. Sono stati visitati cantieri in Italia, si è visitato il cantiere di scavo di una galleria idraulica in cui vi era stata un'esplosione di grisù che non aveva prodotto vittime ma il deterioramento del rivestimento per circa 900 m, fatto che non aveva raggiunto gli onori della cronaca.

Quella del grisù è stata una storia esemplare di come si affrontino, alcune volte, determinati problemi in questo Paese. Per farla breve: lo scienziato Alessandro Volta si recò nell'Appennino Bolognese per studiare i fenomeni di emissioni naturali di gas e le cronache riportano che si recò nella zona di Porretta.

Successivamente, durante la realizzazione della ferroviaria Direttissima le cronache raccontano che per contrastare il gas che si rinveniva nello scavo della galleria gli operai usavano incendiarlo. Un incendio sviluppatosi a seguito di emissioni di gas non si riuscì ad estinguerlo e si dovette fare ricorso alla tecnica di murare l'imbocco della galleria per soffocarlo. Dopo un lungo tempo, quando si abbatté il setto, l'incendio si rialimentò.

Ricerche di metano sono state condotte in tutta questa zona appenninica ed alcuni pozzi sono ancora produttivi tanto che la città di Porretta attinge, in parte, a questi pozzi per la sua rete di distribuzione del gas naturale alle abitazioni. Alcuni distributori di metano per autotrazione (almeno 3) prelevavano direttamente da pozzo e poi comprimevano il gas naturale prima di travasarlo nei serbatoi degli autoveicoli.

L'Università di Bologna aveva sviluppato studi su questi aspetti giungendo a produrre una carta delle manifestazioni di gas naturale nel territorio appenninico.

Nonostante tutto questo la sensibilità su tale problema non era particolarmente accentuata e all'inizio delle opere, con i committenti e con le imprese esecutrici, il conflitto è stato particolarmente vivace. Il buffo, ma anche il tragico nella storia di questo paese, è che il patrimonio di conoscenze su questi aspetti non è raccolto in una istituzione che lo conserva e lo tramanda nel tempo per metterlo a disposizione degli studiosi e di chi ne avrà necessità per opere da eseguire successivamente. Ogni azienda o istituzione che ha avuto a che fare con il problema aveva le sue conoscenze che con il passare dei tempi andavano inesorabilmente verso l'oblio.

Il rapporto della ASL con l'Università ha significato acquisire sensibilità sui problemi dello scavo in sotterraneo ed in particolar modo sugli aspetti legati alla necessità di operare in un sotterraneo con possibilità di manifestazioni grisucose e quindi in termini scientifici si parla atmosfera potenzialmente esplosiva.

In questo campo il fare congiunto dell'Università di Bologna, ed in particolare del prof. Berry, del servizio della ASL e del compianto Piergiorgio Paggi del servizio Impiantistico – antinfortunistico della ASL, che voglio qui ricordare, hanno portato alla definizione di un apparato scientifico e di soluzioni tecniche che hanno permesso di affrontare gli scavi in atmosfere potenzialmente esplosive nel migliore dei modi e con le soluzioni tecnologiche più appropriate.

In questo contesto, all'interno del servizio della ASL, si è venuta affermando una specializzazione dell'intervento che si è poi sostanziata nella modalità di predisporre un nucleo di personale dedicato a seguire queste opere. Si è trattato di un timido e, a mio parere, non pienamente adeguato modo di rispondere alla complessità dei problemi. Su questo campo molto meglio ed in modo più deciso e lineare ha fatto la ASL di Firenze che ha creato una vera e propria Unità funzionale.

4. Nuove regole di sicurezza per l'esecuzione dei lavori

All'avvio dei lavori TAV, il 1 luglio 1996, i minatori indossavano tute di colore blu scuro, entravano in sotterraneo con automezzi alimentati a benzina, non vi era nessun sistema antincendio se non la messa a disposizione di qualche estintore, i concetti di salvataggio e di auto salvataggio erano ancora da venire.

Vi era qualcuno, in ambito tecnico, che sosteneva che nel sottosuolo vi fossero serbatoi metaniferi contenuti all'interno delle rocce che il martello demolitore poteva perforare dando corso alle emissioni di gas.

I lavoratori alloggiavano in campi base in camere doppie prive di servizi e le docce ed i WC erano in batteria al fondo della struttura, alloggi che ricordavano su questi aspetti le caserme e che quindi non potevano ritenersi confortevoli.

In termini più analitici la legislazione antinfor-

tunistica faceva riferimento a provvedimenti emanati negli anni 1955 e 1956, era suddivisa in aspetti di prevenzione infortuni, di igiene del lavoro, di lavori edili e di lavori di scavo in sotterraneo. Si trattava di una legislazione puntuale, legata alle singole situazioni, priva di un quadro generale di riferimento: che prendeva in esame la macchina, il rischio, ma non il processo organizzativo e produttivo, che non considerava gli aspetti di formazione del personale.

Essendo trascorsi oltre 40 anni dalla sua emanazione era anche irrimediabilmente invecchiata in relazione alle trasformazioni indotte dalla tecnologia e all'impiego di macchine sempre più complesse e potenti nei lavori di scavo.

Anche il mondo della normativa tecnica non era particolarmente evoluto in quanto il settore degli scavi in sotterraneo era sempre stato appannaggio di un numero ristretto di imprese che applicava le conoscenze e le tecnologie proprie di quel mondo. La normativa tecnica nazionale non si era mai occupata di questo mondo.

In campo internazionale associazioni come ITA od anche organismi di derivazione pre Unione Europea aveva incominciato a fornire linee guida ai fini della sicurezza in sotterraneo. In ambito italiano la S.I.G. aveva provveduto a tradurre alcuni di questi opuscoli permettendo una diffusione di queste conoscenze.

L'Istituto Assicuratore Svizzero (INSAI-SUVA) da molti anni emetteva linee guida di cui alcune rivolte al mondo dello scavo in sotterraneo.

5. Note Interregionali Emilia-Romagna e Toscana (NIR): una risposta originale alla necessità di garantire un maggiore livello di sicurezza

La situazione al momento dell'avvio dei lavori può così essere rappresentata: stava per partire la più grande opera infrastrutturale del secondo dopoguerra, si percepiva che il quadro tecnico e normativo non era adeguato allo stato dell'arte ed all'entità dell'opera, si aveva conoscenza di soluzioni migliori ai fini della sicurezza predisposte in altre paesi, si assisteva ad una inerzia e anche all'insensibilità degli organi centrali dello Stato, che all'epoca erano titolari della funzione di emanare direttive in materia di sicurezza del lavoro. I

concetti di buona prassi, buona tecnica, linea guida non erano ancora entrate nel panorama giuridico e nel lessico usuale.

In questo contesto le due Regioni hanno ben compreso la necessità che il modo di lavorare doveva esser modificato: questo poteva essere ottenuto mediante la predisposizione di documenti a valenza tecnica di adeguato spessore che poi dovevano essere adottati nei cantieri.

Il primo passo è stato quello di costituire un gruppo di lavoro formato da operatori delle ASL delle due Regioni e da personale delle due Università. Il gruppo costituito ha iniziato ad occuparsi del problema emergente: il grisù, e poi man mano che la soluzione veniva individuata ed il lavoro andava dipanandosi prendeva in esame nuovi aspetti.

A fronte della disponibilità del primo documento tecnico in tema di grisù le Regioni hanno individuato la modalità di emanazione. La soluzione adottata è stata quella di un documento amministrativo che ha preso il nome di Nota Interregionale Emilia-Romagna Toscana (in sigla NIR) firmato in modo congiunto dai responsabili dei rispettivi uffici degli Assessorati Regionali. Anche la forma ha la sua importanza e non è solo bizantinismo. Devo ricordare che all'epoca non era ancora stato modificato il Titolo V della Costituzione che attribuisce autonomia e campo d'intervento alle Regioni e il timore di reprimende degli organi centrali era ben presente negli uffici regionali. Timori ben risposti sulla base di quanto ho potuto personalmente udire nel corso di una riunione della Commissione Consultiva Permanente per la Prevenzione degli Infortuni sul Lavoro.

Tutto questo non è però mai avvenuto e le NIR sono aumentate nel tempo fino a formare un vero e proprio corpo di linee guida. Attualmente le NIR sono 44. Vediamo ciò che le contraddistingue:

- sono documenti tecnici. Lo scopo è stato quello di individuare soluzioni tecniche utilizzando una linearità di linguaggio rifuggendo da disquisizioni di stampo giuridico che tra l'altro non è materia in cui gli estensori sono esperti;
- coniugano i problemi evidenziati con le soluzioni tecniche individuate. Le NIR non sono enunciazioni astratte di principi e dietro ogni affermazione è stata valutata la disponibilità

tecnica della soluzione. Dietro ogni affermazione è stata anche valutata la compatibilità tecnico / economica in modo tale che la soluzione richiesta è affrontabile e non fuori dal contesto economico in cui si deve svolgere l'attività produttiva;

- sono documenti in progress in quanto lo sviluppo delle soluzioni e l'affinamento dei problemi o il pervenire di nuove tematiche ha portato alla revisione delle NIR. Altre relazioni del presente Workshop metteranno più in dettaglio la correlazione tra eventi ed aggiustamenti/emanazioni delle NIR.

Gli argomenti trattati dalle NIR sono:

- il grisù nello scavo in tradizionale
- il soccorso sanitario
- i dispositivi di protezione individuale (DPI)
- l'antincendio
- il salvataggio
- la comunicazione e allarme
- la ventilazione
- l'organizzazione del cantiere
- i campi base
- gli esplosivi
- i mezzi diesel
- il coordinamento della sicurezza
- il rischio di investimento
- la sicurezza in fase di scavo
- i lavori a ridosso del fronte
- le casseforme rampanti
- il rischio grisù nello scavo meccanizzato: la TBM-EPB idonea ad operare in ambiente grisutoso

6. Il ruolo delle Aziende Sanitarie Locali

L'azione condotta è stata svolta sotto il segno del superamento dei meri controlli formali. Per superare la fase di controlli formali, che tutti auspicano in Italia, occorrono però alcune condizioni di base: funzionari preparati, dotazioni organiche adeguate nell'ente di controllo, imprese di spessore che si confrontano su problemi concreti. Il giocare a guardie e ladri è una banalizzazione dei rapporti che devono sussistere tra committenti, imprese esecutrici, lavoratori e soggetto istituzionale di controllo. Superare la fase dei controlli formali è il primo passo che si deve instaurare nel momento dell'avvio delle grandi

opere infrastrutturali ma richiede che tutti i soggetti ne siano consapevoli e si comportino di conseguenza.

Le grandi opere, per i capitali impegnati e per il ruolo guida che sono chiamate a svolgere, devono essere un punto di riferimento nel mondo delle costruzioni per come si possano coniugare rispetto della sicurezza del lavoro, rispetto delle condizioni di lavoro, rispetto dell'ambiente, qualità dell'opera realizzata, rapporti con il territorio circostante.

In questo contesto la ASL ha teso a mutare la sua azione istituzionale dall'ispezione al controllo di processo. E' un passaggio culturale di non poco conto perché tende a sostituire l'ispezione, cioè la verifica che in un determinato momento quanto preso in esame sia conforme ai dettami, con un controllo di processo ovvero di svolgere un'azione che abbia a mente l'intero insieme e non solo quello che materialmente si vede in quel momento.

Da queste ultime parole emerge l'obiettivo che credo debba essere proprio dei servizi delle ASL: svolgere una funzione regolatrice all'interno del processo produttivo e dei processi sociali ed economici che lo accompagnano.

7. Obiettivi perseguiti dalle Aziende Sanitarie Locali

L'azione dell'ASL si è indirizzata per: favorire l'innovazione; innalzare il livello di sicurezza nei cantieri; trasformare le condizioni di lavoro; instaurare un dialogo di alto contenuto tecnico con i committenti, i progettisti e le aziende; favorire un processo di crescita delle aziende, creare nuove professionalità, adottare nuove soluzioni, nuove macchine, nuovi impianti.

Con questa rotta si è sempre agito per dare impulso alle aziende, per richiedere e sostenere le

innovazioni e le soluzioni tecnologiche che venivano via via trovate nel corso dell'attività.

8. Riconoscimenti ricevuti

Il lavoro svolto ha trovato riconoscimenti e stima da parte dei soggetti committenti, delle imprese e delle persone che vi operano. Fa piacere quando, per ragioni di lavoro, ci si reca in altre parti d'Italia a vedere nuovi cantieri, incontrare persone con cui si è lavorato fianco a fianco. Quello che più mi colpisce è la percezione diffusa che nei cantieri TAV e VAV tutti abbiano concorso a costruire un pezzo di storia del lavoro certamente tra i migliori dell'Italia.

In termini istituzionali Il Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale, l'Agenzia Europea per la Sicurezza e la Salute sul Lavoro, l'Istituto Italiano di Medicina Sociale, e l'INAIL nell'ambito della settimana europea 2004 per la salute e la sicurezza sul lavoro hanno premiato le Regioni Emilia-Romagna e Toscana per "L'esperienza della prevenzione nelle grandi opere infrastrutturali: il caso dell'Alta Velocità nella tratta Bologna-Firenze".

9. Conclusioni

L'esperienza sviluppata nei cantieri TAV e VAV ha ottenuto un riconoscimento "sul campo" e per gemmazione si sta diffondendo in varie parti del paese. Il presente Workshop ha lo scopo di offrire una panoramica delle applicazioni che si stanno attuando nei contesti geografici ed operativi più diversi.

In un paese policentrico ed un po' distratto come il nostro occorre affidarsi alla buona volontà di chi è sensibile al tema per fare sì che le condizioni di lavoro ed anche i costi del lavoro siano omogenei in tutto il territorio.

**L'ESPERIENZA DEGLI ORGANI DI CONTROLLO.
APPLICAZIONE DELLE NIR NELLA REGIONE MARCHE.**

Perini, W.

Azienda Sanitaria Unica Regionale (ASUR) Marche – Area Vasta n.3

Abstract

La Regione Marche dal 2007 è coinvolta in un'imponente progetto di ammodernamento delle infrastrutture viarie. Il progetto "Quadrilatero Marche Umbria" prevede il completamento e l'adeguamento dell'asse Foligno – Civitanova Marche (SS 77), dell'asse Perugia-Ancona (SS 76 e 318), della Pedemontana Fabriano – Muccia e di altri interventi viari, idonei a migliorare ed incrementare l'accessibilità alle aree interne delle due Regioni interessate.

Il potenziamento dell'A14 (Emilia Romagna e Marche) tra Rimini Nord e Porto S. Elpidio prevede l'ampliamento dell'infrastruttura da 2 a 3 corsie, per oltre 150 km, la realizzazione di nuovi svincoli e l'adeguamento di altri, interessando il territorio delle Province di Rimini, Pesaro Urbino, Ancona, Macerata, Fermo.

È nello spirito di un mirato processo di "prevenzione" degli infortuni nei cantieri delle grandi opere infrastrutturali, che è stata colta l'opportunità/necessità, di adottare procedure uniformi sull'intero territorio della Regione, data la particolarità delle opere e la specificità delle problematiche da affrontare.

L'iniziale necessità di fornire i principali riferimenti sui requisiti igienico – sanitari e di sicurezza per la realizzazione dei Campi base, ha spinto la Regione Marche, attraverso il "Gruppo tecnico di coordinamento Regionale grandi opere", ad adottare la prima nota tecnica/standard regionale sul tema specifico.

Il percorso virtuoso di aggiornamento, con specifici standard tecnici, dei riferimenti di legge vigenti, ma per certi versi superati (DPR 320/56), in cui si erano incamminate già da tempo altre Regioni come l'Emilia Romagna e la Toscana, ha rappresentato un collaudato riferimento tecnico, che è stato implementato con ulteriori standard regionali.

Il lavoro di coordinamento del contributo fornito dai Servizi PSAL delle Marche, coinvolti in uno specifico progetto della Direzione Generale dell'Azienda Sanitaria Unica Regionale (ASUR), ha reso possibile sottoporre ad un'analisi, con relativa contestualizzazione al territorio, le principali note tecniche interregionali (NIR - Emilia Romagna e Toscana).

1. Quadrilatero Marche Umbria

Il Progetto viario Quadrilatero è suddiviso in due Maxilotti ed è previsto il completamento nel 2013-2015, con un costo complessivo dell'opera di 2.233 milioni di euro. I Servizi di vigilanza PSAL territorialmente competenti delle ASL interessate sono 4.

Il Maxilotto 1 riguarda:

- la SS 77 "Val di Chienti" tratto Foligno – Collesentino (completamento 4 corsie);
- la SS 78 "Val di Fiastra" tratto Sforzacosta – Sarnano;
- le intervallive di Macerata e Tolentino – S. Severino;

- la SS 3 "Flaminia" tratto Foligno - Pontecentesimo;
- gli allacci SS 77 a SS 16 (Civitanova Marche) e a SS 3 (Foligno).

Le principali opere d'arte previste sono:

- 15 gallerie naturali a doppia canna per un totale di circa 22 km nelle Marche e 22 km in Umbria.
- 15 ponti e viadotti paralleli per un totale di circa 5 km tra Marche ed Umbria.

Il Maxilotto 2 riguarda:

- la SS 76 "Val d'Esino" tratti Fossato di Vico - Cancelli e Albacina – Serra S. Quirico (completamento 4 corsie);

- la SS 318 di “Valfabbrica” tratti Pianello – Valfabbrica (completamento 4 corsie);
- la Pedemontana delle Marche tratto Fabriano – Muccia/Sfercia.

Le opere d’arte previste sono:

- 8 gallerie naturali ed un cunicolo di servizio (di 3.564 m scavato con fresa TBM di diametro 4

m) per un totale di circa 15 km;

- 14 ponti e viadotti (metà paralleli) per un totale di circa 3 km.

In aggiunta, per il primo tratto della Pedemontana (Fabriano-Matelica), le opere previste al momento riguardano una galleria naturale e 5 viadotti.

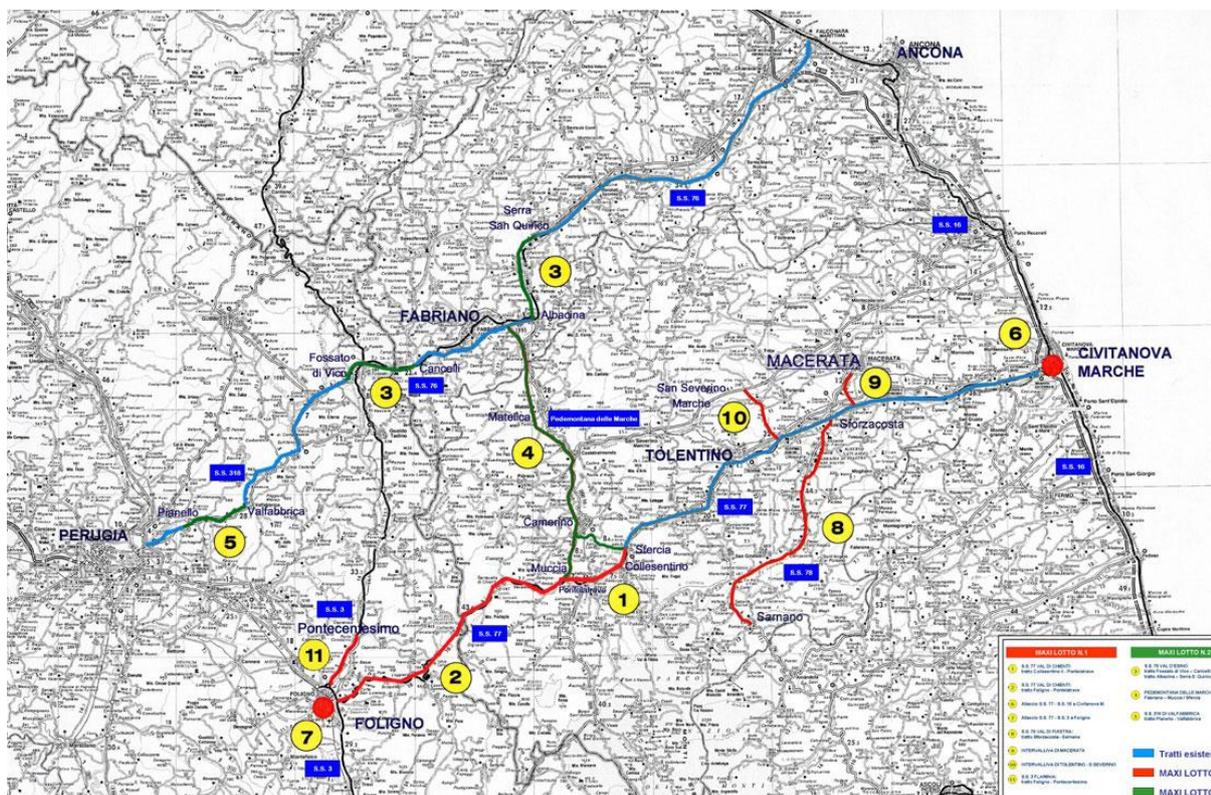


Fig. 1 – Asse viario Quadrilatero Marche Umbria.

2. Terza corsia autostradale dell’A14

Il potenziamento dell’A14 (Emilia Romagna e Marche) tra Rimini Nord e Porto S.Elpidio prevede l’ampliamento dell’infrastruttura da 2 a 3 corsie, per oltre 150 km, interventi su gallerie naturali, sia di nuova realizzazione che di adeguamento per complessivi 2,4 + 3,3 km, la realizzazione di quattro gallerie artificiali, la realizzazione di cinque nuovi svincoli e l’adeguamento di altri, interessando il territorio delle Province di Rimini, Pesaro Urbino, Ancona, Macerata, Fermo.

La necessità di adeguamento dell’infrastruttura viaria trae origine principalmente dalle criticità emergenti soprattutto nel periodo estivo per la valenza turistica dell’intera costa emiliano romagnola e marchigiana, in relazione ai volumi di traffico

che la rendono inadeguata e soggetta ad evidenti fenomeni di accodamento e rallentamento nelle percorrenze.

Fra gli interventi previsti in favore del territorio risulta in particolare:

- la realizzazione di 36 Km di bretelle di collegamento all’autostrada;
- l’installazione di 96 km di barriere antirumore.

Il progetto infrastrutturale è suddiviso in sei lotti:

- 2 Cattolica-Fano;
- 3 Fano-Senigallia;
- 4 Senigallia-Ancona Nord;
- 5 Ancona Nord-Ancona Sud;
- 6a Ancona Sud-Galleria Corva;
- 6b galleria Corva-Porto Sant’Elpidio.

L'importo dei lavori è previsto in 2.452,9 milioni di euro.

I Servizi di vigilanza PSAL territorialmente competenti delle (ex) ASL interessate sono 6.



Fig. 2 – Potenziamento dell'asse viario A14 (Emilia Romagna e Marche).

3. Organizzazione dell'organo di vigilanza in ambito regionale.

Con l'avvio delle grandi opere infrastrutturali, è stata colta l'opportunità/necessità di avviare un percorso di "prevenzione" degli infortuni in tali cantieri, attraverso l'adozione di procedure uniformi sull'intero territorio regionale, in modo da affrontare le problematiche emergenti in maniera più specifica e mirata alla particolarità delle opere.

Infatti, le grandi opere infrastrutturali hanno interessato il territorio della maggior parte dei Servizi di vigilanza (SPSAL) di tutta la Regione (9 Servizi interessati sul totale di 13), facendo emergere la necessità di avere un unico interlocutore attraverso il Gruppo tecnico, che rappresentasse sia la diversità dei territori che la particolarità delle diverse opere da realizzare; un interlocutore quindi che prospettasse una unifor-

mità di approccio sugli aspetti della prevenzione, sia attraverso la vigilanza che anche attraverso l'assistenza a tutti i soggetti interessati (committenza, contraenti generali, coordinatori, imprese, lavoratori, ecc).

Nell'anno 2010 viene istituito a tal proposito, dalla Regione Marche (con Decreto n.7/Sap_04 del 03/03/2010), il Gruppo tecnico di coordinamento regionale grandi opere assegnandogli il compito di:

- predisporre i programmi tecnici di prevenzione e vigilanza, curando in particolare il raggiungimento della omogeneità tra le attività delle varie ZZ.TT. dell'ASUR;
- predisporre i documenti tecnici per la emanazione delle linee guida tecniche regionali;
- predisporre i programmi formativi e di aggiornamento per il personale del SSR che svolge l'attività di prevenzione e controllo sulle Grandi opere in costruzione;
- predisporre proposte di indicatori di risultato dell'attività svolta dai Servizi PSAL.

Nello stesso anno la Regione (con DGR n.1856/2010) sottolinea la necessità che, relativamente al programma di prevenzione durante la costruzione delle grandi opere infrastrutturali, l'assistenza nei confronti dei soggetti destinatari dovrà essere coordinata dallo specifico gruppo tecnico regionale.



Fig. 3 – Competenze territoriali dell'organo di vigilanza.

4. Adozione da parte della Regione Marche delle principali NIR

La prima nota tecnica/standard adottato dalla Regione Marche, attraverso il "Gruppo tecnico di coordinamento regionale grandi opere", è stato quello sui requisiti igienico-sanitari e di sicurezza per la realizzazione dei Campi base, stante la ini-

ziale necessità, in fase di cantierizzazione, di fornire i principali riferimenti sul tema specifico. Il percorso avviato è stato poi implementato con l'adozione di altri standard di sicurezza regionali, anche in base ai collaudati riferimenti tecnici già adottati dalle Regioni Emilia Romagna e Toscana.

Attraverso il lavoro di coordinamento del contributo fornito dai Servizi PSAL delle Marche, coinvolti in uno specifico progetto della Direzione

Generale dell'Azienda Sanitaria Unica Regionale (ASUR), è stato possibile sottoporre ad un'analisi, con relativa contestualizzazione al territorio, le principali note tecniche interregionali (NIR - Emilia Romagna e Toscana). Seguendo l'indirizzo delle priorità emergenti, sono infatti state scelte 16 note tecniche da sottoporre ad analisi-contestualizzazione (Figura 4).

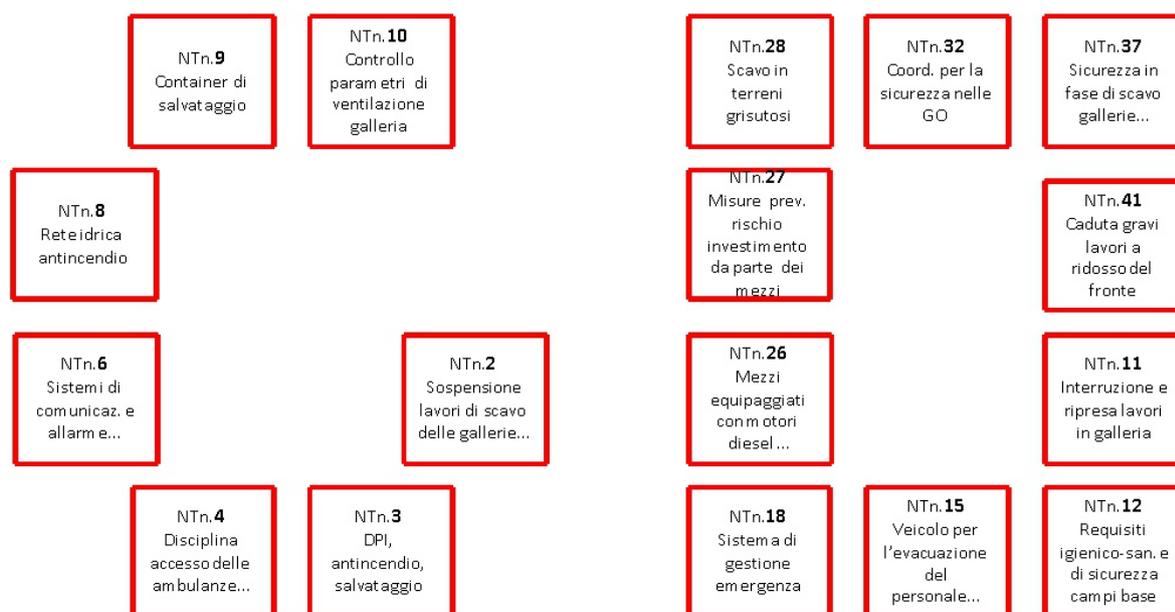


Fig. 4 – Schema delle NIR oggetto di analisi e contestualizzazione al territorio marchigiano.

Ad oggi sono state adottate dalla Regione Marche 6 Note tecniche (in verde in Figura 5), ed altre 6 (in giallo) sono in corso di adozione, essendo state positivamente condivise, in relazione agli specifici aspetti in materia antincendio e gestione dell'emergenza, con la Direzione Regionale dei Vigili del Fuoco delle Marche.

Le Note già adottate riguardano:

- i principali requisiti igienico-sanitari e di sicurezza da adottare nella realizzazione dei campi base;
- la sospensione dei lavori di scavo delle gallerie quando le vie di collegamento tra i cantieri di lavoro e le strutture di emergenza sanitaria sono interrotte e non è altresì possibile effettuare l'intervento di elisoccorso;
- dispositivi di Protezione Individuale (DPI) - indumenti di segnalazione ad alta visibilità;
- sistema di controllo dei parametri di ventilazione delle gallerie con impianti di ventilazione di tipo premente;
- la sicurezza nella fase di scavo in gallerie rea-

lizzate con approccio tradizionale;

- misure di prevenzione del rischio di investimento da parte dei mezzi, sia a cielo aperto che in sotterraneo.

Le Note in corso di adozione riguardano:

- il Coordinamento della sicurezza nella realizzazione delle Grandi Opere (NIR 32);
- lo scavo in terreni grisutosi (condivisa con VVF) (NIR 28);
- i mezzi diesel in galleria: misure di prevenzione di igiene, sicurezza ed antincendio (condivisa con VVF) (NIR 26);
- la rete idrica antincendio in galleria: caratteristiche progettuali e di installazione (condivisa con VVF) (NIR 8);
- il container interno di salvataggio e misure correlate (condivisa con VVF) (NIR 9);
- il veicolo per l'immediata evacuazione del personale nelle situazioni di emergenza in galleria (condivisa con VVF) (NIR 15).

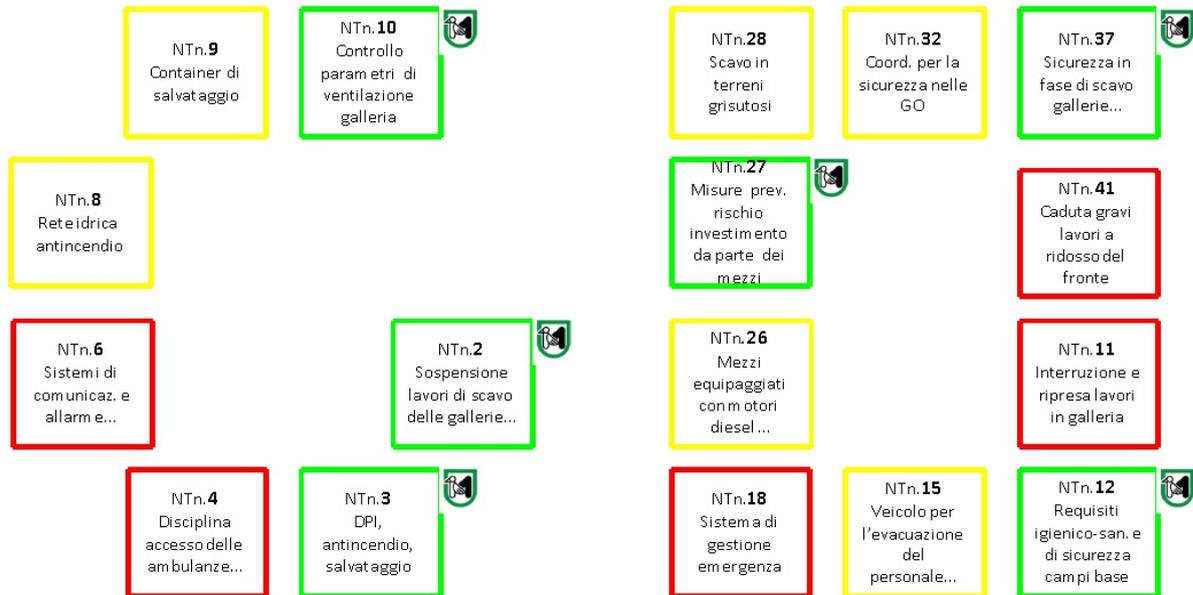


Fig. 5 – Schema delle NIR adottate ed in corso di adozione.

5. Esperienze di coordinamento con gli Enti di soccorso esterni

Nello spirito di una propositiva attività di assistenza, all'interno di una più ampia attività di prevenzione degli infortuni nei cantieri delle grandi opere, il gruppo tecnico di coordinamento ha fornito il proprio contributo per portare a compimento importanti esperienze pratiche, in situazioni ambientali particolari del territorio regionale, finalizzate a realizzare un sistema integrato di gestione delle emergenze in caso di infortunio sul lavoro.

Le esperienze hanno previsto il coinvolgimento diretto della committenza delle opere, delle imprese, dei coordinatori, dei lavoratori, delle rappresentanze sindacali e di tutti gli Enti di soccorso esterni che istituzionalmente sono preposti ad intervenire in caso di infortunio sul lavoro.

ro.

Gli obiettivi programmati erano indirizzati alla verifica della capacità di allertamento, dell'efficacia del primo intervento (anche in relazione alle peculiarità delle attività svolte ed ai ristretti spazi operativi) e dell'integrazione tra lavoratori e soccorritori esterni.

Per la valenza strategica del primo soccorso venivano osservati con maggiore attenzione:

- i ruoli e le figure di riferimento;
- i sistemi di comunicazione;
- l'istituzione del Punto di Coordinamento Avanzato (PCA), finalizzato al coordinamento in loco dei soccorsi;
- l'utilizzo di attrezzature e misure tecniche necessari al primo soccorso;
- le modalità di accesso al cantiere e la gestione della viabilità.



Fig. 6 – Attività esercitative nella galleria “Muccia” – SS77 – Loc. Muccia (MC). Soccorritori (a sinistra) ed elisoccorso (a destra) all'ingresso della galleria.

Le esperienze sono state svolte attraverso un percorso di coinvolgimento di tutti i soggetti interessati, istituzionali e non, che si è articolato con:

- incontri iniziali (briefing) di analisi e programmazione;
- sopralluoghi preventivi nei cantieri interessati;
- condivisione dello “schema dell’esercitazione”, quale documento di programmazione con gli obiettivi dell’esercitazione;
- svolgimento dell’esercitazione specifica programmata;
- incontri successivi (de-briefing) all’esercitazione per valutare le criticità emerse nell’esercitazione e le conseguenti azioni di miglioramento da adottare.

6. Conclusioni

I vari percorsi di prevenzione avviati (adozione di specifiche note tecniche/standard di sicurezza, attività esercitative di coordinamento svolte, attività formative indirizzate agli addetti alla vigilanza, attività di assistenza ai soggetti destinatari, scambi culturali e condivisione delle esperienze tra operatori di diversi settori in ambito nazionale) hanno concretamente consentito l’avvio, nel territorio marchigiano, di un positivo processo culturale di miglioramento della sicurezza sul lavoro nella realizzazione delle grandi opere infrastrutturali.

I BENEFICI DELLE NOTE INTERREGIONALI IN TERMINI DI TUTELA DELLA SALUTE.

Piredda, S.

Azienda USL Bologna

Abstract

Questo contributo propone un momento di riflessione sui benefici conseguiti, in termini di tutela della salute dei lavoratori nei cantieri di scavo, attraverso la redazione di specifiche linee guida in materia di sicurezza del lavoro, applicate nei cantieri TAV e VAV.

Occorre precisare che, sebbene si darà rilievo alla relazione tra gli eventi infortunistici e la definizione di nuovi standard di sicurezza, non si intende qui dimostrare il rapporto tra introduzione delle NIR e l'andamento del tasso di incidenza degli infortuni nei cantieri delle grandi opere, in quanto le valutazioni che saranno espresse non derivano da uno studio epidemiologico condotto a tale scopo.

Si prenderanno in considerazione le caratteristiche delle due opere TAV e VAV evidenziando similitudini e diversità in riferimento all'entità dei lavori e alla modalità di appalto. Variabili queste ritenute importanti ai fini dell'organizzazione del lavoro e delle ricadute in termini infortunistici.

Saranno descritte le dinamiche di tutti infortuni mortali avvenuti ad oggi nelle due opere. Verrà messo poi in evidenza come alcuni di questi e ad altri infortuni gravi abbiano stimolato e determinato la redazione di nuove NIR. Per dare una visione di insieme saranno sinteticamente presentati anche gli indici infortunistici registrati dal 1998 al 2012 nella TAV BO-FI e VAV.

I dati relativi agli infortuni e alle ore lavorate, necessari per la costruzione degli indici, provengono dal sistema di sorveglianza realizzato dalle due Regioni: Monitor Osservatorio per la Sicurezza nelle Grandi Opere, inizialmente denominato OMTAV. Il sistema, alimentato da dati correnti forniti dalle imprese e dai Servizi, permette di descrivere attraverso gli indici di frequenza e gravità l'andamento nel tempo del fenomeno infortunistico.

1. Introduzione

A metà degli anni '90 le Regioni Emilia Romagna e Toscana si preparavano ad affrontare l'inizio della costruzione di una grande opera, la linea Treno Alta Velocità da Bologna a Firenze. Un'opera che consisteva in una tratta di circa 80 km di linea di cui più di 70 in galleria.

Le dimensioni dell'opera e la nota pericolosità dei lavori in sotterraneo indussero le due Regioni e le rispettive ASL di competenza a documentarsi circa gli esiti infortunistici in opere recenti e similari per tipologia delle lavorazioni e per tecnologie utilizzate. In particolare presero, come termine di riferimento, il quadruplicamento della linea ferroviaria Firenze – Roma.

In particolare si è fatto riferimento alla tratta di 27 km che iniziava al confine dei comuni di Laterina e Castiglion Fibocchi e terminava al

confine dei comuni di San Giovanni Valdarno e Figline Valdarno, territorio di competenza della ex USL di Montevarchi. La tratta in questione comprendeva 13 gallerie di linea, 11 delle quali artificiali, e due di interconnessione alla linea esistente. La lunghezza delle gallerie variava da poche centinaia di metri ad un massimo di 3 Km. Furono impiegati 1000 – 1500 lavoratori in un arco di tempo di circa tre anni e mezzo

Durante la costruzione della tratta si sono registrati 8 infortuni 3 dei quali dovuti a frane del fronte di scavo, 3 per ribaltamento di macchine operatrici 1 per uso improprio della pompa per cemento. I tre eventi di infortunio in galleria sono avvenuti in luoghi e momenti temporali diversi, e da attribuire presumibilmente ad una tecnologia di scavo inadeguata per i terreni argillosi del Valdarno.

Tale dato portò ad una previsione per i lavori

TAV di un infortunio mortale ogni tre chilometri di galleria realizzata. L'importanza di tale proiezione è da ricondurre più al suo impatto emotivo che alla sua rilevanza statistica: era basata, infatti, su un semplice e "brutale" calcolo (8 infortuni mortali su 27 km), senza considerare la moltitudine di fattori e di variabili che possono concorrere al verificarsi degli infortuni.

In ogni caso, era un dato di fatto e, per quanto grezzo e approssimativo, fornì una solida base per motivare tutta una serie di scelte da parte delle istituzioni. Le scelte riguardarono sia aspetti organizzativi dei Servizi, sia aspetti riferiti a nuove modalità di fare prevenzione che dovevano tener conto anche delle novità introdotte dalle direttive europee in materia di sicurezza sul lavoro che in quel periodo erano state recepite in Italia.

Nello specifico fu adottato un piano straordinario di prevenzione che vide: l'assunzione di nuovo personale di vigilanza e l'integrazione delle professionalità con ingegneri minerari; la formazione di tutti gli operatori sui fattori di rischio propri della costruzione di gallerie e viadotti; l'acquisizione di attrezzature e mezzi per garantire una adeguata vigilanza nei cantieri attivi che erano caratterizzati anche dalla presenza di grisù nelle gallerie.

Altro fattore importante fu la stipula di convenzioni con le Università. In particolare, con l'Istituto di Scienze Minerarie (oggi DICAM) della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna e con la Facoltà di Scienza della Terra dell'Università di Firenze.

Lo scopo era quello di mettere a disposizione delle ASL un valido supporto tecnico per la valutazione in progress dei piani di sicurezza, delle tecnologie utilizzate, per lo studio di aspetti geomecchanici e per la stesura di linee guida.

Il piano indicava, infine, la necessità di un costante coordinamento con gli altri Enti ed Istituzioni coinvolti direttamente ed indirettamente nei lavori. Particolare attenzione venne riposta al coordinamento tra le ASL di Bologna e Firenze al fine di studiare e quindi individuare soluzioni tecniche condivise da imporre in modo unitario sui due territori di competenza. L'attività delle ASL fu caratterizzata, sin dall'inizio, da un approccio partecipato.

Il coordinamento interistituzionale, i gruppi di lavoro e l'apporto specialistico delle Università

hanno condotto alla elaborazione di standard di sicurezza, emanati come Note Interregionali (NIR) dalle due Regioni interessate e fatte adottare dai Servizi nei cantieri Treno Alta Velocità (TAV) e Variante Autostradale di Valico (VAV).

Si istituirono sia in fase preventiva che durante l'esecuzione delle opere tavoli tecnici con imprese, committenza ed organizzazioni sindacali con lo scopo di concentrare l'azione, per quanto possibile, sulla prevenzione più che sulla repressione. Stesse modalità sono state seguite durante tutto lo sviluppo dei lavori nell'applicazione delle NIR emanate nel tempo.

2. Raffronto fra le opere TAV e VAV e dinamiche degli infortuni mortali

La Tabella 1 riassume caratteristiche delle opere del progetto TAV tratta Bologna – Firenze (esclusi i capoluoghi) e del progetto VAV. Dai due schemi riassuntivi si possono dedurre similitudini e diversità.

In particolare si vuole porre in evidenza come, di fatto, le due opere siano paragonabili per dimensioni e difficoltà. Infatti, anche se la lunghezza del tracciato in galleria è evidentemente maggiore nei lavori TAV, si deve tener conto che nella VAV ogni galleria è a doppio fornice con carreggiate ognuna di tre corsie. Sempre per quanto riguarda le similitudini, in entrambe le opere si sono avuti gli stessi organi di controllo e sono stati richiesti gli stessi standard di sicurezza.

Andando ad evidenziare le diversità, si vede come dall'impostazione iniziale, data dalle modalità di assegnazione lavori, ne sia discesa una serie di conseguenze non sempre positive per la VAV. Mentre per la TAV abbiamo un'unica impresa appaltatrice, nei lavori VAV si è suddivisa l'opera in diversi lotti (14) con 11 imprese aggiudicatarie. Mentre in TAV vi era un unico interlocutore (CAVET), in VAV molte energie sono state impiegate dagli organi di controllo per sensibilizzare in fase preventiva le imprese aggiudicatarie dei singoli lotti che via via andavano ad iniziare i lavori.

La dimensione dei lotti in VAV ha determinato anche una diversa strutturazione delle imprese che andavano a svolgere tali lavori.

In TAV l'organo di vigilanza poteva confrontarsi con una impresa strutturata e

supportata da un importante ufficio tecnico. Le imprese aggiudicatrici in VAV, al contrario, hanno avuto uffici tecnici molto più ridotti.

In altre parole la ridotta dimensione dei lotti assegnati con gare d'appalto al massimo ribasso hanno determinato da parte delle imprese una sistematica corsa alla riduzione dei costi ed una gestione dei lavori sempre più di tipo finanziario, e questo ha certamente influito anche negli aspetti di sicurezza dei lavoratori.

Altre conseguenze della divisione della VAV in numerosi lotti furono la frammentazione dei cicli produttivi e l'incrementarsi di problematiche legate alle interferenze.

Il dato oggettivo, fonte di preoccupazione per le ASL, che si rilevò quando la TAV era ormai un'opera finita e nella VAV si era ancora a circa metà dell'opera, fu che gli infortuni mortali nei

lavori TAV erano stati 5 nei due versanti mentre nella VAV si era già arrivati a 7 (Tabella 2).

Tale evidenza comportò una reazione da parte delle ASL su più livelli: da una parte venne accentuata l'attività di vigilanza e dall'altra fu intensificato il confronto tecnico con le imprese esecutrici. I tavoli di confronto interistituzionali sono stati occasione di richiami alla committenza e della direzione lavori volti ad una maggiore responsabilizzazione e coinvolgimento.

Infine si continuò con la redazione di nuove Note Interregionali su procedure ed aspetti organizzativi, per andare a regolamentare laddove la normativa legislativa e tecnica continuavano ad apparire carenti e per andare ad incidere sulle cause di alcuni infortuni verificatesi negli stessi lavori TAV e VAV.

Tabella 1 – Caratteristiche principali delle grandi opere TAV (tratta Bologna – Firenze capoluoghi esclusi) e VAV.

Progetto	Caratteristiche dell'opera	Modalità di assegnazione dei lavori
TAV	Tracciato: 78,5 km Gallerie di linea: 73,3 km Gallerie di servizio: 12 km Gallerie di interconnessione e sicurezza: 12 km Sezione di scavo galleria di linea $\approx 141 \text{ m}^2$ Sezione definitiva di galleria di linea $\approx 90 \text{ m}^2$	Concedente: RFI SpA Concessionaria: TAV General Contractor: FIAT Progettazione e realizzazione: Consorzio CAVET Lotto unico con obbligo subappalto / affido del 40% dei lavori Esecuzione diretta di CAVET della parte non subappaltata
VAV	Tracciato: 65,8 km Gallerie di linea: 28 km Gallerie di servizio: 0,8 km Sezione di scavo galleria di linea $\approx 180 \text{ m}^2$ Sezione definitiva di galleria di linea $\approx 95 \text{ m}^2$	Committente: Autostrade per l'Italia SpA Opera suddivisa in 14 lotti Appalto o appalto integrato con gara al massimo ribasso Imprese aggiudicatrici: 11

Tabella 2 – Infortuni mortali occorsi nei cantieri TAV e VAV tra il 1999 ed il 2008.

Progetto	Data	Infortunio
TAV	gennaio 1999	Infortunio per perdita controllo mezzo in galleria
	settembre 2000	Investito da dumper durante la retromarcia in galleria
	novembre 2001	Preso e trascinato dall'asta di rotazione della perforatrice
	gennaio 2003	Colpito da calcestruzzo in pressione durante pulizia pompa calcestruzzo
	settembre 2007	Schiacciato da casseri durante movimentazione attrezzatura
VAV	marzo 2000	Schiacciato tra un locomotore in sosta ed un carrello elevatore in movimento
	agosto 2005	Schiacciato da un pannello prefabbricato del rivestimento della galleria
	marzo 2007	Seppellito da materiale proveniente dal franamento del fronte
	luglio 2007	Schiacciato da ribaltamento dell'autogru
	ottobre 2008	Precipitati a terra dal piano di lavoro di una cassaforma rampante in quota per cedimento di un fissaggio - triplo infortunio mortale

3. Correlazione tra alcuni eventi infortunistici e redazione di nuove NIR

In questo capitolo si porrà l'accento sulla correlazione tra il verificarsi di alcuni eventi infortunistici e la conseguente redazione di nuove NIR, con riferimento ai dati riportati in Tabella 2.

Per contrastare il pericolo di investimento da mezzi in retromarcia venne introdotto il dispositivo a telecamera e monitor per la visione indiretta, prima in fase sperimentale in galleria e poi esteso progressivamente a tutti i mezzi d'opera all'interno e all'esterno della galleria. Si ricorda anche l'emanazione della NIR "Rischio investimento" e successivi aggiornamenti.

La NIR Grisù 2a edizione (emanazione precedente all'infortunio dei 5 ustionati) viene modificata, integrata fino ad evolvere all'attuale Grisù 3a edizione. In particolare in relazione all'infortunio plurimo (il monitoraggio manuale non rilevò la presenza di metano durante una lavorazione a rischio) si sono specificati i requisiti tecnico-organizzativi del personale incaricato del monitoraggio gas.

E' noto che la zona a ridosso del fronte è una delle più pericolose e allo stesso tempo la zona dove si concentrano numerose lavorazioni manuali. La Nota Interregionale 41 "Lavori a ridosso del fronte" affronta tale problematica a tutto

campo intervenendo su aspetti progettuali, tecnici ed organizzativi.

Con la NIR 41 viene introdotta la nuova figura di "preposto al fronte", evidenziata l'importanza della fase di disaggancio definendo tecniche, modalità ed attrezzature con cui tale lavorazione deve essere effettuata, viene introdotto l'obbligo di dotare le piattaforme di lavoro elevabili (PLE) di struttura protettiva FOPS. Viene inoltre ribadita la necessità di valutare la stabilità del fronte a piccola scala sin dalla fase di progettazione. Con la NIR 43 si fa tesoro dell'esperienza delle imprese per uniformare gli aspetti applicativi.

Il tragico evento dell'infortunio plurimo dei precipitati dalla cassaforma rampante, una volta accertatene le cause, ebbe come ricaduta uno straordinario impegno per la redazione di una nuova Nota Interregionale che sarebbe andata a normare non solo aspetti riguardanti strettamente il cantiere ma anche aspetti che avrebbero inevitabilmente coinvolto i vari produttori dell'attrezzatura in questione. Difatti, la NIR 42, oltre ad intervenire su aspetti procedurali e aspetti legati alla formazione del personale, introduce degli obblighi ai fini della caratterizzazione visiva degli elementi di fissaggio. Le novità introdotte da questa Nota riducono notevolmente la possibilità del ripetersi di eventi simili al triplice infortunio mortale del 2008.

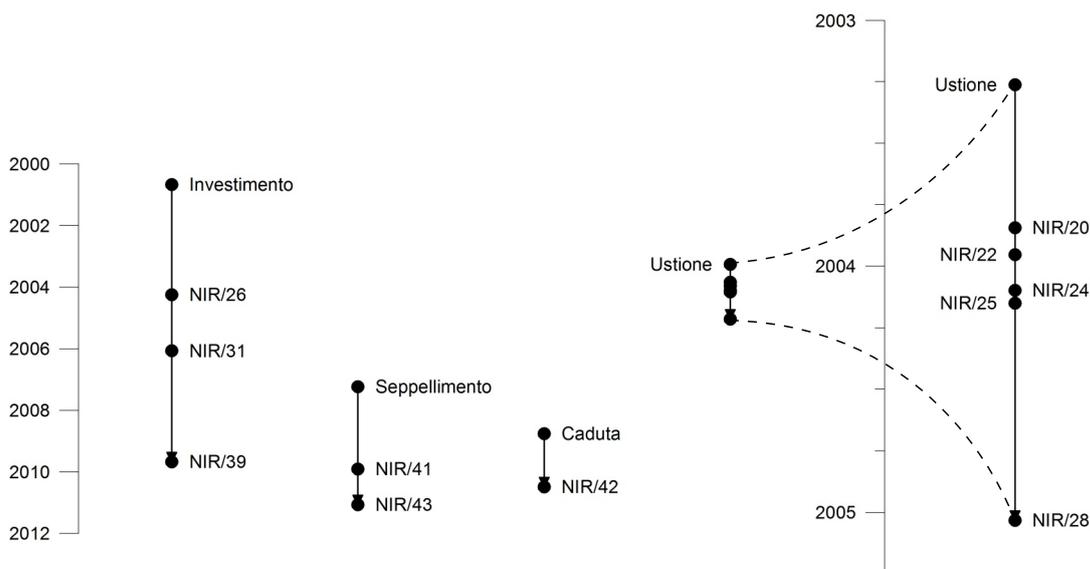


Fig. 1 - Introduzione delle NIR a seguito degli infortuni mortali occorsi nei cantieri TAV e VAV.

4. Indici infortunistici nei lavori TAV e VAV

In questo paragrafo vengono presentati alcuni grafici che mostrano l'andamento temporale su base annuale di due indici infortunistici rappresentativi del numero e della gravità degli infortuni verificatisi in rapporto alle effettive ore lavorate (Figura 2 e Figura 3).

Per la metodologia utilizzata nella fase di raccolta ed elaborazione dati e per ulteriori approfondimenti si rimanda ai Report dell'Osservatorio Sicurezza Grandi Opere che costituiscono la fonte dei dati utilizzati nei grafici riportati di seguito.

Per quanto riguarda l'indice di gravità si precisa che il numero di giorni di inabilità è calcolato come da modalità INAIL e non come da norma UNI 7249. In pratica vengono considerate solo le giornate di inabilità temporanea e non le giornate

“convenzionali” di inabilità relative ai casi di inabilità permanente e morte.

Per quanto riguarda i lavori TAV, l'abbattimento dell'indice di frequenza e dell'indice di gravità negli anni 2008 e 2009 è conseguenza del fatto che in tale periodo si era nella fase di fine lavori. Per una migliore lettura del dato viene introdotta nei grafici (Figura 2) una linea di tendenza di tipo lineare calcolata sulla base dei dati relativi al periodo 1998-2007 così da eliminare l'effetto di "abbattimento" degli indici dovuto alla fase di fine lavori.

Anche per i lavori VAV (dati aggiornati al dicembre 2012 solo versante emiliano) vengono proposti i grafici dell'indice di frequenza e l'indice di gravità con l'introduzione di linee di tendenza di tipo lineare.

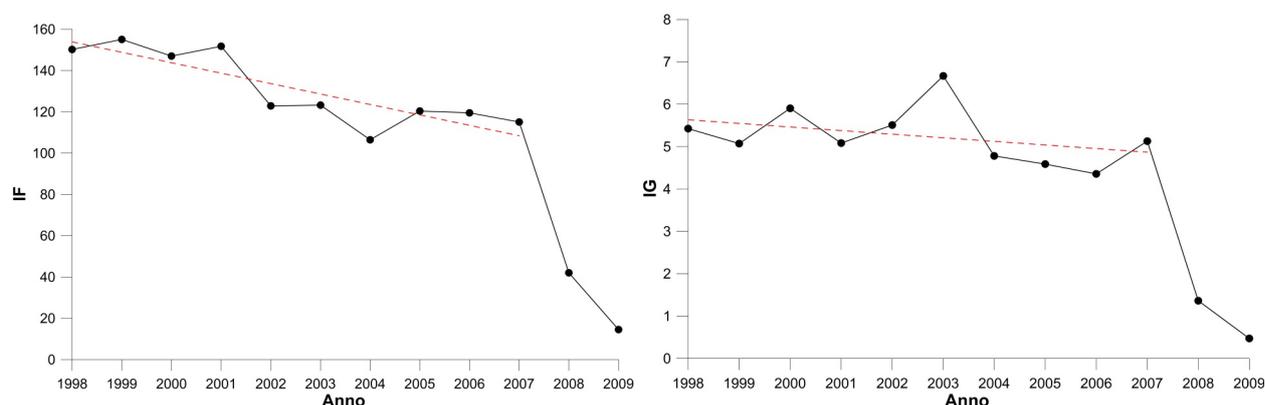


Fig. 2 - Indice di frequenza (IF, numero di infortuni occorsi ogni milione di ore lavorate) ed Indice di gravità (IG, numero di giorni di inabilità temporanea ogni mille ore lavorate) dei cantieri TAV, e rette di regressione lineare relative al periodo 1998 - 2007.

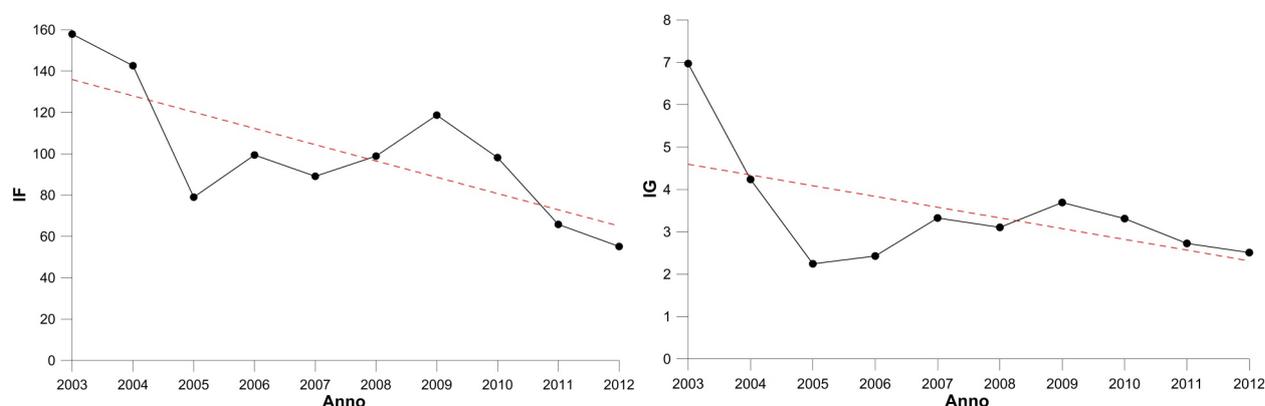


Fig. 3 - IF ed IG dei lavori nei cantieri VAV tra il 2003 ed il 2012 e retta di regressione lineare relativa al periodo 2003 - 2012.

5. Conclusioni

Il ruolo svolto dall'introduzione di nuovi standard di sicurezza nell'elevare il livello di sicurezza nei cantieri di queste due grandi opere è indubbio e ormai riconosciuto come testimonia l'attuale tendenza a mutuare questi standard in altre regioni.

Il numero di infortuni mortali che si sono verificati nei lavori TAV (opera finita) e nei lavori VAV (ad oggi) sono stati decisamente inferiori all'atteso.

Gli indici infortunistici hanno mostrato in generale una diminuzione del fenomeno infortunistico sia in termini di frequenza che di gravità.

Il peso che hanno avuto le singole NIR nella riduzione degli infortuni non è dimostrabile scientificamente ma in generale, avendo senza dubbio elevato il livello di sicurezza, tecnico ed organizzativo in questi contesti, è ragionevole pensare che abbiano contribuito a contenere il numero di eventi.

Ringraziamenti

Si ringrazia Stefano Trefoloni della USL 8 Toscana per le informazioni fornite sugli infortuni registrati nel territorio di Montevarchi durante la costruzione della linea Direttissima Roma – Firenze.

Progettazione della sicurezza in ambienti grisutosi.

IL FRANCO DI SICUREZZA NELLO SCAVO DI GALLERIE

Bandini A.¹, Berry P.¹, Colaioni M.², Cormio C.¹, Lisardi A.²

¹ Università di Bologna, Dip. di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM)

² Collins srl

Abstract

Le Note Interregionali (NIR) 28 e 44 definiscono criteri di valutazione e modalità operative per la caratterizzazione e la minimizzazione del pericolo di esplosioni delle miscele metano – aria durante lo scavo di gallerie di grande sezione, in terreni grisutosi, con tecnica tradizionale, la prima, e con TBM, la seconda.

Il metodo di classificazione definito dalle NIR è basato su previsioni relative alle modalità di flusso del metano e sul layout del cantiere sotterraneo potenzialmente interessato da flussi di gas dal massiccio verso la galleria in costruzione.

In fase di progetto la galleria è classificata considerandola come un unico elemento, nel caso di elevato grado di omogeneità, oppure come una successione di tratti, ciascuno dei quali omogeneo rispetto ai fenomeni di flusso cui potrebbe essere sottoposta.

L'indice di classifica sinteticamente rappresenta la previsione della possibilità e delle modalità di afflusso e tiene conto anche dell'esistenza o meno di elementi di valutazione del potenziale afflusso di metano, della loro importanza e del relativo peso quali, ad esempio, i dati storici e bibliografici, i modelli geologico strutturali e geotecnici, i risultati di prospezioni specifiche dedicate alla ricerca del gas ed alla caratterizzazione dei parametri di flusso del metano (metodo GAS-TRAP). Nuovi elementi di conoscenza acquisiti durante lo scavo possono confermare le previsioni o dare luogo a riclassificazioni.

Nel caso siano prevedibili importanti e ripetute emissioni di metano, tali da generare condizioni di pericolo in galleria, come nel caso in esame, l'applicazione delle NIR impone un articolato sistema di sicurezza che ha come una sua componente l'adozione di mezzi ed attrezzature antideflagranti nel tratto del sotterraneo, compreso fra il fronte e l'imbocco, in cui le miscele metano-aria spinte dalla ventilazione transitano.

La NIR 28 introduce, in alternativa alle realizzazioni antideflagranti, il concetto di "franco di sicurezza" sperimentato con successo in molte gallerie. Questo concetto permette di gestire il pericolo associato alla presenza di miscele aria – metano con soluzioni tecnologiche e procedurali basate sull'inibizione, in situazioni di potenziale pericolo, delle sorgenti di innesco presenti nel sotterraneo e rappresentate da mezzi ed attrezzature standard, caratterizzate con dettagliate misure di temperatura.

Nella nota si descrive il caso della Galleria di Base, dove la zonizzazione del sotterraneo limitata al trasporto con mezzi standard del marino proveniente da quattro fronti di scavo, attraverso la discenderia classificata con indice 2, ha permesso di definire i vincoli progettuali ed operativi per estendere la zonizzazione a tutto il cantiere sotterraneo.

1. Introduzione

La realizzazione di gallerie in formazioni gristose impone la progettazione, la definizione e l'adozione di sistemi e di procedure di sicurezza articolate e complesse.

Per la realizzazione delle Gallerie dell'adeguamento dell'Autostrada A1 nel tratto Appenninico

tra Sasso Marconi e Barberino di Mugello (Variante di Valico Autostradale, VAV) si sono adottate le soluzioni tecniche e le procedure della Nota Interregionale "Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù 3^a edizione" (NIR 28: AA.VV., 2005), emanata dalle Regioni Emilia Romagna e Toscana. Questo documento, al pari delle altre Note Interregionali (indicate breve-

mente con l'acronimo NIR), è un riferimento per la progettazione e la gestione in fase di realizzazione dell'opera basato su principi e soluzioni di buona tecnica ("Best Practice").

Nella NIR 28 sono trattati, tra l'altro, argomenti quali il circuito e l'impianto di ventilazione, il monitoraggio automatico e manuale del gas metano, il sistema di allarme, le procedure di sicurezza e di emergenza, l'antideflagranza delle macchine operatrici e degli impianti, i processi di lavorazione, l'approccio alla classificazione ed il concetto di "franco di sicurezza".

Il documento fissa i principi per una corretta classificazione del cantiere sotterraneo in relazione ai problemi di sicurezza associati ad emissioni di metano. In particolare, se l'intera galleria è considerata omogenea, con riferimento ai suddetti problemi, si attribuisce un unico indice di classifica. Viceversa, nel caso in cui la galleria debba essere considerata disomogenea, la si deve rappresentare come una sequenza di tratti, ciascuno dei quali contraddistinto da uno dei cinque indici (0, 1a, 1b, 1c, 2) a cui sono associate specifiche soluzioni dell'ingegneria della sicurezza contro esplosioni di miscele aria – metano.

Le gallerie sono classificate in tre classi (0, 1, 2), di cui la 1 suddivisa in tre sottoclassi (1a, 1b, 1c), che individuano condizioni di pericolo crescenti relative a possibilità crescenti di afflussi significativi di grisù a cui sono associate misure di sicurezza di impatto crescente.

La classifica della galleria, che valuta la mutua interazione tecnica/tecnologia di scavo con la presenza di metano nel massiccio (un massiccio indisturbato non ha classifica), è definita sulla base delle valutazioni progettuali delle condizioni di pericolo in fase di scavo. La classe si estende poi per tutto il sotterraneo, almeno nel percorso che compie l'aria, spinta dalla ventilazione forzata, dal fronte all'imbocco.

Nella gallerie ove le previsioni progettuali portano a ritenere possibili emissioni significative di metano (classe 2) un'eventuale miscela esplosiva metano-aria creatasi al fronte attraversa tutto il sotterraneo: è pertanto fondamentale che nel suo percorso verso l'imbocco non intercetti sorgenti di innesco, frizionali o meno. Ciò impone l'adozione di procedure di sicurezza, associate a condizioni di allarme, che assicurino il fermo delle attività e la presenza nel sotterraneo di

mezzi ed impianti antideflagranti o, in alternativa, caratterizzati da temperature inferiori a quella di innesco una volta sezionati e spenti.

La distinzione fra zona ove si forma la miscela esplosiva e zone attraversate dalla miscela è implementata definendo una zonazione del sotterraneo gestita attraverso l'adozione di un franco di sicurezza.

Il "franco di sicurezza" è una soluzione ingegneristica che si può adottare nel caso di gallerie o tratti di galleria classificati con indice 2 e che concilia elevati livelli di sicurezza con l'ottimizzazione tecnico – economica dell'organizzazione e conduzione del cantiere.

In questa memoria si analizzano gli aspetti progettuali e realizzativi affrontati nell'applicazione del concetto di zonizzazione alla Galleria di Base della Variante di Valico (nel seguito denominata più semplicemente galleria). La soluzione adottata ha permesso di ridurre i tempi di trasporto del marino in discarica attraverso la rampa lineare (denominata "finestra" o anche "discenderia"), circa ortogonale all'asse del tracciato, dalla quale sono stati aperti quattro fronti di avanzamento. Grazie a questa soluzione è stata ridotta anche la quantità di dumper adibiti al trasporto del marino ed i costi di manutenzione dei mezzi in assetto antideflagrante.

2. Manifestazioni di metano nella Galleria di Base della VAV

Per comprendere l'importanza del franco di sicurezza è indispensabile riassumere alcuni aspetti tecnici della Galleria di Base, descritti estesamente da Rossi (2013), in relazione alle manifestazioni di metano registrate durante lo scavo dei due cunicoli pilota, propedeutici alla realizzazione dell'opera.

Il progetto prevedeva lo scavo dei cunicoli esplorativi (canna sud lunga 8.535 m e canna nord lunga 8.503 m) con quattro TBM aperte aventi diametro di 4 m impegnate su quattro fronti, due per ogni verso di avanzamento (direzione Nord e direzione Sud). Lo scavo è iniziato prima della pubblicazione della NIR "Grisù 1ª edizione" (AA.VV., 1998) e, sin dai primi metri di avanzamento, alcune misure saltuarie avevano messo in evidenza emissioni di metano diffuse ed a portata limitata. Un evento significativo (26

maggio 1999) si è registrato in prossimità del fronte del cunicolo Sud dell'imbocco Bologna, a circa 4 km dall'imbocco. Dopo due giorni di emissione continua e con portate elevate, l'ASL ha ordinato la sospensione dell'avanzamento.

La direzione lavori (Spea SpA), passati alcuni mesi dalla sospensione, ha deciso di riprendere lo scavo in direzione sud solo nel cunicolo Nord e di smontare la TBM dell'altro cunicolo. Durante lo smontaggio, il fronte e la calotta sopra la testa della fresa sono franati (11 luglio 1999) facendo registrare un'imponente emissione di metano (Figura 1), che si è protratta per lungo tempo e con tale intensità (Figura 2 e Figura 3) da impedire l'accesso in galleria per circa un mese. I rilievi del tenore di gas in aria sono stati effettuati, per più giorni mantenendo costante la portata dell'aria di ventilazione, in calotta, all'altezza dell'asse della galleria ed in prossimità del piano di calpestio, con un esplosimetro portatile, dall'imbocco fino alla progressiva 4000 m circa.

Nella Figura 3 i rombi sull'asse delle ascisse indicano rispettivamente, l'inizio della stazione di carico e l'inizio del corpo macchina della TBM.

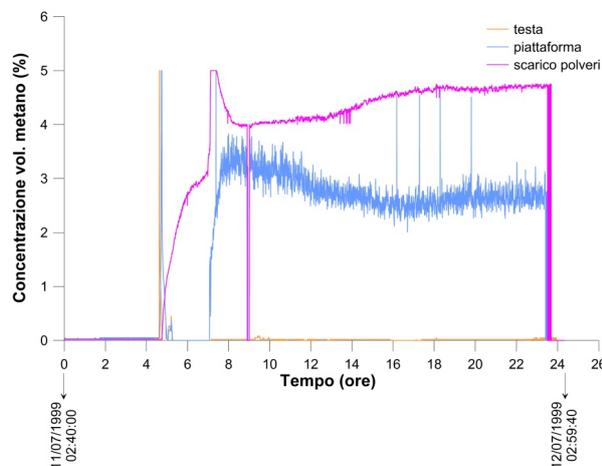


Fig. 1 – Emissione inattesa durante lo scavo del cunicolo sud imbocco Bologna. Il repentino abbassamento delle concentrazioni di metano dopo il picco iniziale è da imputare al superamento del fondo scala dello strumento (tenori superiori al 15%) che ha reso i sensori catalitici inefficaci.

I valori misurati mostrano variabilità della concentrazione di metano sia lungo lo sviluppo della galleria sia su una stessa sezione in dipendenza della posizione dell'esplosimetro, con un costante aumento del tenore di metano in aria che raggiunge i massimi valori in corrispondenza dell'apice della calotta.

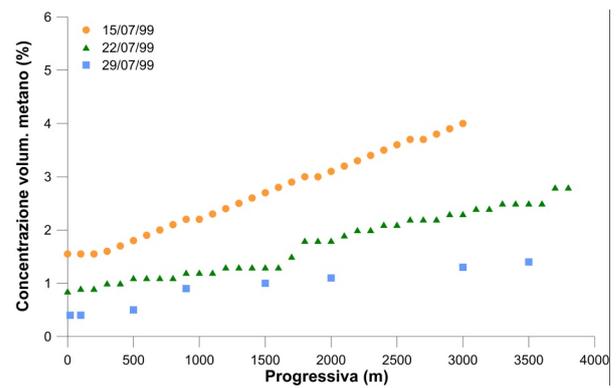


Fig. 2 – Andamento delle concentrazioni di metano lungo l'asse del cunicolo esplorativo invaso dal gas (180.000 m³ circa). L'esame del diagramma sperimentale mostra che la concentrazione diminuisce inversamente alla progressiva, anche a causa delle perdite di aria attraverso le lesioni del condotto di ventilazione (soffiante). L'attenuazione in funzione del tempo dipende dall'esaurimento dell'emissione di gas e quindi dalla portata ridotta del metano.

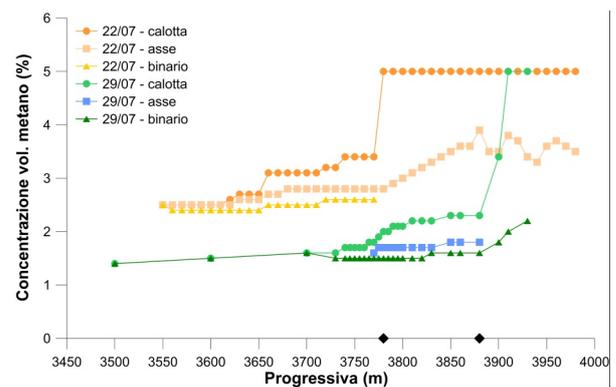


Fig. 3 – Misure di concentrazione eseguite il 22/7/99 e 29/7/99 nel cunicolo esplorativo invaso dal gas (180.000 m³ circa). Le registrazioni del 22, mostrano che il nastro trasportatore provoca una significativa disomogeneità nella distribuzione dei tenori in calotta fino alla progressiva 3.575 m circa. Nelle registrazioni del 29 la zona di disomogeneità si sposta verso il corpo macchina. In tutte le misure appare netta la differenza concentrazione di metano in funzione dell'altezza dal piano dei binari. L'abbassamento dei tenori, registrato il 29/7, è attribuibile all'esaurimento della emissione.

L'analisi dei valori mostra anche che la concentrazione di metano varia significativamente lungo la verticale in funzione delle resistenze associate alla TBM, e ciò è messo in evidenza dai valori registrati a circa 200 metri dalla sezione finale del backup. In questa zona in cui la ventilazione non è condizionata da resistenza al flusso, i valori registrati in corrispondenza di tre differenti quote (calotta, asse della galleria e piano di cal-

pestio) coincidono poiché l'aria svolge un'adeguata azione di miscelazione e di diluizione dei tenori di metano che tuttavia si mantengono su livelli alti a causa delle notevoli portate di metano che, al momento delle misure, erano tra le più elevate (Figura 3). La debole riduzione della concentrazione di metano nel riflusso è in gran parte da attribuire alla diluizione causata dalle perdite di aria dal condotto di ventilazione.

In generale (Figura 2) la concentrazione di gas diminuisce con il progressivo esaurimento del metano intrappolato nella sacca (180.000 – 200.000 m³).

Successivamente, è stato trovato gas anche nella carreggiata Nord dell'imbocco Bologna e l'avanzamento delle due canne verso Firenze è stato sospeso.

Si sono registrate emissioni significative anche durante l'avanzamento dei fronti lato Firenze, che hanno imposto la sospensione dei lavori a circa 1 km dall'imbocco (1999). Il grafico di Figura 4, relativo ad un evento che si è verificato durante l'esecuzione di un sondaggio su uno dei due fronti, mostra che i quattro sensori posti a progressive e quote diverse, registrano tutti rilevanti concentrazioni di metano.

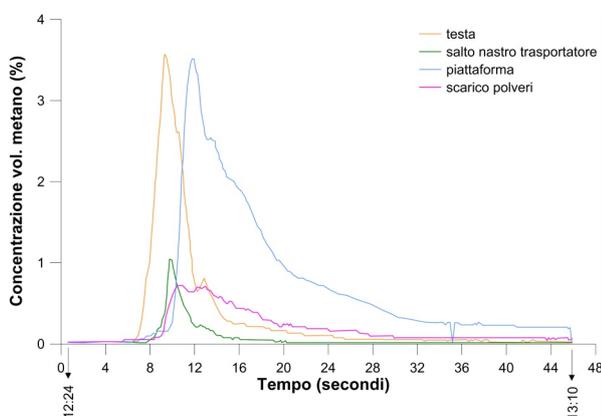


Fig. 4 – Emissione del 17 settembre 1999 durante l'esecuzione di un sondaggio su uno dei due cunicoli con imbocco lato Firenze. Il diagramma riporta le concentrazioni di metano rilevate da quattro sensori posti a diverse distanza dal fronte: in corrispondenza della testa, al salto nastro trasportatore (a 10 m dal primo), alla piattaforma (a 10 m dal secondo), e allo scarico della ventilazione aspirante (a 25 m dal precedente sensore).

A sei anni dalla sospensione il progetto iniziale è stato definitivamente abbandonato e si è dato inizio allo scavo delle gallerie di grande sezione.

Per una migliore comprensione dei risultati si ritiene utile mostrare il rapporto dimensionale tra il cunicolo pilota ed una delle due gallerie autostradali (Figura 5).

Tenuto conto degli eventi che hanno imposto la sospensione dello scavo dei cunicoli, per migliorare le condizioni di sicurezza contro esplosioni di metano ed ottimizzare la ventilazione degli scavi, e per recuperare parte del ritardo nella realizzazione dell'opera, è stata realizzata una discenderia.

Nel 2007 durante la realizzazione delle due canne a grande sezione, le emissioni nei cunicoli erano ancora in grado di generare miscele con concentrazioni elevate nel caso di breve interruzione della ventilazione. Nel grafico di Figura 6 è riportato un esempio della fenomenologia rilevata dal sistema di monitoraggio posto al fronte del cunicolo Sud da imbocco Bologna.

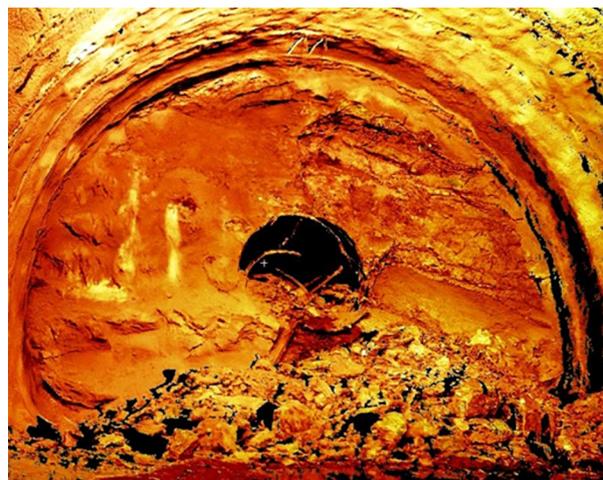


Fig. 5 – Confronto tra le sezioni del cunicolo pilota ed una delle due gallerie autostradali.

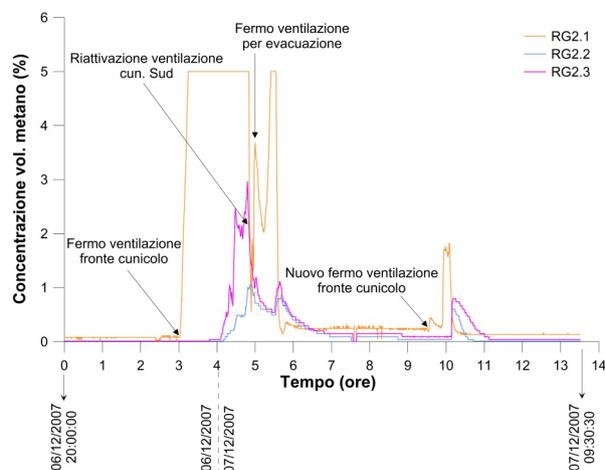


Fig. 6 – Emissione del 6-7 settembre 2007 registrata nel cunicolo Sud da imbocco lato Firenze.

Le emissioni di gas nei cunicoli insieme con i dati storici schematicamente rappresentati in Figura 7 ed a considerazioni di carattere geologico strutturale che indicavano la presenza di un'anticlinale lungo il tracciato della galleria con l'ipotizzabile presenza di una trappola strutturale,

hanno portato a ritenere come possibili emissioni di metano significative durante lo scavo delle gallerie a grande sezione e di conseguenza si è attribuito un indice di classifica pari a 2 all'intero tracciato.

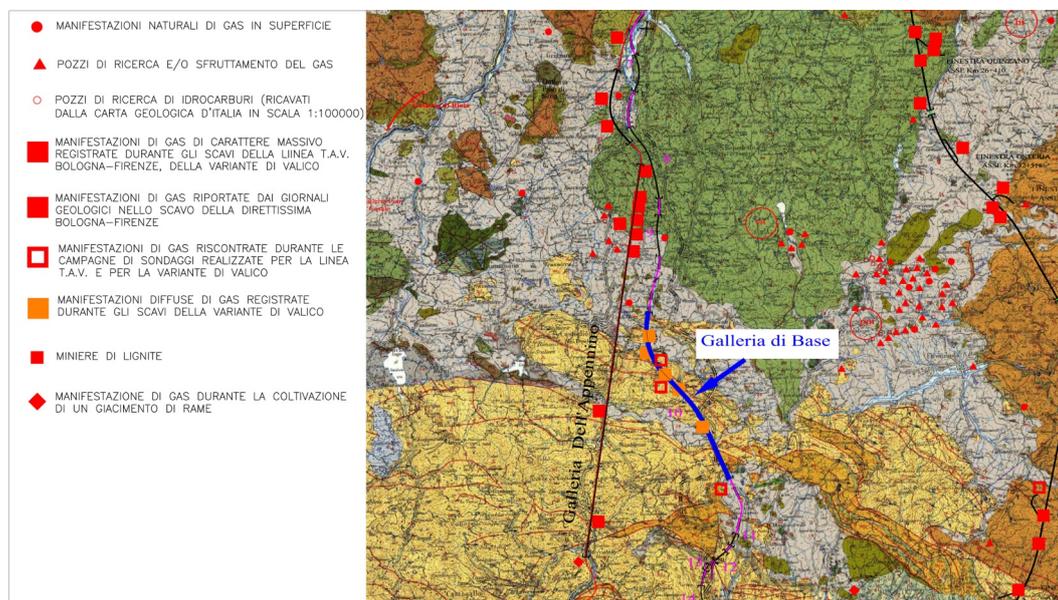


Fig. 7 – Manifestazioni di metano nell'area geografica in cui ricade la Galleria di Base.

3. Criteri per la zonizzazione del sottterraneo

Nei tratti di galleria classificati con indice 2 si possono riconoscere i seguenti segmenti di galleria che si sviluppano in serie (sub-tratti di galleria), tutti potenzialmente sottoposti al passaggio di miscele aria metano, distinguibili tra loro per la possibilità o impossibilità di essere interessati da afflussi di gas (Berry e Dantini, 2001; Figura 8):

- zona A: tratto, comprendente il fronte ed il perimetro (calotta e piedritti), non rivestito. Gli afflussi di metano sono possibili, il più delle volte avvengono durante la fase di scavo, possono essere imponenti e non sono prevedibili. In questo tratto, il metano miscelato con l'aria può risultare esplosivo; pertanto, le attrezzature, le macchine operatrici e gli impianti devono essere antideflagranti (Gruppo I, categoria M2);
- zona B: tratto con rivestimento provvisorio. Può essere sede di emissioni di metano che generano miscele metano aria;
- zona C – D: tratto con rivestimento definitivo, che può essere:

- dotato di impermeabilizzazione “full round” che impedisce l'afflusso di gas a meno di errori o difetti di costruzione;
- progettualmente drenante, con impermeabilizzazione parziale e circuito di drenaggio in contatto con la galleria, con possibili immmissioni di metano in galleria.
- zona C: segmento iniziale del tratto con rivestimento definitivo. È il “franco di sicurezza” ed ha lunghezza correlata alla velocità dell'aria del sistema di ventilazione premente ed alle caratteristiche termiche delle superfici calde delle macchine operatrici. Considerando il tempo T_i necessario per rendere operative le procedure necessarie all'inibizione delle potenziali sorgenti di innesco, e v (m/s) la velocità dell'aria in galleria, l'estensione del franco di sicurezza L_{franco} (m) è pari a:
- zona D: è la restante porzione del tratto con rivestimento definitivo.

La zona C è un segmento di galleria compreso tra un tratto (A e B) con afflussi, possibili o rilevati, ed uno (D) che ne è privo.

La zona C è un franco di sicurezza solo se soddisfa le seguenti condizioni:

- non è soggetto ad afflussi di metano;
- non è interessato da lavori che alterano la geometria del cavo;
- è privo di potenziali sorgenti di innesco (anche frizionali);
- in esso operano solo impianti, macchine operatrici ed attrezzature antideflagranti.

La classificazione con indice 2 delle zone A, B

e C rimane inalterata e, pertanto, sono segmenti di galleria assoggettati alle soluzioni tecniche, al monitoraggio ed alle procedure della classe 2.

Il franco di sicurezza è stato applicato in numerose gallerie. Particolarmente interessante, sotto il profilo ingegneristico, è l'esperienza condotta nella Galleria di Base del progetto VAV, che si è avvalsa dei risultati di specifici Studi e Ricerche sperimentali presentati e commentati nei seguenti capitoli.

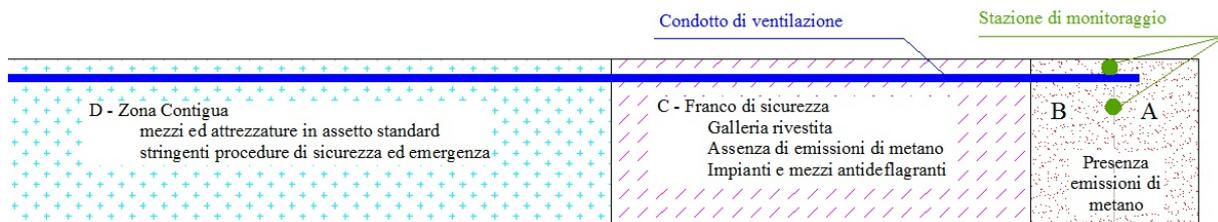


Fig. 8 – Applicazione del “franco di sicurezza” in una galleria classificata con indice 2.

4. Franco di sicurezza nella Galleria di Base

Le “Best Practice” contenute nella NIR 28 impongono una progettazione del sistema di sicurezza che consideri le caratteristiche specifiche di ciascun cantiere, la sua organizzazione, gli impianti, le macchine operatrici e le attrezzature utilizzate.

Nella Galleria di Base la realizzazione della rampa di accesso (“finestra” o “discenderia”) ha permesso di aprire quattro ulteriori fronti di scavo (Figura 9), due verso Nord e due verso Sud, con il seguente ciclo produttivo:

- perforazione e sparo;
- smarino e trasporto del marino dal sotterraneo al deposito temporaneo;
- realizzazione del rivestimento di prima fase con spritz e chiodatura/centinatura;
- posa in opera dell'impermeabilizzazione della calotta e dei piedritti (tabella in Fig. 10);
- posa in opera del rivestimento definitivo in calcestruzzo e dell'arco rovescio, fra by-pass contigui.

Con questa organizzazione, il trasporto del marino dal fronte al deposito esterno sarebbe stata l'attività più critica, per l'esiguità degli spazi funzionali in rampa e per la lunghezza dei percorsi, che avrebbero imposto di adottare un considerevole numero di macchine operatrici (dumper) in

assetto antideflagrante.

L'adozione del franco di sicurezza e le ampie sezioni di scavo hanno consentito di suddividere il trasporto del marino, proveniente dai quattro fronti, al deposito esterno in due fasi (Figura 9):

- prima fase, eseguita con macchine antideflagranti:
 - smarino e caricamento del materiale abbattuto su dumper;
 - trasporto del marino dal fronte all'area di stoccaggio temporaneo posta alla base della discenderia;
 - scarico del marino nell'area di stoccaggio temporaneo;
- seconda fase:
 - rimozione del marino dall'area di stoccaggio temporaneo e caricamento su dumper con pala AD;
 - trasporto del marino con dumper in assetto ordinario, dal sotterraneo al deposito temporaneo posto all'imbocco esterno della discenderia;
 - messa a dimora del marino nel deposito temporaneo del piazzale antistante la discenderia.

Il progetto del circuito di ventilazione è stato determinante nella progettazione e realizzazione del franco di sicurezza. Ciascun fronte in avanzamento è ventilato con un condotto e con un

gruppo autonomo di motori in grado di soffiare portate d'aria tali da garantire una velocità di riflusso pari a 0,5 m/s nel tratto di 300 m a ridosso di ciascuno dei fronti. Il riflusso dei quattro fronti è fatto convergere verso la rampa, ramo terminale della rete di ventilazione. Tale valore può essere aumentato fino a 0,7 m/s nei casi d'emergenza o per fronteggiare particolari condizioni operative. Il sistema è mantenuto costantemente sotto controllo strumentale.

Ognuna delle quattro canne è dotata del sistema di monitoraggio (Figura 11) gestito e controllato da una squadra di specialisti (addetti al monitoraggio) monofunzionali, così come stabilito dalla NIR 28 per le gallerie classificate con indice 2. Ogni 500 m è installata una centralina di misura dotata di sensori per la misura del tenore di metano in aria e di ripetizione dell'allarme ottico-acustico.

Per la realizzazione della zonizzazione il sistema di monitoraggio è integrato da:

- sezione con tre sensori disposti ad arco installata all'inizio dei franchi di sicurezza;
- postazioni, ottico-acustiche, di ripetizione dell'allarme nella zona di transito delle macchine operatrici standard;

- postazioni, ottico-acustiche, di ripetizione dell'allarme nella zona di stoccaggio del marino;
- sensori in calotta a 150 m dai limiti di ciascun franco di sicurezza.

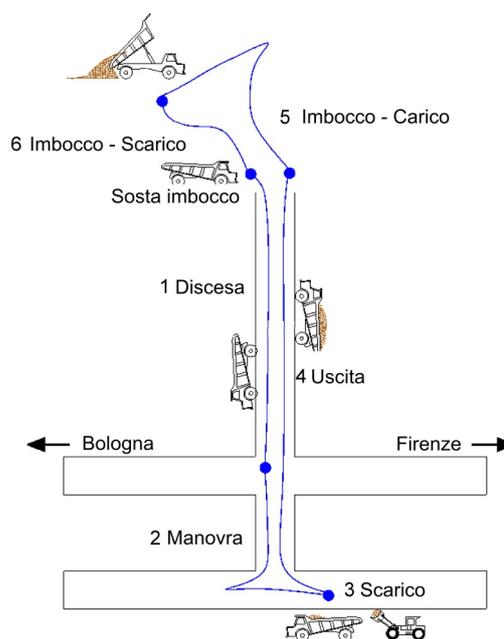


Fig. 9 – Percorso dei dumper standard dedicati al trasporto del marino dall'area (3) di stoccaggio temporaneo sotterraneo al deposito temporaneo esterno (6), attraverso la discenderia (1, 2, 4).

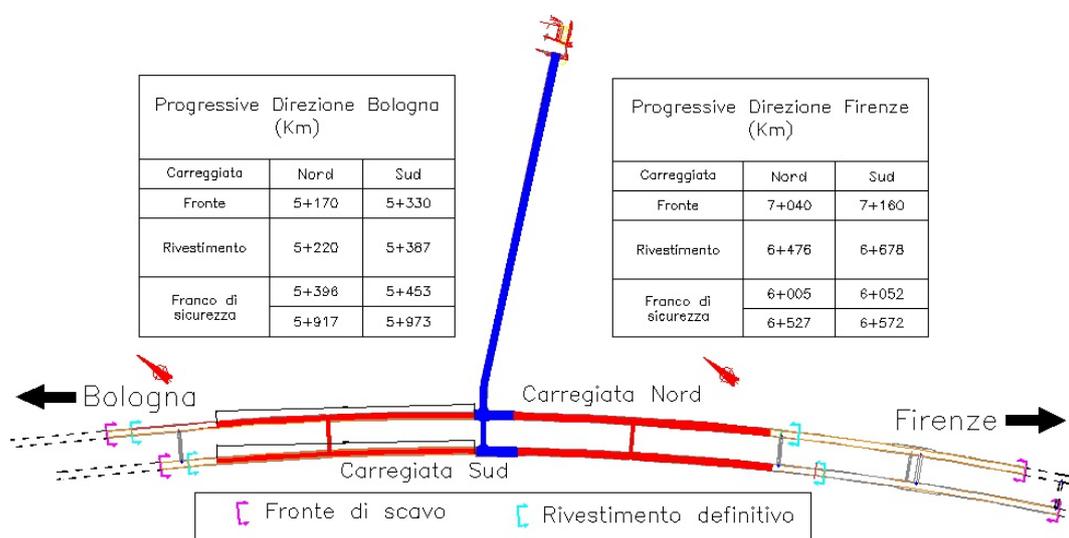


Fig. 10 – Applicazione del "franco di sicurezza" (in rosso) nella Galleria di Base. Nelle piazzole per lo stoccaggio temporaneo del marino proveniente dai quattro fronti e nella discenderia (in blu) operano dumper e pale standard. I by-pass tra le due carreggiate, distanti 250 m l'uno dall'altro, sono utilizzati per il transito dei mezzi d'opera in assetto anti deflagrante. Nei tratti compresi tra i fronti ed i rivestimenti definitivi è in opera solo il rivestimento di prima fase.



Fig. 11 – Architettura del sistema di monitoraggio. Lo schema rappresenta l'interazione fra il sistema e le procedure, le analisi e le conseguenti azioni.

5. Tempi di inibizione delle potenziali sorgenti di innesco

Le potenziali sorgenti di innesco sono (Berry et al., 2000; Dantini et al., 2000):

- associate a macchine operatrici, impianti ed attrezzature e neutralizzabili con interventi tecnologici (antideflagranza) e/o con procedure (sezionamento, spegnimento);
- generate da attriti ed urti (inneschi frizionali) sempre presenti attività di cantiere, da crolli, dissesti. Non possono essere neutralizzate.

Nelle zone C e D (Figura 8), esaurite tutte le attività di scavo e realizzato il rivestimento definitivo, è ragionevole escludere la presenza di inneschi frizionali generati da crolli o frane, mentre sono da considerare le altre tipologie di inneschi frizionali.

Con approfondite indagini sperimentali, sviluppate nel 2001 e nel 2008, sono state determinate le temperature massime di ciascuna delle sorgenti di calore associate alle macchine operatrici ed il tempo impiegato dalle potenziali sorgenti, dopo la disattivazione delle macchine, per portarsi a valori di temperatura tanto bassi da non innescare l'esplosione delle miscele aria – metano.

Il tempo di inibizione delle sorgenti di innesco può essere valutato considerando la seguente sequenza temporale (Figura 12):

- T_0 = formazione di miscela metano-aria;
- T_1 = la miscela, spinta dal riflusso, lambisce i rilevatori di metano;
- T_2 = si attiva l'allarme e si estende a tutto il sottoterraneo. L'intervallo T_2-T_1 dipende dalle caratteristiche tecniche di risposta della strumentazione;
- T_3 = si spengono i motori delle macchine operatrici e le attrezzature, e si sezionano automaticamente gli impianti dopo la ripetizione dell'allarme in tutto il sottoterraneo. La tempestività dell'arresto dei motori delle macchine operatrici dipende dall'istante in cui l'allarme è percepito dal personale e dal tempo necessario per l'applicazione delle procedure di sicurezza;
- T_4 = la temperatura delle potenziali sorgenti di innesco raggiunge il valore di sicurezza.

Per tale motivo, una seconda stazione di monitoraggio è installata all'inizio del franco di sicurezza. Cautelativamente, in caso di emissione dal fronte, si considera l'istante in cui la miscela lambisce i sensori della stazione di monitoraggio al fronte in luogo dell'istante in cui attraversa la stazione all'inizio del franco di sicurezza.

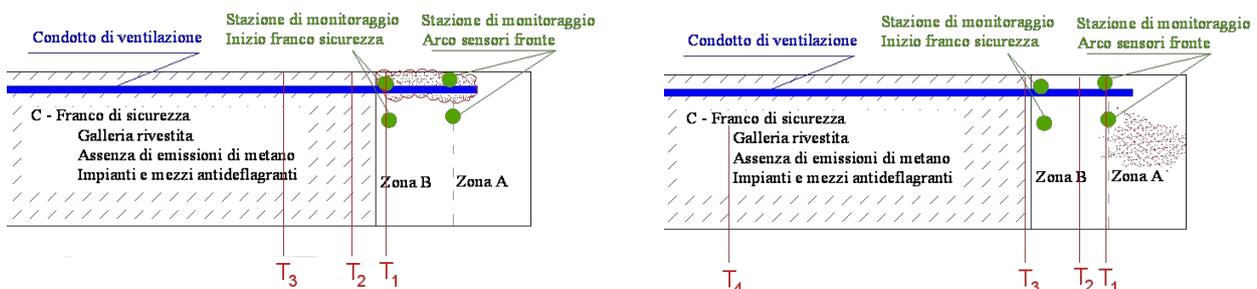


Fig. 12 – Nella galleria in esame le zone A e B sono sede di immissioni di metano e, quindi, la miscela esplosiva può generarsi anche solo a valle dei sensori al fronte.

6. Temperatura limite delle macchine operatrici e degli impianti

La temperatura limite per non innescare l'esplosione è stata definita considerando che l'innesco di una miscela metano-aria, in concentrazione stechiometrica (9,48% in volume di CH₄), in condizioni standard ed in assenza di impurità, si ottiene con una temperatura minima pari a 537 °C (Edwards et al., 1988). La norma ATEX 4 (D.P.R. 126/1998) e la Norma UNI EN 1834-2 (2001) fissano la soglia minima per la temperatura delle superfici calde a 450 °C.

Per stabilire il tempo T_4 , con un opportuno fattore di sicurezza, si è fissato il limite massimo ammissibile per le superfici calde a 300 °C e, per minimizzare l'incidenza di guasti che generano alte temperature, è stata imposta una più alta frequenza della manutenzione dei mezzi.

Le case costruttrici non mettono a disposizione mappe della distribuzione delle temperature; pertanto, per definire il tempo di raffreddamento delle superfici calde delle macchine operatrici standard, impegnate nel trasporto in rampa, le misure sperimentali, delle due campagne di indagini già richiamate, sono state eseguite nelle due distinte condizioni di lavoro normale e lavoro gravoso. Nel 2001 e nel 2008 le misure sono state eseguite, rispettivamente, su macchine EURO 2 ed EURO 5. Nella campagna del 2008 si è fatto ricorso a due tecniche di misura: infrarosso e termocoppia a contatto delle superfici calde.

Misure termografiche preliminari alla campagna del 2008 hanno permesso di individuare le superfici dei mezzi su cui concentrare la sperimentazione. Per la valutazione del tempo di raffreddamento, si sono considerati anche gli esiti della precedente serie di misure (2001) effettuate sui mezzi d'opera impegnati in gallerie del progetto TAV.

6.1 Indagine 2001

I risultati (Figura 13) della prima ricerca sperimentale (2001) indicano che le superfici calde delle macchine EURO 2 raggiungono i 400 °C dopo 10 – 40 minuti dall'accensione dei motori; eccezionalmente si è superato questo valore ed in un solo caso si sono raggiunti i 500 °C. Il raffreddamento successivo all'arresto dei motori, avven-

nuto a 90 minuti dall'inizio delle prove, è molto rapido (da 5 a 10 minuti).

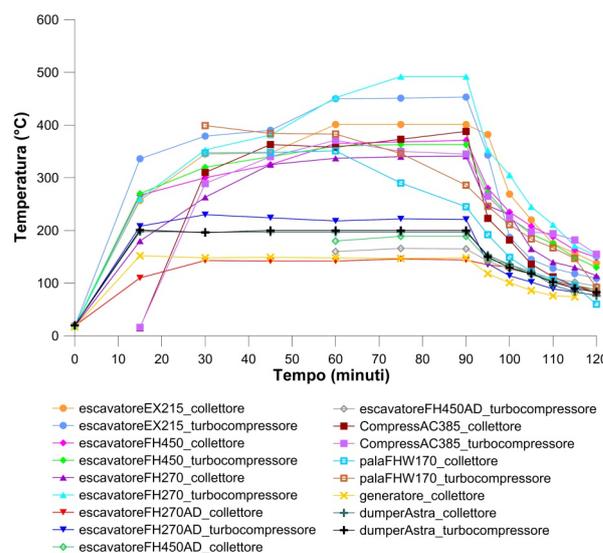


Fig. 13 – Aumento e riduzione della temperatura rispettivamente con l'accensione e l'arresto dei motori delle macchine operatrici adibite allo smarino (pale) ed al trasporto del marino (dumper).

6.2 Indagine 2008 con termometro ad infrarosso

Le misure del 2008 eseguite con termometro infrarosso e frequenza di 0,1 Hz indicano che le superfici più calde dei dumper EURO 5 carichi di marino sono caratterizzate dai seguenti valori di temperatura:

- dopo un percorso pianeggiante, i valori di temperatura non superano i 350 °C;
- dopo un percorso di 2,8 km in salita con pendenza della rampa pari a circa il 10 – 12% e con un carico maggiore del 10% rispetto al limite indicato dal costruttore, le temperature superano i 450 °C. Dopo l'arresto del motore, la temperatura scende rapidamente (in 10 – 12 minuti) a valori inferiori a 300 °C.

Le superfici più calde delle altre macchine operatrici sono caratterizzate da analoghe curve di salita e discesa della temperatura. In altri termini, se le macchine operatrici sono utilizzate in condizioni standard, le superfici non superano i 400 °C; dopo avere arrestato il motore, i valori della temperatura si abbassano fino a valori inferiori a 300 °C in 5 – 7 minuti.

6.3 Indagine 2008 con termocoppia a contatto e registrazione continua

Il diagramma di Figura 14 indica la rapidità con cui aumenta e diminuisce la temperatura della turbina, all'innesto del collettore. Le misure sono state eseguite durante l'esercizio (fase di riscaldamento) ed a motore spento (fase di raffreddamento) delle macchine operatrici EURO 5, in assetto ordinario, utilizzate per lo smarino (pala gommata) ed il trasporto del marino (camion). Le misure sono state condotte con termocoppia a contatto e registrazione continua su data – logger, in condizioni operative standard (a destra in Figura 14) ed in condizioni gravose (a sinistra in Figura 14).

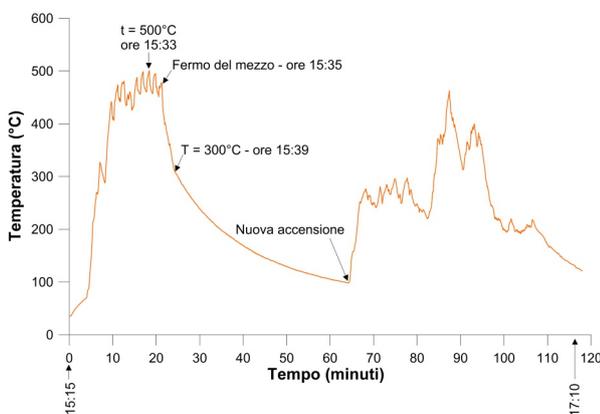


Fig. 14 – Collettore turbina dumper EURO 5. Esempio dei risultati delle registrazioni delle temperature: a destra è l'evoluzione della temperatura in condizioni non gravose, a sinistra, in condizioni gravose.

In condizioni di lavoro gravose, raggiunto il valore massimo di 500 °C circa, una volta spento il motore, la temperatura si riduce a 300 °C in meno di 5 minuti (Figura 14). In questo caso il tempo di raffreddamento è stato condizionato dalla temperatura ambiente, prossima a 0 °C.

In condizioni di lavoro non gravose, durante le normali attività, compresi gli intervalli di tempo con macchina ferma per carico e scarico del marino, le temperature non superano i 460 °C (Figura 14).

La registrazione delle temperature della pala gommata (Figura 15), adibita al carico dei dumper nella zona sotterranea di stoccaggio posta alla base della discenderia, è stata estesa a più cicli di carico in condizioni di lavoro gravose. In condizioni normali, le temperature si portano a

circa 500 °C, mentre nelle condizioni gravose si raggiungono valori prossimi a 550 °C e, dopo avere arrestato il motore, la temperatura si riduce a 300 °C in circa 12 minuti.

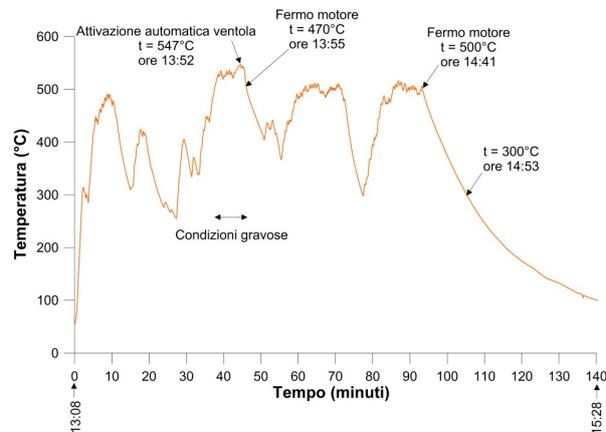


Fig. 15 – Collettore turbina della pala gommata. Esempio dei risultati delle registrazioni delle temperature.

6.4 Indagine 2008 su fonti di innesco associate ad attrezzature, impianti e lavorazioni

La campagna di misure del 2008 è stata estesa anche ad altre fonti di calore quali fari alogeni, filtri anti particolato e su lavorazioni particolari come il taglio ossiacetilenico.

Nel caso dei filtri antiparticolato (FAP) delle macchine operatrici, l'aumento e la diminuzione delle temperature è complesso da determinare in via sperimentale nelle condizioni di esercizio in cantiere e richiede un approfondimento per ciascun tipo di macchina e di filtro. L'esame della letteratura tecnico-scientifica internazionale (Park, 1998; Pontikakis, 2003; Sanguedolce et al., 2004; Stratakis, 2004) permette, comunque, di caratterizzare la fenomenologia e di fare delle considerazioni sui tempi di raffreddamento dei filtri, dopo l'arresto dei motori. In Figura 16 (Pontikakis, 2003) sono rappresentati i risultati di misure di temperatura effettuate su un filtro carico di particolato durante un ciclo di rigenerazione di un filtro in un motore di veicolo per trasposto passeggeri.

Una volta innescata la rigenerazione al tempo $t = 0$, dopo 180 s il motore è portato in condizioni di minimo (1800 rpm, 20 Nm), determinando un brusco innalzamento di temperatura in tutto il filtro fino ad un massimo che supera gli 800 °C (picchi dei profili di temperatura nella Figura 16).

Superato il picco, la temperatura decresce rapidamente e sono sufficienti 7 minuti circa dalla diminuzione del numero di giri del motore, per raggiungere i 300 °C. Tale intervallo temporale è del tutto compatibile con i tempi di inibizione delle altre potenziali sorgenti di innesco, riportati nei precedenti paragrafi, tanto più se si considera che, in caso di fermo del mezzo, la combustione per la rigenerazione si arresta per mancanza di ossigeno e che il contatto con la miscela metano aria avviene non con il filtro ma con la marmitta che lo contiene. Infatti, la presenza di filtri tagliafiamma all'imbocco del tubo di scappamento esclude la possibilità che eventuali miscele esplosive possa entrare nella marmitta, venendo a contatto con le superfici calde del FAP riscaldate

dal processo di combustione di rigenerazione.

Per le fiamme libere e le scintille prodotte, ad esempio, da saldatrici ossiacetileniche, tagliatrici, ecc., le procedure di sicurezza della NIR 28 impongono che l'utilizzazione di apparecchi o attrezzature che producono fiamme libere, scintille e scorie incandescenti deve essere tempestivamente interrotta con l'attivazione dell'allarme. Le misure, iniziate 15 – 20 s dopo la sospensione della lavorazione, mostrano che in circa 3 minuti la temperatura decresce fino a 150 °C (Figura 17). Il ritardo di 15 – 20 s con cui si iniziano le misure è imposto da un problema tecnologico che non permette la misura della temperatura di superfici incandescenti.

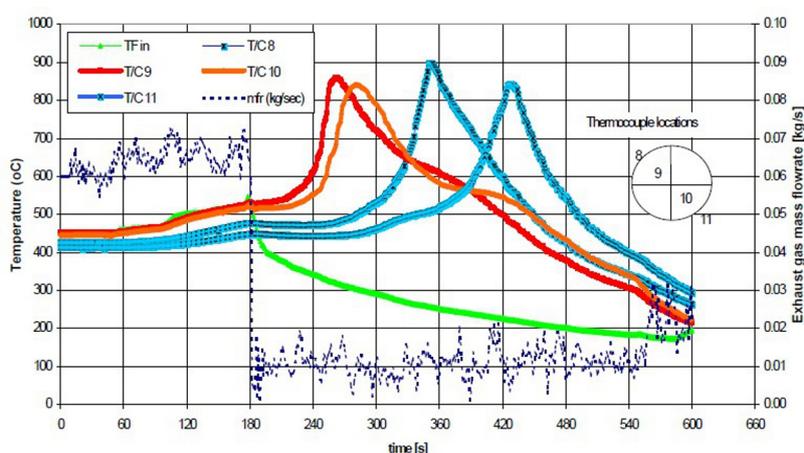


Fig. 16 – Andamento delle temperature di un filtro antiparticolato in un motore di veicolo per trasporto passeggeri, durante un ciclo di rigenerazione (Pontikakis, 2003). I quattro profili di temperatura rappresentano i valori misurati in quattro diversi punti del filtro carico di particolato.

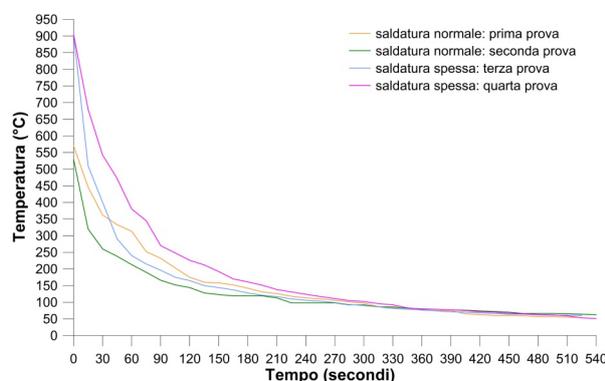


Fig. 17 – Raffreddamento delle saldature. Le temperature, misurate 15 s dopo la sospensione della lavorazione nell'intorno del punto di saldatura, decrescono con elevato gradiente nel primo minuto di osservazione e dopo 3 minuti raggiungono il valore di circa 150 °C.

7. Dimensionamento del franco di sicurezza nella Galleria di Base

La lunghezza del franco di sicurezza è calcolata considerando l'istante in cui il metano intercetta il primo sensore posto a ridosso del fronte in zona A o zona B (Tabella 1).

Cautelativamente il valore T_{tot} , necessario per l'inibizione delle sorgenti di innesco, è stato aumentato del 20% fissandolo, quindi, a 1.050 s. Poiché la velocità dell'aria in riflusso nella Galleria di Base è pari a 0,5 m/s, la lunghezza del franco di sicurezza deve essere maggiore di 525 m.

Sorgente di innesco	Tempo di inibizione (s)
rilevamento metano nella zona A / B	$T_0 = 0$
miscela esplosiva lambisce i sensori in A / B	$T_1 = 0$
risposta impianto monitoraggio, attivazione allarmi	$T_2 = 30$
ripetizione allarmi, arresto delle macchine operatrici e sgancio impianti	$T_3 = 120$
raffreddamento superfici calde fino a temperature < 300 °C	$T_4 = 720$
estinzione sorgenti di innesco. Tempo calcolato a partire da T_0	$T_{tot} = 870$

Tabella 1 – Tempo necessario all'inibizione delle sorgenti di innesco.

8. Emissioni di metano dal marino

La presenza del metano nel massiccio roccioso ha imposto la valutazione di potenziali emissioni dalla movimentazione del cumulo di marino (Berry et al., 1991; Berry et al., 1993) durante le fasi di scarico e stoccaggio temporaneo nel sotterraneo. Il fenomeno della liberazione di gas dal mucchio è ben noto ed è stato ampiamente studiato durante lo smarino di mucchi prodotti da volate. Un'emissione può avere origine se il metano è presente nel cumulo del marino e/o nei blocchi a pressione maggiore di quella ambiente.

Nella Galleria di Base l'avanzamento è stato realizzato con la tecnica della perforazione e sparo. Il metano contenuto nell'ammasso roccioso coopera in parte allo sviluppo della detonazione, in parte è dilavato dall'espansione dei gas ed in parte rimane intrappolato nel mucchio e nei pori dei blocchi del marino di maggiore dimensione.

La quantità di metano liberata dal blocco è funzione della porosità e della permeabilità della roccia alla scala del blocco, della pressione del metano al suo interno e del grado di fratturazione indotta.

La prolungata osservazione dei risultati di volate nella Galleria di Base ha portato ad escludere la presenza nel marino di blocchi costituiti da una matrice impermeabile che avvolge inclusi permeabili saturi di metano a pressione elevata, oppure ad escludere elementi porosi e poco permeabili saturi di metano in pressione.

È ragionevole, quindi, ritenere che la maggior parte del metano in pressione, presente nei pori della roccia, è liberato durante l'abbattimento primario e negli istanti immediatamente successivi.

Una valutazione cautelativa del volume di metano potenzialmente rilasciabile dai blocchi è stata basata sulle seguenti considerazioni:

- il metano contenuto nel blocco è a pressione ambiente oppure ad una pressione il cui gradiente fra l'interno ed il bordo del blocco è tale da non permettere l'emissione del gas;
- il rilascio di metano è correlato al tipo di roccia ed è dovuto a due fenomeni (Krooss, 1988):
 - la diffusione molecolare all'interno del blocco che, però, è molto lenta ed è tale da non consentire il completo drenaggio del metano contenuto nel blocco;
 - il desorbimento del metano dalla roccia;
- solo nei blocchi più voluminosi può rimanere intrappolato il metano.

Si può, quindi, ritenere che un'eventuale emissione coinvolga il 90% del gas contenuto nei pori dei blocchi aventi dimensioni superiori a 20 cm. Sulla base di numerose curve granulometriche sperimentali determinate, il 30% del marino della Galleria di Base si può escludere dalla stima del volume di gas rilasciato dal mucchio perché ha dimensioni inferiori a 20 cm.

Il metano contenuto nel massiccio, salvo rarissimi casi, ha un tenore molto prossimo al 100%; inoltre, ogni rilascio parziale di metano determina una diminuzione della sua pressione nei pori del blocco. Pertanto è lecito ritenere che la riduzione del tenore di gas si manifesti nel sottile strato corticale del blocco in cui il gradiente di tenore è elevato e più in profondità si raccorda asintoticamente alla concentrazione di metano originaria (98%).

Durante lo scarico del materiale nella zona di stoccaggio, il metano viene liberato esclusivamente dalla porosità del mucchio, poiché è trascurabile l'apporto attribuibile alla parziale frantumazione che si verifica per i fenomeni di urto ed auto – macinazione. Occorre quindi valutare la quantità di metano che, liberatosi dai

blocchi di roccia durante il trasporto dai fronti allo stoccaggio sotterraneo, ha invaso i pori del marino.

Il coefficiente di diffusività del metano nella roccia varia da $1,5 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ a $9 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ in funzione del tipo di roccia, della sua permeabilità e del suo grado di saturazione in acqua (Krooss, 1988; Hürlimann et al., 2003).

Per calcolare, con approccio cautelativo, l'ordine di grandezza del volume di metano liberato dai blocchi durante il tragitto fronti di scavo – base della discenderia, utilizzando l'equazione dimensionale del coefficiente di diffusività del metano, occorre considerare che:

- la portata di un dumper è circa pari 15 m^3 (portata nominale di 17 m^3);
- il coefficiente di rigonfiamento è pari ad 1,5;
- la porosità della roccia è pari al 15% in volume;
- il tenore di metano nei pori della roccia è circa il 98%;
- il coefficiente di diffusività è $D = 8 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$;
- il tempo che impiega il dumper a percorrere il tratto dal fronte (zona di carico) alla zona di stoccaggio ai piedi della rampa (scarico) è stato stimato pari a 15 minuti;
- i blocchi del marino sono assimilati a sfere;
- viene emesso tutto il metano contenuto nella calotta sferica di ogni blocco a contatto con l'atmosfera esterna per un tratto di lunghezza pari a:
- contribuiscono all'emissione solo i blocchi con dimensione superiore a 20 cm.

In base a queste considerazioni il volume di metano rilasciato dai blocchi del marino durante il suo trasporto allo stoccaggio è stimabile pari a $0,07 \text{ m}^3$, che corrisponde ad una portata di $0,07/(15 \cdot 60) = 0,00008 \text{ m}^3/\text{s}$, valore del tutto trascurabile rispetto alla portata di ventilazione della galleria.

Il cumulo del marino ha una permeabilità molto più elevata (vari ordini di grandezza) rispetto a quella dei blocchi di roccia; conseguentemente il coefficiente di diffusività del metano nel marino è maggiore rispetto a quello nell'ammasso. È sufficiente ricordare che in aria il coefficiente di diffusività del metano è di circa $2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, diversi ordini di grandezza maggiore del valore considerato per la roccia. Pertanto all'aumen-

tare della concentrazione del metano nei vuoti del marino si instaura un nuovo processo di diffusione significativamente più veloce del primo. Questo fenomeno si somma al galleggiamento del metano in aria. Il flusso di metano che migra dai vuoti del marino verso l'alto è quindi considerevolmente maggiore rispetto alla migrazione del gas dall'interno dei blocchi verso i vuoti del marino. Pertanto, in questo tipo di roccia, solo una modesta quantità di metano rimarrà intrappolata nei vuoti del marino, mentre la gran parte sarà immessa in atmosfera durante la sua movimentazione (carico, scarico, tragitto). Tale osservazione è supportata anche dai dati sperimentali, ottenuti in altre gallerie in ammassi rocciosi simili a quelli interessati dalla Galleria di Base e caratterizzati dalla presenza di metano accertata da misure di concentrazione di metano all'intorno del cavo ed, in parte, all'interno del cumulo di marino.

Analogo ragionamento può essere speso per la valutazione delle emissioni durante il caricamento del marino stoccato, in cui la quantità di metano sarà minore di quella calcolata per il cumulo di marino al fronte. Il metano che rimane nel cumulo è una minima parte rispetto a quello rilasciato dalla roccia. Considerando infine che mediamente è previsto uno stoccaggio di circa $2000 \text{ m}^3/\text{giorno}$, che questo quantitativo rimane stoccato almeno per un giorno e che tutto il metano contenuto è rilasciato nel corso del primo giorno, con un gradiente temporale costante, si ottiene la portata di metano che si libera dal mucchio:

$$2000 \cdot 0,66 \cdot 0,15 \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 171 \text{ m}^3/\text{giorno}$$

equivalente ad un valore medio di circa $0,002 \text{ m}^3/\text{s}$ corrispondente, quando la portata della galleria è di $50 \text{ m}^3/\text{s}$, ad un tenore medio di metano in ambiente pari a circa $0,004\%$ in volume, due ordini di grandezza inferiore al limite di sensibilità delle strumentazioni utilizzate.

Nell'approccio cautelativo adottato, considerando il tipo di roccia e le modalità di scavo e di trasporto, è stato quindi possibile escludere rischi connessi ad emissioni dal marino.

7. Conclusioni

La nota ha esaminato gli aspetti progettuali e

realizzativi affrontati nell'applicazione del concetto di zonizzazione alla Galleria di Base della Variante di Valico, dove già le indagini preliminari avevano accertato la presenza di metano. Lo scavo della Galleria di Base era iniziato prima della pubblicazione della NIR "Grisù 1ª edizione" (AA.VV. 1998) e nel cantiere non era previsto alcun sistema di monitoraggio gas. Sin dalle fasi preliminari di scavo dei cunicoli esplorativi, però, alcune misure saltuarie avevano messo in evidenza emissioni di metano diffuse ed a bassa portata con, talvolta, livelli di concentrazioni e portate elevate in certe tratte.

L'applicazione delle misure contenute nella NIR 28 e, soprattutto, della soluzione "franco di sicurezza" ha permesso di scavare la galleria in completa sicurezza, con metodo a piena sezione e tecnica di scavo tradizionale, con un'ottimizzazione dei tempi di scavo e significativa riduzione dei costi di realizzazione dell'opera.

Bibliografia

- AA.VV., *Scavo di gallerie in terreni grisutosi: standard di sicurezza. DPR 320/56 Capo X. Grisù 1ª edizione*, Nota Interregionale n° 1, Prot. n. 15267/PRC del 20/04/1998, 1998.
- AA.VV., *Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù 3ª edizione*, Nota Interregionale n° 28, Prot. n. ass/PRC/05/1141 del 13/01/2005, 2005.
- Berry, P., Sammarco, O., *Atmospheric Contaminants in the Niccioleta Mine*, Atti di 24th Int. Conf. of Safety in Mines Research Institutes, Donetsk (USSR), 1991, Vol. I, 107 – 118.
- Berry, P., Patrucco, M., Sammarco, O., De Virgilio, F., *The Emission of Fumes from Blasted Rock in Underground Mines: A Case Study in Italy*, Atti di 2nd Int. Conf. on Occupational Health and Safety in the Minerals Industries "MINESA-FE Int.", Perth (Western Australia), 1993, 47 – 52.
- Berry, P., Dantini, E.M., Martelli, F., Sciotti, M., *Emissioni di metano durante lo scavo di gallerie*, Quarry and Construction, 2000, anno XXXVIII, n° 1, 37 – 64.
- Berry, P., Dantini, E.M., *Zonizzazione della galleria in relazione al rischio metano*, Atti di 2° Workshop su Scavi in sotterraneo a rischio metano, Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna, 2001.
- Dantini, E.M., Colaiori, M., Lisardi, A., Vizzino, D., *Rischio d'innescio del grisou a causa di "scintille" od urti in galleria*, Quarry and Construction, 2000, anno XXXVIII, (7-8).
- D.P.R. 126/1998, *Regolamento recante norme per l'attuazione della direttiva 94/9/CE in materia di apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva* (comunemente detto ATEX 4).
- Edward, J.S., Wittaker, B.N., Durucan, S., *Methane hazard in Tunnelling operations*, Atti di Tunnelling '88, I.M.M., 1988, 97 – 110.
- Hürlimann, M.D., Flaum, M., Venkataraman, L., Flaum, C., Freedman, R., Hirasakib, G.J., *Diffusion-relaxation distribution functions of sedimentary rocks in different saturation states*, Magn Reson Imaging, 2003, 21, 305 – 310.
- Krooss, B.M., *Experimental investigation of the molecular migration of C1-C6 hydrocarbons: Kinetics of hydrocarbon release from source rocks*, Organic Geochemistry, 1988, 13, 513 – 523.
- Park, D.S., Kim, J.U., Cho, H., Kim, E.S., *Considerations on the Temperature Distribution and Gradient in the Filter During Regeneration in Burner Type Diesel Particulate Trap System (II)*, SAE 980188, 1998.
- Pontikakis, G., *Modeling, Reaction Schemes and Kinetic Parameter Estimation in Automotive Catalytic Converters and Diesel Particulate Filters*, PhD Thesis, University of Thessaly, 2003.
- Rossi, F., *Cantieri VAV – la Galleria di Base*, Atti Workshop Nazionale NIR 2013, Note Interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie, Università di Bologna, 4 – 5 Luglio 2013
- Sanguedolce, A., Ranalli, M., Yamamura, N., Punke, A., *Fiat-Gm Powertrain Development of Exhaust System with Catalysed Particulate Filter for Diesel Passenger Car Applications*, Atti di International Symposium on Diesel Engine: the nox & pm emissions challenge, ATA Congress, 13-14-15 Ottobre 2004, Monopoli (Bari), 2004.
- Stratakis, G., *Experimental Investigation of Catalytic Soot Oxidation and Pressure Drop Characteristics in Wall-Flow Diesel Particulate Filters*, PhD Thesis, University of Thessaly, 2004.
- UNI EN 1834-2, *Motori alternativi a combustione interna. Requisiti di sicurezza per la progettazione e la costruzione di motori per l'utilizzo*

in atmosfere potenzialmente esplosive. Motori del gruppo I per l'utilizzo in lavori sotterranei in atmosfere grisucose con o senza polveri infiammabili, 2001.

SVILUPPO DEL PROGETTO ESECUTIVO DI COMPLETAMENTO DELLA GALLERIA LERCARA SULLA TRATTA PALERMO - AGRIGENTO.

Pigorini, A., Ricci, M.

Italferr, Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane

Abstract

Nell'ambito del progetto di velocizzazione della linea ferroviaria Palermo-Agrigento, Italferr si è recentemente occupata della progettazione esecutiva di riappalto per i lavori di completamento degli scavi della galleria Lercara. Si tratta di una galleria a semplice binario, lunga 2,8 km, di cui restano da scavare circa 800 m all'interno della Formazione di San Cipirello (Miocene), in cui non è da escludere la presenza di gas tossici/esplosivi.

Tale problematica era già nota nel primo appalto e per questo, durante le fasi di avanzamento degli scavi già eseguiti, è stata condotta una sistematica attività di monitoraggio dell'eventuale presenza di gas. Sui 2 km di galleria realizzati, il monitoraggio ha evidenziato un solo rilievo positivo di SO₂ (Giugno 2009) in seguito al quale il Corpo Regionale delle Miniere, secondo il Regolamento di Polizia Mineraria (DPRS 15/07/1958) ha disposto l'interruzione dei lavori, subordinandone la ripresa all'adeguamento dell'intero cantiere con impianti, macchine ed attrezzature di tipo idoneo a funzionare in atmosfera esplosiva.

Per il progetto esecutivo di riappalto si è ritenuto indispensabile considerare dei riferimenti più aggiornati rispetto al Regolamento di Polizia Mineraria e alle Norme di Polizia Mineraria (Legge Regionale N° 23 del 4/4/1956), che nella regione Sicilia integrano la normativa di riferimento, ma sono norme da considerare ormai anacronistiche ed inadeguate, essendo basate su una semplice valutazione on/off della presenza di metano.

Nello specifico si è fatto riferimento alla Nota Interregionale "Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi – Grisù 3a edizione", emanata dalle Regioni Emilia Romagna e Toscana che, recependo le più recenti normative tecniche di riferimento sul tema della prevenzione e protezione in ambienti con atmosfere esplosive, definisce diverse classi di rischio di afflussi di grisù, con correlate misure di sicurezza da adottarsi in fase di scavo.

Per la valutazione del rischio gas in galleria è stata condotta un'estesa campagna di indagine che ha riguardato: l'analisi di dati storici e bibliografici della zona; approfondimenti geologici e geotecnici sulla formazione interessata; campagne di monitoraggio sia esterno, mediante sondaggi da piano campagna, sia in galleria nelle tratte già scavate.

In funzione della categoria di rischio individuato è stato quindi possibile progettare le correlate misure di sicurezza da adottare in fase di scavo in termini di impianti, macchine, attrezzature, procedure ecc.

1. Inquadramento

Il progetto di velocizzazione della linea Palermo-Agrigento (Fig. 1) prevede l'abbandono dell'attuale collegamento ferroviario fra le due stazioni di Roccapalumba e Cammarata, l'utilizzo di un primo tratto della linea per Caltanissetta fra Roccapalumba e Marcatobianco, e la realizzazione di un nuovo tratto di linea, denominato Variante 2.1 "Lercara", di collegamento con la linea per

Agrigento.

Nell'ambito di questo nuovo tratto di linea, lungo 6,3 km, è prevista la realizzazione della galleria Lercara, che ha una lunghezza complessiva di 2,8 km (2,5 km di galleria naturale, con brevi tratti in galleria artificiale in prossimità degli imbocchi). Dell'intera galleria ad oggi risultano scavati 1,5 km lato Palermo, e 0,5 km lato Agrigento; resta da completare lo scavo del tratto centrale, lungo circa 800 m.

La massima copertura sulla galleria è di circa 145 m, poco oltre il fronte di ripartenza lato Palermo; in corrispondenza del fronte di ripartenza lato Agrigento invece la copertura è pari a circa 30 m (Fig. 2).

La quasi totalità del nuovo tratto di galleria da scavare si sviluppa all'interno della formazione di San Cipirello (PMA). Fa eccezione un breve tratto di circa 50 m, in corrispondenza della ripartenza degli scavi lato Agrigento, che si sviluppa all'interno della formazione Terravecchia (FTA/FTAS).

La formazione di San Cipirello è una sequenza costituita da argille, argille sabbiose e argille marnose di colore grigio-verde, fossilifere, con passaggi a sabbie argillose grigio-verdastre, ben addensate, fossilifere, e con intercalati livelli arenacei variamente cementati di spessore da decimetrico a metrico.

Tale formazione è caratterizzata da un grado di permeabilità molto basso o nullo, come peraltro confermato dalle evidenze di campo durante lo scavo della galleria della tratta già eseguita, e soprattutto dalle attuali condizioni del fronte di scavo lato Palermo, che dopo un fermo dei lavori di diversi anni risulta praticamente asciutto.

La Formazione Terravecchia nel tratto in oggetto si presenta con due litofacies: quella prevalentemente argillosa (FTA), costituita da argilla e argilla sabbiosa di colore grigio-verde, a tratti a consistenza marnosa, con intercalati sottili livelli di sabbia di colore grigio variamente addensata, e quella arenaceo-sabbiosa (FTAS) costituita da sabbie e arenarie, di colore da giallastro a grigio, con intercalate lenti conglomeratiche, ben stratificate, con subordinati sottili livelli argilloso-sab-

biosi. Il passaggio fra un litotipo e l'altro non è comunque nettamente individuabile e sono frequenti le alternanze.

In questo caso, il grado di permeabilità dei terreni può risultare molto variabile; ad oggi è comunque significativa la presenza d'acqua riscontrata in corrispondenza dell'attuale fronte di scavo lato Agrigento.



Fig. 1 – Linea Palermo-Agrigento. Inquadramento generale.

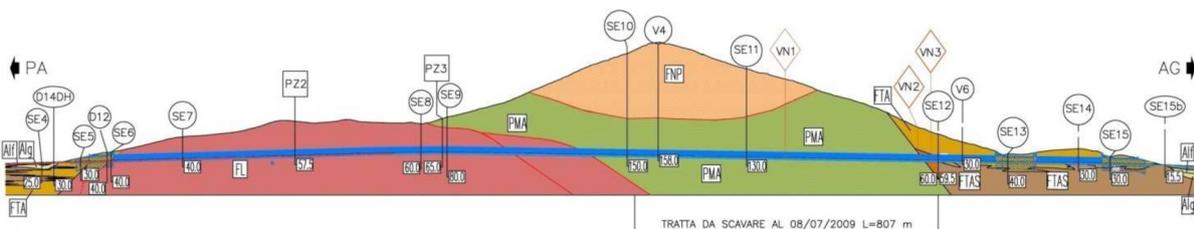


Fig. 2 – Galleria Lercara. Profilo geotecnico.

2. Le sezioni tipo di scavo e consolidamento

Per i lavori di completamento della galleria si utilizzerà la tecnica dello scavo in tradizionale

mediante avanzamenti a piena sezione per sfondi di 1 m, seguiti dalla posa del pre-rivestimento. In funzione delle attese caratteristiche geotecniche dell'ammasso e delle condizioni di copertura, so-

no state definite 5 diverse sezioni tipo di scavo denominate B1v, B2, B3v, C2p e C2bis.

Secondo i principi ispiratori del metodo ADe-CoRS, alla base della filosofia progettuale adottata, per ciascuna sezione tipo sono previsti opportuni interventi di pre-consolidamento del fronte e del contorno mediante elementi strutturali in VTR, a garanzia del corretto presidio del comportamento tensio-deformativo del nucleo/fron­te di scavo, di primaria importanza ai fini della condotta in sicurezza delle operazioni di avanzamento.

Per la cementazione in foro dei VTR è previsto l'impiego di miscele espansive; per la sola sezione tipo C2bis, utilizzata come sezione di ripartenza degli scavi dai due fronti attuali, sono invece previste iniezioni di miscele cementizie a pressione e volume controllati. Le sezioni tipo B1v e B3v prevedono interventi di pre-sostegno al contorno mediante tubi metallici sub-orizzontali in calotta, e geometria di scavo a sezione tronco-conica.

Tutte le sezioni tipo prevedono l'installazione a ridosso del fronte di un rivestimento provvisorio in spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche (anche in arco rovescio per le sezioni C2p e C2bis) ed infine il getto dei rivestimenti definitivi in calcestruzzo armato a distanze prestabilite dal fronte.

3. Elementi per la valutazione del rischio gas

La valutazione del rischio connesso al potenziale rinvenimento di manifestazioni gassose in sotterraneo durante lo scavo della rimanente tratta della galleria Lercara, finalizzata alla relativa classificazione secondo la nota interregionale "Grisu' 3a edizione" per il progetto esecutivo di riappalto, è stata condotta considerando molteplici aspetti, come di seguito descritto. Oltre il metano (CH₄), l'analisi è stata estesa anche ad altri gas tossici/esplosivi (CO, CO₂, H₂S, SO₂, NO).

3.1 Monitoraggi eseguiti durante lo scavo delle tratte già realizzate

Durante i lavori di scavo del primo appalto venivano eseguiti monitoraggi sistematici di gas in ambiente (CO, H₂S, SO₂, O₂, e CH₄); le schede di rilevazione rese disponibili coprono un periodo

compreso tra il 2007 ed il 2009. I valori rilevati sono sempre stati ampiamente al di sotto dei limiti previsti; in particolare, relativamente al gas metano, non sono mai stati rilevati valori di concentrazione superiori alla sensibilità della strumentazione adottata (0,05% in volume, pari a circa 1/100 del limite inferiore di esplosività).

L'unico episodio occorso, come già accennato, è quello di Giugno 2009, quando nel corso dei lavori di consolidamento in avanzamento, in corrispondenza dell'attuale posizione del fronte di scavo lato Palermo, è stata rilevata una significativa venuta di SO₂. A pochi giorni di distanza, sospesi i lavori di scavo e in generale le lavorazioni all'interno della galleria, nuove misure hanno rilevato concentrazioni di SO₂ rientrate nella norma.

3.2 Dati storici e bibliografici

Informazioni di carattere bibliografico riportano della possibile presenza di gas all'interno delle sequenze prevalentemente sabbiose o arenacee della Formazione di San Cipirello e nella Formazione di Terravecchia.

In letteratura, alcuni autori le definiscono rocce con caratteristiche naftogeniche; altri le descrivono come potenziali sedi di trappole di idrocarburo collegate idraulicamente mediante faglie profonde, con teorici serbatoi presenti a profondità maggiori. Tutti concordano comunque sulla potenziale presenza di metano al loro interno. L'eventuale presenza di anticlinali o la presenza di formazioni permeabili confinate tra altre impermeabili, possono in ogni caso essere considerate come potenziali trappole di idrocarburo.

In Fig. 3, su immagine satellitare, è sintetizzata la mappa delle manifestazioni di metano censite nelle province di Palermo, Agrigento e Caltanissetta. I pallini rossi rappresentano manifestazioni di gas riscontrate sul terreno o durante scavi anche di modeste profondità, pozzi di estrazione di metano, miniere in cui sono avvenuti incidenti correlati a emissioni di gas.

La segnalazione documentata più prossima all'area in cui è situata la galleria è la zona denominata Salsa di Lercara (a circa 4 km), in cui sono presenti emissioni di metano da vulcanetti di salsa e fango.



Fig. 3 – Mappa delle manifestazioni gassose (punti rossi) nelle province di Palermo, Agrigento e Caltanissetta ed ubicazione della galleria Lercara (punti e linea blu).

3.3 Nuova campagna di indagini e monitoraggio

Per l'acquisizione di ulteriori elementi di diagnosi in merito al rischio gas è stata effettuata una nuova campagna di indagini e monitoraggio che ha previsto l'esecuzione di: tre sondaggi da piano campagna con misure e rilievi sia in fase di perforazione che a sondaggi finiti; misure in ambiente all'interno delle tratte di galleria già scavate.

Al di là delle informazioni desumibili dai sondaggi, certamente preziose ma comunque puntuali, è importante sottolineare il fatto che il più importante elemento di indagine disponibile per avere informazioni a scala reale è costituito dalla galleria stessa.

La mancanza di ventilazione (naturale e forzata) in galleria per lungo tempo, conseguente al prolungato fermo delle attività di avanzamento, assicura che a seguito di eventuali venute di gas, anche minime (attribuibili al tratto non rivestito in prossimità del fronte di scavo od al circuito di drenaggio nelle tratte complete di rivestimento definitivo), possano nel tempo essersi determinati accumuli in punti particolari del sotterraneo, facilmente rilevabili.

3.4 Sondaggi da piano campagna

Sono stati eseguiti tre nuovi sondaggi geognostici a carotaggio continuo da piano campagna, in

asse al tracciato, denominati VN1, VN2 e VN3 (Fig. 2), attrezzati con tubi piezometrici finestrati al livello della galleria. Il primo, profondo 110 m, è stato ubicato in posizione intermedia tra i due attuali fronti di scavo; gli altri due, profondi rispettivamente 50 e 45 m, sono stati ubicati in prossimità dell'attuale fronte di scavo lato Agrigento, nella zona in cui è atteso il contatto stratigrafico tra le formazioni di San Cipirello e Terravecchia.

Durante la fase di perforazione è stato eseguito il monitoraggio delle concentrazioni di gas (CH_4 , SO_2 , CO , CO_2 , H_2S , O_2) a bocca-foro con esplosimetro manuale, con misure effettuate ogni 5-10 m per il sondaggio VN1 e ogni 3 m per i sondaggi VN2 e VN3.

Le misure effettuate hanno rilevato concentrazioni di metano superiori allo zero strumentale nel sondaggio VN1 fino a 30 m di profondità (Tabella 1). Tutte le altre misure hanno rilevato sempre valori di concentrazione inferiori ai limiti di sensibilità della strumentazione utilizzata.

Inoltre sono stati eseguiti campionamenti dal fluido di perforazione da sottoporre a prove di laboratorio per la ricerca di eventuali gas disciolti sia in fase di perforazione, sia a sondaggi ultimati. I prelievi sono stati eseguiti con Bailer monouso in materiale sintetico collegato ad un sistema di funi per il recupero del campionario. Le acque prelevate sono state inserite in bottiglie in vetro oscurato chiuse e sigillate ermeticamente.

Le analisi di laboratorio (Tabella 2) hanno evidenziato presenza di gas disciolti sia nei campioni prelevati in fase di perforazione, sia in quelli eseguiti a piezometri installati, confermando la presenza di gas metano nei primi 25 m circa di perforazione del sondaggio VN1 ed evidenziando anche tracce di SO_2 e di H_2S .

Dai valori riportati in tabella si può osservare come le concentrazioni di gas rilevate nei campioni prelevati in fase di perforazione, e quindi con circolazione di fluido, siano sempre molto basse rispetto ai limiti di solubilità. Le concentrazioni più alte, rilevate nei campioni prelevati a sondaggi ultimati, sono attribuibili al fatto che in questo caso il fluido di perforazione può considerarsi in quiete, ed il passaggio in soluzione dei gas è favorito dal tempo di persistenza del fluido all'interno del foro.

Tabella 1 - Misure a boccaforo con esplosimetro manuale in fase di perforazione, sondaggio VN1.

Quota	SO ₂ (ppm)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	CO (ppm)	H ₂ S (ppm)	O ₂ (vol%)
10	1	65	0	50	2	20,7
17	2	42	0	30	0	20,2
20	2	86	0	12	0	10,9
25	1	40	0	0	0	20,8
30	0	8	0	0	0	20,9
35	0	0	0	5	0	20,6
40	0	0	0	0	0	20,4
45	0	0	0	0	0	20,6
50	0	0	0	0	0	20,4
55	0	0	0	0	0	20,9
60	0	0	0	0	0	20,6
65	0	0	0	0	0	20,8
75	0	0	0	0	0	20,6
80	0	0	0	0	0	20,6
90	0	0	0	0	0	20,9
100	0	0	0	0	0	20,8
110	0	0	0	0	0	20,8

Tabella 2 – Prove di laboratorio per gas disciolti su prelievi eseguiti in fase di perforazione e a sondaggi ultimati. A lato di ogni misura di concentrazione è riportata la relativa percentuale di saturazione rispetto al limite di solubilità in condizioni standard.

Campione	CH ₄		SO ₂		H ₂ S		O ₂		CO	
	Conc. (µg/l)	Sat. (%)	Conc. (mg/l)	Sat. (%)	Conc. (mg/l)	Sat. (%)	Conc. (mg/l)	Sat. (%)	Conc. (mg/l)	Sat. (%)
VN1-10m	4	0,02	26	0,023	<0,05	<0,01	0,70	7,8	0.0	-
VN1-20m	82	0,34	32	0,029	<0,05	<0,01	1,15	12,8	0.0	-
VN1-30m	12	0,05	38	0,034	<0,05	<0,01	0,90	10.0	0.0	-
VN1-40m	2	0,01	32	0,029	0,35	0,009	1,11	12,3	0.0	-
VN1-50m	2	0,01	28	0,025	0,42	0,011	0,82	9,1	0.0	-
VN1-60m	229	0,95	30	0,027	0,63	0,016	0,65	7,2	0.0	-
VN2-12m	4	0,02	26	0,023	0,07	0,002	0,54	6,0	0.0	-
VN3-9m	7	0,03	29	0,026	<0,05	<0,01	1,22	13,6	0.0	-
VN1-1-finale	3860	16,1	43	0,039	1,78	0,045	2,15	23,9	0.0	-
VN1-2-finale	2320	9,67	45	0,040	1,82	0,046	2,28	25,3	0.0	-
VN2-finale	210	0,88	32	0,029	<0,05	<0,01	0,38	4,2	0.0	-
VN3-finale	290	1,21	32	0,029	<0,05	<0,01	1,32	14,7	0.0	-

Si segnala infine che durante l'esecuzione dei sondaggi non si sono mai avuti fenomeni di eruzione del foro, ribollimento del fluido di perforazione o scuotimento delle aste, tipici di quando vengono intercettate sacche di gas in pressione.

3.5 Misure in galleria

Nel tratto di galleria già scavata sono state eseguite misure ogni 25 m circa (pari al passo

longitudinale delle nicchie) a partire dagli imbocchi e fino ai due fronti di scavo. Per ciascuna zona di misura sono stati effettuati rilievi in ambiente e in tutte le possibili zone di accumulo, ovvero (Fig. 4):

1. al piano di calpestio;
2. ad altezza uomo (2 m dal piano di calpestio);
3. in calotta;
4. nella nicchia;
5. nei pozzetti e nei tubi di drenaggio.

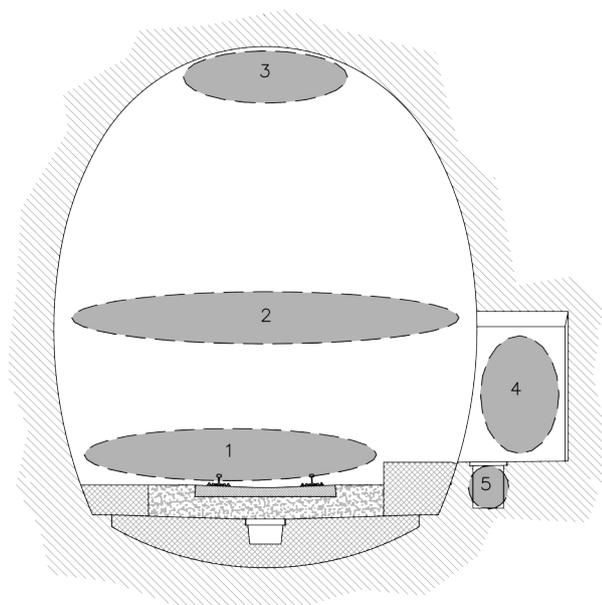


Fig. 4 – Rappresentazione schematica delle diverse zone oggetto di misura per ciascuna sezione di rilievo.

Tutte le misure sono state riportate su un modulo di rilievo riportante data, ora, progressiva e posizione della misura eseguita.

I dati relativi a questa campagna di monitoraggio hanno messo in evidenza l'assenza di concentrazioni pericolose di gas nel sotterraneo; in particolare, è stato possibile concludere che i parametri ambientali trovati in galleria sono equiparabili alle condizioni ambientali esterne in aperta campagna.

4. Classificazione del rischio

Per il completamento della galleria Lercara, considerata l'analisi geologica, geotecnica e geomeccanica dell'ammasso interessato dallo scavo, la mole di dati bibliografici e di letteratura esaminati, le informazioni ed i dati ereditati dal primo appalto e quelli acquisiti con le nuove indagini effettuate, è stato possibile concludere che sono possibili venute di gas in galleria, in particolare metano, ma discontinue e poco frequenti (quindi tali da far ritenere l'emissione eccezionale). Con riferimento alla NIR 28, il tratto di galleria ancora da scavare è stato definito di classe 1C.

5. Principali approntamenti di sicurezza per la galleria Lercara

Definita la classe di rischio attesa, nei successivi paragrafi sono descritti i principali appronta-

menti di sicurezza previsti per il completamento dello scavo della galleria Lercara rispetto alla potenziale presenza di metano (ed altri gas tossici/esplosivi). In particolare, si pone l'attenzione sul sistema di monitoraggio per l'individuazione dei gas nell'ambiente di lavoro, sulle relative soglie di allarme e le procedure ad esse associate, ed infine sulle caratteristiche dei mezzi e delle attrezzature che potranno essere impiegate in cantiere.

5.1 Architettura del sistema di monitoraggio

Al fine di soddisfare ed integrare quanto previsto dalla NIR 28 (Grisù 3^a edizione), il sistema di monitoraggio dovrà essere costituito da:

- un impianto di monitoraggio automatico per la registrazione in continuo dei tenori di gas metano in atmosfera in prossimità del fronte di scavo;
- un monitoraggio manuale finalizzato a coadiuvare quello automatico per il gas metano e contestualmente eseguire il monitoraggio degli altri gas, sia in ambiente ed in zone di possibile accumulo, sia all'interno dei fori di prospezione in avanzamento (cfr §5.2) e durante l'intera fase di consolidamento del fronte.

5.2 Prospezioni dedicate alla ricerca dei gas

Di primaria importanza nella gestione del rischio è la fase di prospezione per la ricerca dei gas, che dovrà essere eseguita prima di dare il via a qualsiasi altra lavorazione non eseguita in assetto antideflagrante.

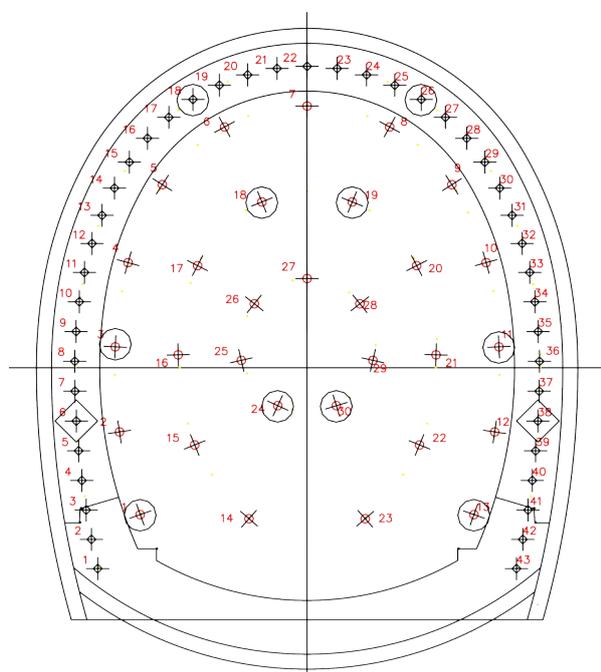
Per ogni campo di avanzamento della galleria, è necessario prevedere una serie di fori sul fronte per indagare una porzione dell'ammasso sufficiente ad escludere che quel campo di scavo possa mettere in comunicazione la galleria con strutture permeate di metano o altri gas.

Per ciascuna delle sezioni tipo di scavo e consolidamento previste in progetto (cfr §2), i fori necessari per la fase di prospezione sono stati individuati nell'ambito di quelli già previsti per il consolidamento del fronte, da realizzare sistematicamente ad ogni campo di scavo, vale a dire ogni 8-10 m di avanzamento. In Fig. 5, a scopo esemplificativo, è mostrato lo schema di prospezione definito per la sezione tipo C2p.

La prospezione è stata realizzata in due fasi:

- 1^a fase: ricerca di gas per emissioni a pressione.

Eventuali invasioni massicce di gas in atmosfera, saranno misurate in ambiente mediante la strumentazione fissa e manuale. Se possibile, mediante misure a bocca-foro si dovranno ottenere parametri utili alla stima della modalità di emissione, ad esempio, con misure di velocità di efflusso del gas. In ogni caso è probabile che le stesse perforazioni di prospezione, eventualmente con l'ausilio di altri fori, siano sufficienti a determinare un avanzato drenaggio della venuta di gas.



PERFORAZIONE PER PROSPEZIONE GAS AL FRONTE
(TOTALE 10 FORI)



PERFORAZIONE PER PROSPEZIONE GAS NICCHIA
(1 SOLO FORO LATO NICCHIA)

Fig. 5 – Fori per prospezione gas. Sezione tipo C2p.

- 2^a fase: ricerca di gas per emissione a diffusione.

Dovranno essere effettuate misure all'interno dei fori per ottenere dati sulla eventuale concentrazione del gas sia relativamente alla profondità, sia in funzione del tempo. L'analisi dei risultati dovrà consentire l'individuazione di eventuali zone sedi di possibili accumuli e/o possibili vie di risalita del metano ed una stima quantitativa della potenziale emissione massima di metano per unità di nuova superficie di scavo e per unità di tempo.

Se i risultati dei monitoraggi eseguiti nelle prime due fasi portano ad escludere il rischio di emissioni massicce ed improvvise di gas, ha inizio la terza fase, nella quale tutta la galleria rientra in assetto standard.

5.3 Stati di allarme e di abbandono della galleria

In Tabella 3 sono riportate, per i gas considerati, le concentrazioni limite associate al sistema di monitoraggio.

Il raggiungimento di questi limiti deve dare inizio alle procedure di sicurezza ad essi dedicate.

Se i tenori di gas in atmosfera raggiungono la concentrazione di preallarme è necessario verificare immediatamente l'affidabilità della misura, verificare le dimensioni del fenomeno, ed eventualmente dare attuazione alle specifiche procedure stabilite dal Responsabile del Monitoraggio. Se le concentrazioni raggiungono i limiti di allarme si deve dare corso alle procedure per l'abbandono del sotterraneo.

Il sistema di allarme che segnala la presenza di gas deve entrare in funzione sia automaticamente, quando uno qualsiasi dei rilevatori di metano in posizione fissa misura i valori limite delle concentrazioni in atmosfera, sia manualmente, quando tali concentrazioni vengono rilevate con strumentazione portatile.

Tabella 3 – Concentrazioni limite dei gas in galleria.

Limiti	Metano (CH ₄)	Anidride solforosa (SO ₂)	Acido solfidrico (H ₂ S)	Monossido di carbonio (CO)	Anidride carbonica (CO ₂)
Preallarme	0,15 % in Vol.	2 ppm	10 ppm	25 ppm	5000 ppm
Allarme	0,35 % in Vol.	5 ppm	50 ppm	50 ppm	30000 ppm

L'attivazione del sistema di allarme e la condizione di abbandono della galleria devono essere segnalate con allarmi acustici e luminosi; a tale scopo, lungo lo sviluppo della galleria, devono essere ubicati opportuni sistemi di ripetizione del segnale ogni 500 m. Inoltre, i valori limite delle concentrazioni di metano 0%, 0,15% e 0,35%, devono corrispondere a tre diversi colori di un semaforo ubicato all'imbocco della galleria.

5.4 Impianti, macchine e attrezzature

Durante la fase di prospezione gas al fronte, essendo possibile la presenza del gas metano, è prevista una zona estesa per 500 m a partire dal fronte, nella quale tutte le attività devono svolgersi in assetto antideflagrante, vale a dire che tutte le macchine operatrici e gli impianti funzionanti devono essere di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva.

Ad esempio, in prossimità del fronte devono essere presenti un'arca di salvataggio ed un veicolo per l'immediata evacuazione del personale nelle situazioni di crisi, idonei a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva.

Altre attrezzature, come ad esempio il cassero per i getti di calotta, possono essere previste sia in assetto ordinario che antideflagrante. Nel primo caso però, non possono essere utilizzate durante la fase di prospezione o nel caso si manifesti presenza di metano.

Gli impianti possono essere ordinari, con esclusione degli impianti elettrici relativi ai servizi di sicurezza (quali l'impianto di ventilazione, il sistema di monitoraggio, l'illuminazione di sicurezza, l'impianto di comunicazione interno/esterno, ecc.), che devono essere in versione antideflagrante.

Al raggiungimento della concentrazione di metano dello 0,35% in volume il sistema di monitoraggio prevede la messa fuori tensione automatica (e manuale) degli impianti elettrici non idonei a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva.

Al raggiungimento della concentrazione di metano pari al 5% in volume, anche l'impiantistica elettrica di sicurezza deve essere messa automaticamente fuori tensione.

In effetti, impianti e macchine di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva,

si intendono appartenenti al gruppo I, categoria M2 (UNI EN 1834-2), cioè in grado di lavorare con concentrazioni di gas in atmosfera comunque al di fuori del campo di esplosività della miscela metano-aria (5-15% circa in volume).

Nelle gallerie a rischio gas, deve infatti essere perseguito il principio di prevenzione basilare di non far coesistere, nello spazio e nel tempo, in presenza di persone, un'atmosfera esplosiva per una significativa durata di tempo con un qualsiasi tipo di innesco.

In tal senso, va sottolineato anche il fatto che la soglia di allarme per metano fissata pari allo 0,35%, che corrisponde a 1/14 del limite inferiore di esplosività, significa che le procedure di abbandono del sotterraneo vengono attivate ben prima del raggiungimento di una reale concentrazione di pericolo.

6. Conclusioni

Per il progetto esecutivo di riappalto dei lavori di completamento della galleria Lercara si è fatto riferimento alla NIR "grisù 3^a edizione", superando le logiche datate del Regolamento di Polizia Mineraria (DPRS 15/07/1958) e delle Norme di Polizia Mineraria (Legge Regionale N° 23 del 4/4/1956) che nella Regione Sicilia integrano la normativa di riferimento sul tema della prevenzione e protezione in ambienti con atmosfere esplosive.

In base a tali norme, ed in seguito ad un unico ed isolato rilievo positivo di SO₂, il Corpo Regionale delle Miniere aveva disposto l'interruzione dei lavori di scavo della galleria Lercara, subordinandone la ripresa all'adeguamento dell'intero cantiere con impianti, macchine ed attrezzature antideflagranti.

L'applicazione della NIR, a seguito di un'accurata campagna di indagini, ha permesso di definire la categoria di rischio gas atteso per la fase di scavo, ed ha consentito di razionalizzare le misure di sicurezza da adottare in fase di scavo in termini di impianti, macchine, attrezzature e procedure, ottimizzandone i costi.

Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare va a Collins Srl per la professionale e competente collaborazione.

**CANTIERI VAV.
LA GALLERIA DI BASE.**

Rossi, F.

Todini Costruzioni Generali SpA

Abstract

Lo scavo in formazioni grisuose della Galleria di Base del progetto VAV ha posto numerosi problemi associati all'ottimizzazione del ciclo produttivo ed alla gestione della sicurezza. In questa memoria sono esposti alcuni degli aspetti più significativi che hanno visto applicazioni particolari delle NIR.

Per assicurare la ventilazione dei cunicoli pilota, realizzati per 4 km dall'imbocco Bologna e circa 1 km dall'imbocco Firenze in cui erano presenti emissioni storiche di metano, è stato progettato e realizzato un complesso circuito di ventilazione. Utilizzando i by-pass che si innestavano dalla carreggiata più avanzata sul cunicolo dell'altra carreggiata ed attraverso un canale di comunicazione realizzato fra i due cunicoli, si è raggiunto l'obiettivo di ventilare con continuità tutto il sotterraneo evitando di fare fluire le miscele aria – metano provenienti dai cunicoli verso i cantieri di scavo.

L'adozione di una zonizzazione del sotterraneo ha permesso di condurre lo scavo, a partire da Imbocco Discenderia, contemporaneamente su quattro fronti di avanzamento in classe 2, adottando un sistema di smarino misto, con mezzi antideflagranti nelle gallerie delle due carreggiate e standard attraverso la finestra (900m con pendenza del'8.4%). Insieme con l'ottimizzazione del ciclo produttivo, si è ottenuta la minimizzazione della circolazione dei mezzi in discenderia e dei costi di gestione e manutenzione dei mezzi antideflagranti, con significative ricadute in termini di sicurezza dei lavoratori.

L'avanzamento dei fronti è stato eseguito mantenendo uno sfalsamento di circa 500 m, anche per ottenere una valutazione preventiva della natura geologica/geotecnica della canna arretrata e la possibile presenza di gisou, riducendone pertanto i rischi inerenti le lavorazioni.

Durante l'avanzamento, l'apertura dei by-pass ha consentito la definizione ottimale dei percorsi dei mezzi che raggiungevano il fronte, riducendo il rischio connesso al transito nelle aree dedicate alle attività complementari di galleria.

1. La Galleria di Base

La Galleria di Base si sviluppa per circa 8,5 km con un accesso laterale, la cosiddetta "Discenderia", di circa 800 m. I fronti di avanzamento complessivamente sviluppati sono otto. Dal lato Badia, da discenderia e da Poggiolino, è stato impegnato un gruppo di scavo per ogni canna, la squadra ha eseguito le attività alternandosi sulle canne nord e sud (modalità "a tamburello").

Al momento della consegna dei lavori la Galleria di Base presentava problematiche di elevata complessità. Lo scavo dei cunicoli pilota, realizzati nelle due canne partendo dagli imbocchi Bologna e Firenze, erano stati interrotti per emissioni continuative di metano con andamento costante nel tempo. Questo fatto rendeva

estremamente pericolosa la ripresa dell'attività di scavo e il successivo prosieguo. Lo scavo risultava così incompiuto; i due cunicoli, da imbocco Bologna, si sviluppavano per circa 4 km, mentre da imbocco Firenze per circa 1 km.

1.1 Scelte progettuali

Le soluzioni tecniche da adottare dovevano garantire il rispetto dei vincoli imposti per l'esecuzione degli scavi in sicurezza. Tali scelte dovevano, ad esempio, assicurare una velocità dell'aria all'interno dei cunicoli maggiore di 0.3 m/s, tale da garantire una adeguata movimentazione dei volumi a ridosso dei fronti, ed evitare che l'aria proveniente dai cunicoli stessi (aria con presenza di metano) attraversasse la zona di lavoro.

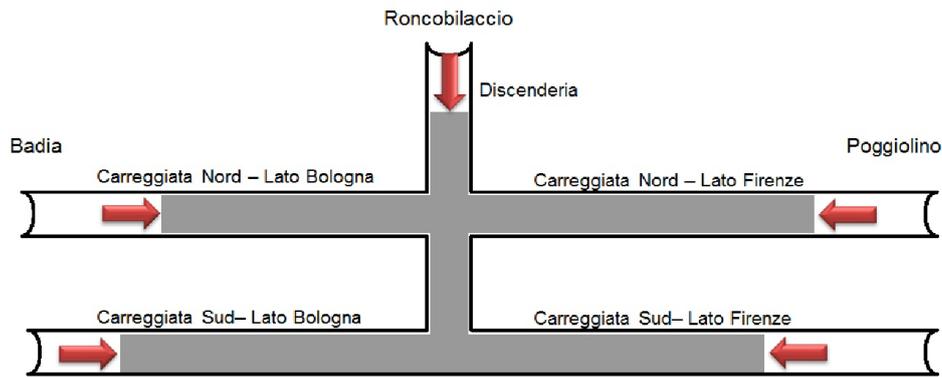


Fig. 1 – Fronti di avanzamento

Lo scenario iniziale, quando cioè l'impresa è subentrata alla precedente, presentava in ogni cunicolo un tubo di ventilazione che raggiungeva il fronte, erano cioè presenti quattro tubazioni. Dette tubazioni erano però incompatibili con l'esecuzione delle attività di allargo poiché si trovavano ad essere esposte alle conseguenze della volata. Gli effetti di sovrappressione e la proiezione di elementi dell'ammasso avrebbero distrutto i condotti pregiudicando la funzione svolta dall'impianto di ventilazione. Inoltre, anche senza tenere conto dei problemi connessi alla volata, tutte le attività da eseguirsi al fronte della galleria quali scavo, posa centine, spritz, ecc. si sarebbero dovute svolgere in presenza della tubazione che avrebbe costituito un ingombro ed anche un impedimento allo svolgimento delle lavorazioni stesse. E' questo il caso del montaggio della centina con una tubazione che interferisce con la centina stessa.

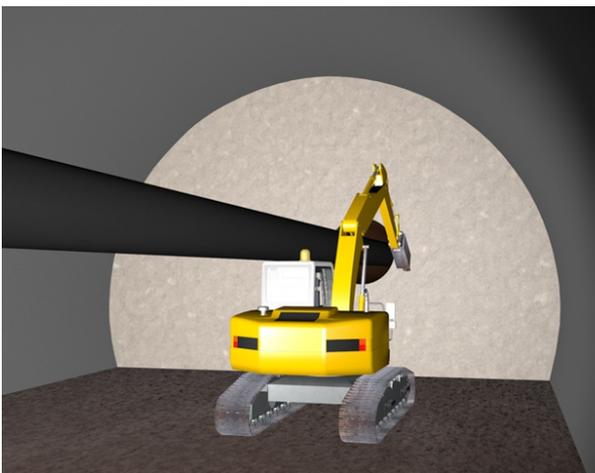


Fig. 2 – Interferenza delle attività al fronte

La prima ipotesi, più semplicistica e scontata, era quella di realizzare dei pozzi di ventilazione in aspirazione. I pozzi dovevano essere collocati

in prossimità dei fronti di avanzamento dei cunicoli esplorativi. Il primo si sarebbe dovuto trovare in prossimità del santuario della Madonna di Bocca di Rio, il secondo nelle vicinanze della frazione di Roncobilaccio. La prima collocazione presentava problematiche di natura tecnica, ambientale e culturale; infatti l'esecuzione delle attività di scavo mediante Raise Boring Machine e l'installazione di gruppi elettrogeni avrebbe provocato elevate emissioni sonore ed anche di inquinamento incompatibili con le peculiarità culturali dell'area. Per entrambe le collocazioni si presentavano problematiche di sicurezza in particolare su come effettuare lo smarino. Lo scavo dei cunicoli, di diametro pari a circa 4 m, era stato condotto con TBM e per il trasporto del marino si erano utilizzati il sistema ferroviario con treni. I binari erano stati smontati e pertanto sarebbe stato necessario utilizzare mezzi alternativi su gomma, ma a causa delle ridotte dimensioni delle gallerie sarebbe stato arduo se non impossibile garantire l'esecuzione del trasporto in sicurezza. Infine per l'esecuzione degli scavi in prossimità di Roncobilaccio, oltre ad essere in presenza di elevate coperture, bisognava attraversare terreni poco competenti.

Le scelte che sono state adottate, e che hanno permesso di raggiungere l'obiettivo, sono state quelle di realizzare un articolato sistema di ventilazione all'interno dei cunicoli esplorativi. Il sistema di ventilazione veniva adeguato e modificato in ragione dell'avanzamento dei fronti di allargo e attraverso l'ottimizzazione dei percorsi di tutto sotterraneo.

L'avanzamento dei fronti è stato eseguito mantenendo uno sfalsamento di circa 500m tra le due canne: questa modalità ha consentito di ottenere una conoscenza preventiva della natura geo-

logica/geotecnica della canna arretrata ancora da scavare oltre ad avere informazioni sulla possibile presenza di emissioni di grisù. Tutte queste conoscenze hanno permesso di ridurre i rischi durante le lavorazioni.

L'esecuzione degli scavi di by-pass pedonali,

previsti in progetto, con una sezione uguale a quella dei by-pass carrabili ha consentito l'esecuzione dello scavo degli stessi in ambienti di dimensioni maggiori con evidenti benefici in termini di sicurezza dei minatori impegnati in tale attività.



Fig. 3 – Ipotesi di realizzazione di pozzi di ventilazione in aspirazione

2 Circuito di ventilazione

La ventilazione è stata realizzata tramite due circuiti funzionalmente distinti, ma idraulicamente collegati (Figura 4).

Il circuito principale, previsto per la galleria di linea, era di tipo premente, con motori di ventilazione posti all'esterno della galleria ed un condotto floscio che seguiva con continuità il fronte di avanzamento garantendo:

- un adeguato apporto di aria in galleria;
- un adeguato lavaggio del fronte d'avanzamento;
- una velocità dell'aria in riflusso superiore a 0,3 m/s.

Il circuito di ventilazione secondario, dedicato ai cunicoli, è stato realizzato al fine di:

- assicurare una velocità dell'aria costantemente superiore a 0,3 m/s (portata di 3,6 m³/s) all'interno di entrambi i cunicoli;
- assicurare un'adeguata movimentazione dei volumi d'aria negli ultimi 50 metri dei cunicoli

e in special modo a ridosso dei fronti;

- evitare che l'aria proveniente dai cunicoli investa o attraversi la zona di lavoro al fronte della galleria a grande sezione.

Il circuito secondario è stato realizzato con modalità mista, aspirante e premente. E' costituito da tubazioni in parte rigide ed in parte flosce e da setti di sbarramento. Tale circuito doveva rispettare i seguenti vincoli:

- la zona di lavoro al fronte di allargo non doveva essere attraversata da utenze e/o attrezzature (cavi, condotte, tubazioni, ecc.);
- doveva essere completamente ispezionabile (anche per permetterne la manutenzione);
- non doveva essere condizionato dalle lavorazioni al fronte.

Ovviamente, entrambi i circuiti di ventilazione, primario e secondario, sono stati progettati per il funzionamento in atmosfere potenzialmente esplosive.

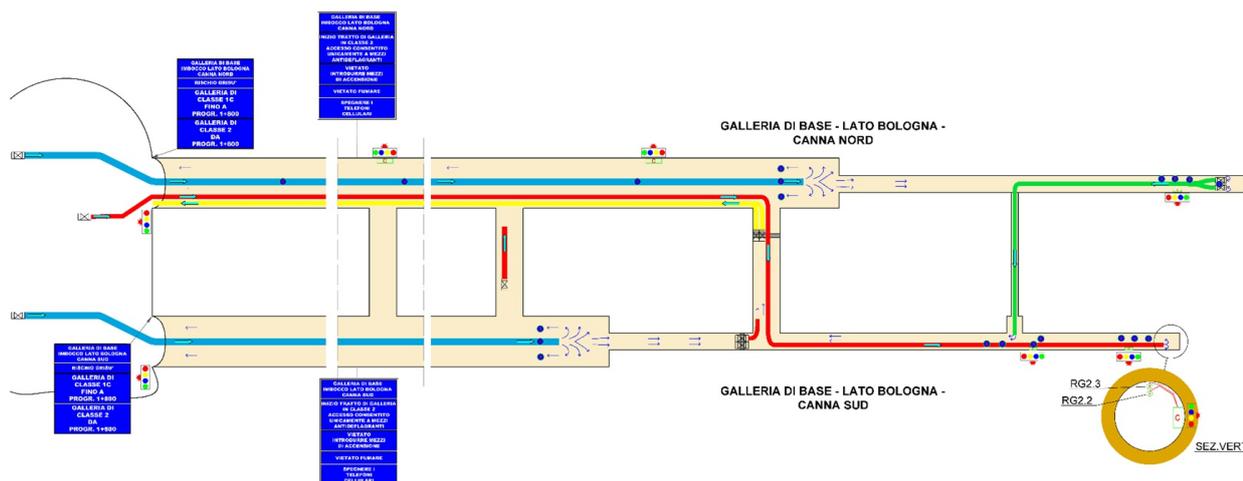


Fig. 4 – Il circuito di ventilazione adottato. Sono rappresentati: il circuito principale (in azzurro) ed il circuito secondario aspirante (in verde) e premente (in rosso).

2.1 Descrizione del circuito di ventilazione secondario

Nella figura 5 è schematicamente rappresentato il circuito di ventilazione secondario. Detto circuito utilizza per il collegamento idraulico tra i due cunicoli i by-pass carrabili (quello percorso dalle tubazioni di colore rosso e verde nella fig. 5) che erano già previsti in fase progettuale della galleria e che sono stati realizzati in fase di avanzamento dalla carreggiata Nord ed un by-pass, realizzato di volta in volta, alla progressiva più idonea in ragione della progressiva di avanzamento del fronte, dedicato a questo circuito di ventilazione (quello percorso dalla tubazione di colore giallo nella fig. 5).

In sintesi le risorse utilizzate per il circuito secondario sono state:

- due coppie di motori aspiranti al fronte del cu-

nicolo Nord;

- due coppie di motori prementi esterni per il fronte del cunicolo Sud;
- setto di ventilazione nel cunicolo Sud in prossimità del by-pass carrabile con motori;
- setto di ventilazione all’imbocco del by-pass nella carreggiata Nord con motori.

Nella progettazione e gestione di questo sistema di ventilazione secondario si è tenuto conto che vi potesse essere la necessità di intervenire in un qualsiasi punto del sotterraneo qualora si fosse formata una miscela metano – aria superiore al 4% in volume. In questo caso le direttive ATEX prevedono che l’impiantistica in esecuzione AD gruppo I-M2 debba essere sezionata, compresi quindi i motori di ventilazione interni ai cunicoli al raggiungimento del 5%.

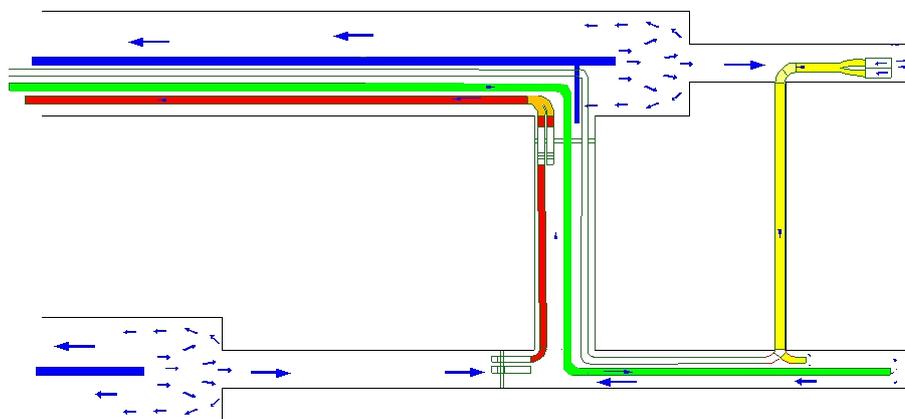


Fig. 5 – Circuito di ventilazione. Nello schema in figura (fuori scala) è rappresentato il circuito di ventilazione adottato per l’avanzamento su due fronti contemporaneamente.

2.2 Procedure di gestione e dettagli realizzativi

Per i motori posti al fronte del cunicolo Nord si sono rese necessarie le seguenti risorse:

- sistema digitale di gestione e controllo dei motori dall'esterno;
- cabina di trasformazione MT/BT posta in prossimità dei motori: Questo richiede:
- aria compressa;
- cavo elettrico della linea a 6 kV per alimentare dall'esterno la cabina di trasformazione.

Il sistema digitale adottato per la gestione ed il controllo dall'esterno si avvaleva della presenza al fronte del cunicolo della linea di trasmissione

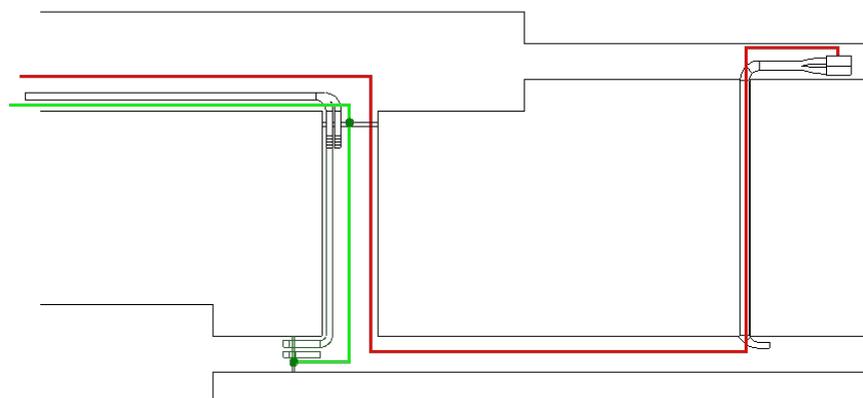


Fig. 6 – Nello schema in figura (fuori scala) sono rappresentati in rosso al fronte del cunicolo Nord: aria compressa, dupline per il controllo e la gestione dei motori, linea 6 KV in verde il circuito delle risorse necessarie ai motori posti sui setti: linea per il controllo e gestione, alimentazione.

2.3 Esecuzione della Traversa

Lo scavo della traversa di collegamento tra i due cunicoli esplorativi, necessaria per la realizzazione del complesso circuito di ventilazione descritto in precedenza, è stata possibile impiegando una macchina spingitubo dotata di fresa e coclea appositamente equipaggiata per lavorare in ambienti grisutosi. In tabella 1 sono riportate le varie fasi di lavorazione.

Nella terza fase della realizzazione del Cunicolo Sud è stato necessario smontare e trasportare all'esterno dei cunicoli tutta l'attrezzatura utilizzata per la realizzazione della traversa.

Sono state predisposte nel cunicolo Sud, per il tratto compreso tra le due traverse e all'interno della nuova, tutte le utenze necessarie (aria compressa, cavo MT, telefono, dupline).

dati (dupline) della centralina di monitoraggio del gas metano.

Tutte le risorse utilizzate dovevano raggiungere dall'esterno il fronte del cunicolo Nord senza attraversare le zone di lavoro ai fronti di scavo. Ciò è stato realizzato sfruttando la presenza del by-pass carrabile ed il by-pass realizzato alla progressiva idonea, in ragione della progressiva di avanzamento dei fronti di scavo.

I setti di ventilazione sono stati progettati e costruiti in modo da resistere alle sovrappressioni prodotte nel cunicolo e nelle carreggiate Nord e Sud dall'uso degli esplosivi impiegati per l'avanzamento.

2.5 Fasi di realizzazione del by-pass di scambio

La realizzazione del nuovo by-pass è stata effettuata seguendo i seguenti punti:

- approntamento delle utenze e dei ventolini tra i due by-pass in esame;
- scavo di nuovo by-pass dalla carreggiata Nord alla Sud e successivo fermo lavorazioni;
- montaggio della barriera regolatrice del flusso d'aria nel nuovo by-pass;
- collegamento del circuito di ventilazione preme- nte dedicato al cunicolo Sud e del circuito d'emergenza del cunicolo Nord;
- installazione all'interno del cunicolo Sud in adiacenza del nuovo by-pass di una barriera regolatrice del flusso d'aria;
- smantellamento delle barriere in adiacenza al vecchio by-pass e recupero utenze;
- collegamento utenze e riattivazione del circuito di ventilazione.

Tabella 1 – Dettaglio delle fasi di lavorazione nei due cunicoli

Cunicolo Nord	Cunicolo Sud
1. fermo lavorazioni Carreggiate Nord e Sud	
2. recupero testa fresante	2. abbattimento ultimo diaframma;
3. approntamento utenze cunicolo Nord	3. recupero coclea
	4. smontaggio e recupero sistema spingi tubo;
	5. predisposizione utenze
6. collegamento ventolino traversa	
7. recupero tubazione floscia e deviatore di flusso	7. installazione tubazione floscia e deviatore di flusso
8. disattivazione cabina MT fronte cunicolo	
9. attivazione circuito d'emergenza e collegamento utenze	
10. riattivazione cabina fronte	
11. riattivazione motori aspiranti	
12. chiusura traversa pk 1563	

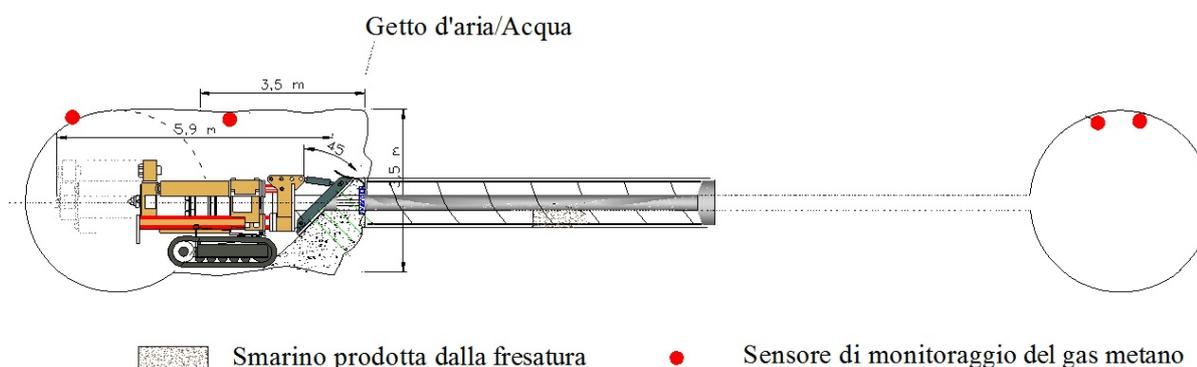


Fig. 7 – Realizzazione by-pass per la ventilazione mediante macchina spingitubo dotata di fresa e coclea

3. Apertura dei by-pass

L'apertura dei by-pass ha consentito la definizione ottimale dei percorsi dei mezzi che raggiungevano il fronte, riducendo il rischio connesso al transito nelle aree dedicate alle attività complementari di galleria. Tale obiettivo è stato raggiunto anche grazie all'adozione della sezione di scavo dei by-pass carrabili.

Oltre alla definizione ottimale dei percorsi dei mezzi che raggiungevano il fronte, l'apertura dei by-pass ha permesso di ottenere una migliore gestione delle situazioni di emergenza.

Inoltre, tale soluzione ha permesso il completamento del rivestimento e delle murette immediatamente a seguire lo scavo di avanzamento e l'esecuzione della pavimentazione di galleria per un ottimale transito dei mezzi.

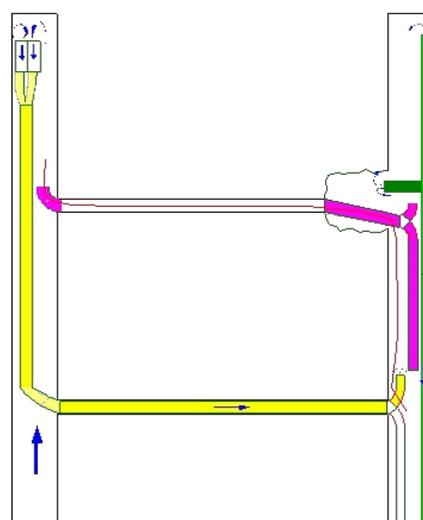


Fig. 8 – Predisposizione per allacciamento tubazione floscia sulla camicia metallica cunicolo nord; predisposizione di tutte le utenze necessarie; svolgimento di conchi di tubazione floscia cunicolo sud; installazione convogliatore del flusso d'aria in prossimità della camera di lavoro.

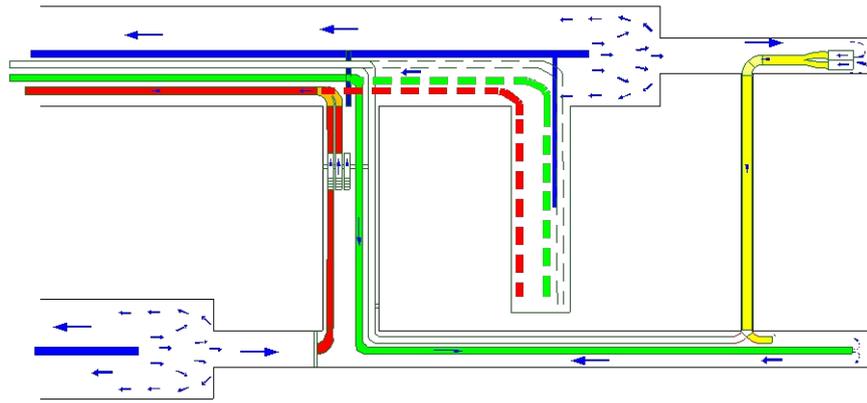


Fig. 9 – Fase di scavo nuovo by-pass e approntamento utenze

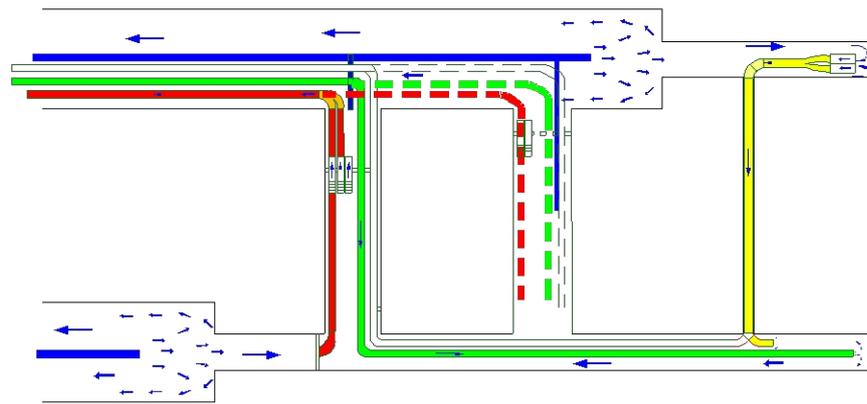


Fig. 10 – Scavo by-pass ultimato installazione nuova barriera

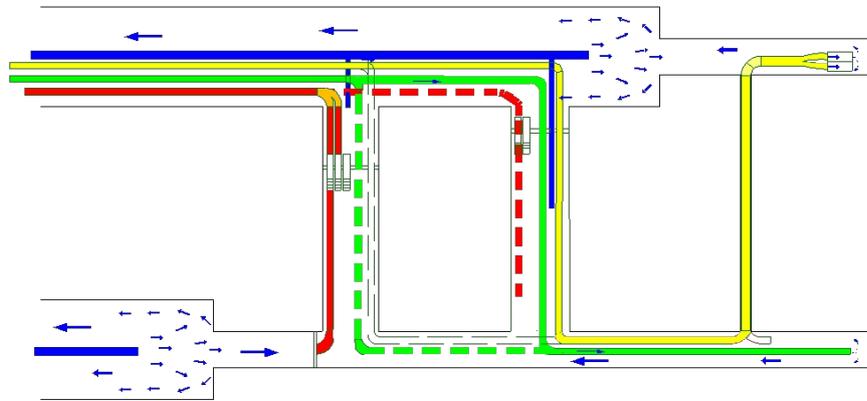


Fig. 11 – Collegamento e attivazione ventolino cunicolo Sud e ventolino d'emergenza cunicolo Nord; smantellamento barriere non utilizzate e installazione nuove barriere regolatrici del flusso d'aria

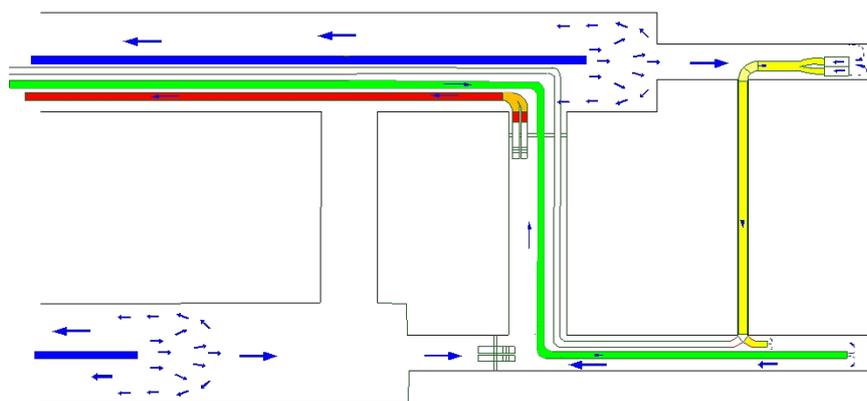


Fig. 12 – Recupero utenze; installazione barriera cunicolo Sud

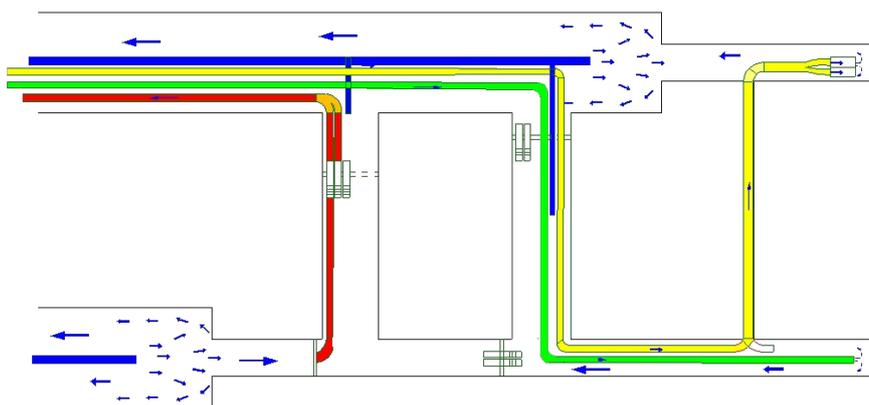


Fig. 13 – Ripristino ventilazione ripresa delle fasi di scavo

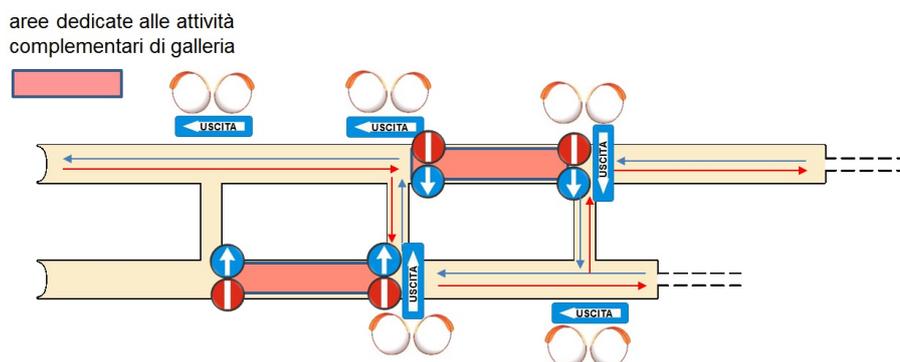


Fig. 14 – Gestione della viabilità

4. Gestione degli scavi nella Galleria di Base da Discenderia

Completato lo scavo della galleria Discenderia, definita in Classe 2, ed eseguiti i cameroni dei nodi di intercettazione della Galleria di Base, sono iniziate le attività di scavo contemporaneo sui quattro fronti in due carreggiate.

L'adozione di una particolare zonazione del sotterraneo ha permesso di adottare un sistema di smarino effettuato con mezzi AD e ordinari (sistema misto). In particolare la fase di smarino dai

fronti di scavo al deposito temporaneo ubicato nella zona in prossimità dell'innesto tra discenderia e gallerie di linea è stato effettuato con mezzi antideflagranti. Il successivo trasporto tra deposito temporaneo interno alla galleria e deposito temporaneo esterno è stato effettuato con mezzi standard (la soluzione è stata limitata ai soli mezzi d'opera dedicati allo smarino) attraverso la finestra avente lunghezza di 900 m e pendenza dell'8,4% e grazie alla definizione di dettagliate regole e procedure di sicurezza specifiche che facevano perno sul concetto di franco di sicurezza.

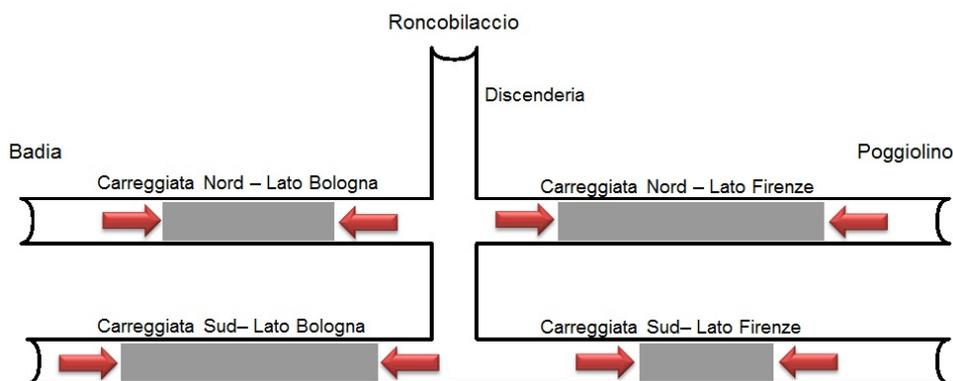


Fig. 15 – Avanzamento su quattro fronti

Con questa soluzione è stato possibile:

- ridurre il numero di mezzi presenti in galleria;
- ridurre i km percorsi dai mezzi in assetto AD e gli interventi manutentivi;
- aumentare la produzione con lo scavo simultaneo su quattro fronti di avanzamento;
- ridurre i fattori inquinanti in galleria generati dai gas di scarico, anche grazie all'impiego di mezzi in assetto standard ma di tipo Euro 5.

5. Conclusioni

L'adozione delle scelte progettuali sopra illustrate e delle procedure tecniche di dettaglio hanno permesso di completare l'esecuzione degli scavi nei tempi previsti ottenendo una progressione crescente negli anni dei metri scavati come illustrato dall'immagine seguente.

Dal digramma si può apprezzare che le produzioni ottenute non si discostano dalle produzioni attese nelle gallerie che non presentano rischi legati alla presenza di Grisù.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare l'Ing. Simone Cadeddu e l'Ing. Andrea Lisardi per il supporto fornito nella redazione del presente lavoro.



Fig. 16 – Zonazione del sotterraneo.

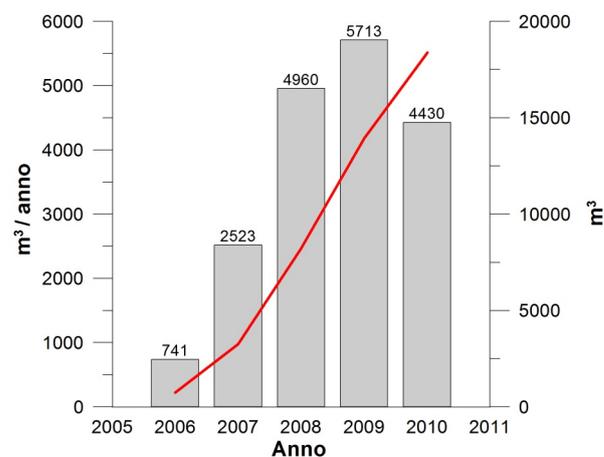


Fig. 17 – Produzione (annuale e cumulata) dello scavo in avanzamento nella Galleria di Base. Fronti di avanzamento: 2006 - lato Bologna; 2007 - lato Bologna e lato Firenze; 2008 / 2009: lato Bologna, lato Firenze ed innesto della discenderia. 2010: avanzamento su tre fronti.

INCIDENZA DELLA CLASSIFICAZIONE DELLA GALLERIA SUI COSTI DI REALIZZAZIONE.

Bazzarelli, M., Frisardi, S., Selleri, A.
SPEA Ingegneria Europea SpA

Abstract

Questo articolo vuole approfondire il tema dei costi della sicurezza in galleria e lo fa analizzando: come variano i costi della sicurezza in base alla diversa classificazione delle gallerie; come è variata la composizione e l'aggregazione dei costi nell'ambito dei Piani di Sicurezza e Coordinamento (PSC); come è variata nel tempo la suddivisione dei costi fra PSC e Lavori.

Attraverso un excursus "storico" sui lotti della Variante Autostradale di Valico si metteranno in evidenza le modifiche, le differenti scelte operate e qual è oggi lo stato dell'arte sui lavori progettati e diretti da SPEA per conto di Autostrade per l'Italia SpA.

I primi lotti (1-4) hanno di fatto concluso il loro iter approvativo nel 1999 e i costi della sicurezza previsti nell'ambito del PSC erano valutati in percentuale (5%) sull'importo dei lavori. Il progetto esecutivo dei lotti 9-10-11, che comprendono la galleria di base, è stato completato nel 2000 ed approvato dall'ANAS nel 2002. In questo caso gli oneri della sicurezza sono stati stimati scorporando da ogni articolo utilizzato nella stima dei lavori, la quota parte afferente alla sicurezza. Per la prima volta vengono citate come Normative di riferimento anche le NIR dalla 1 alla 12, ma la loro applicazione non si tramuta in importi, anche se viene riconosciuto il costo di trasformazione dei mezzi d'opera e delle attrezzature in assetto antideflagrante; l'importo degli oneri della sicurezza incide sui lavori di realizzazione della galleria per il 7,5% e in particolare la sola trasformazione dei mezzi in assetto Atex ha un'incidenza superiore al 2%. Va osservato che gli importi della sicurezza sono ancora un "di cui" dell'importo dei lavori.

Il progetto definitivo dei lotti 6 e 7 è un appalto integrato, di cui Spea redige il PSC in fase di esecutivo nel febbraio 2008, completato nel 2005 ed approvato dall'Anas nel 2006. Per la prima volta, nel caso della Variante di Valico, i costi della sicurezza vengono stimati analiticamente sulla base del prezzario del CPT di Roma, integrato con nuovi prezzi di cui ben 14 derivano da prescrizioni in applicazione delle NIR emesse. La necessità di procedere alla stima analitica fa aumentare notevolmente il numero degli elaborati prodotti per la sicurezza, generando anche un incremento dell'incidenza degli oneri della sicurezza che sale a circa l'8,5%.

Si pone chiaramente il problema di quali sono gli oneri e quindi gli importi da prevedere nell'ambito del PSC, quali all'interno dei lavori e quali nelle spese generali dei lavori. Per questo motivo nel 2010 Spea ha predisposto, ed inserito nelle proprie procedure di riferimento, un documento che chiarisce come ripartire i costi di realizzazione delle opere tra oneri della sicurezza, spese generali e lavori a base d'asta.

Per capire qual è l'incidenza delle NIR sui costi dell'opera e in particolare come varia a seconda della classificazione grisutosa, si espone un caso di studio, che mette a confronto i costi di realizzazione di tre gallerie con differente classificazione grisutosa.

1. I primi quattro lotti della Variante Autostradale di Valico

I progetti esecutivi dei primi quattro lotti del progetto di adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino di Mugello vengono approvati da ANAS tramite

decreti emanati tra maggio e agosto del 1999.

La normativa allora vigente permetteva che la stima degli oneri della sicurezza potesse essere calcolata in modo parametrico, che il progettista aveva definito pari al 5% dell'importo dei lavori soggetto a ribasso d'asta, a compensazione degli oneri derivanti dalle seguenti voci:

- misure di prevenzione;
- dispositivi di protezione collettiva;
- dispositivi di protezione individuale;
- riunioni di coordinamento e di informazione;
- formazione integrativa, pronto soccorso ed antincendio;
- redazione ed emissione del libretto di accoglienza di sicurezza per il personale di impresa;
- smaltimento di rifiuti provenienti da lavorazioni e attività connesse;
- procedure, apprestamenti, attrezzature di prevenzione antinfortunistica e per la tutela della salute dei lavoratori.

Se ci si sofferma a valutare il contenuto di tale computo, si deve evidenziare che il progettista, oltre a stimare gli oneri in modo parametrico, non fa alcuna differenza tra lotti che prevedono lo scavo di gallerie e lotti senza scavo. Tanto meno si preoccupa di ricavare una quota dovuta all'eventuale presenza di gas potenzialmente esplosivi, quantificando sempre l'incidenza degli oneri per la sicurezza pari al 5% sull'importo dei lavori soggetto a ribasso d'asta.

Il Piano di sicurezza e Coordinamento non fa alcun riferimento alle Note Interregionali dell'Emilia Romagna e Toscana che si occupano degli Standard di sicurezza per la realizzazione delle Grandi Opere e infine gli oneri della sicurezza sono esclusivamente un "di cui" dei lavori.

2. La Galleria di Base

La realizzazione della Galleria di Base (Lotti 9, 10 e 11) è una delle più complesse opere della

Variante Autostradale di Valico, e con quasi 9 km di lunghezza risulta essere la più lunga tra quelle in costruzione.

La sua costruzione è stata condotta con metodi tradizionali, ed una delle complicazioni era rappresentata dalla presenza, per buona parte della galleria, di un cunicolo pilota e da venute di gas metano nella roccia da scavare in quantità tali da essere catalogata in classe 2 secondo quanto pre-stabilito dall'attuale Nota interregionale numero 30 "Grisù III edizione".

Il progetto esecutivo è stato approvato dall'ANAS nel 2002 ed analizzando il relativo PSC, e in particolare la stima degli oneri della sicurezza, si trova che la valutazione delle voci presenti è desunta scorporando da ogni singolo articolo utilizzato nella stima dei lavori, la quota parte afferente alla sicurezza.

La stima degli oneri desunta nel modo appena enunciato, equivale a un'incidenza pari a circa il 7,5% dell'importo lavori soggetto a ribasso d'asta e per la prima volta in un Piano di Sicurezza e Coordinamento della Variante di Valico vengono citate le Note Interregionali fino ad allora emesse, ovvero dalla 1 alla 12.

La presenza di gas che potrebbe liberarsi durante lo scavo della galleria stavolta viene quantificata, comportando un'incidenza del 38,16% sul totale degli oneri della sicurezza e del 2,05 % sull'importo dei lavori a base d'asta, ma tali stime (Tabella 1) non sono ancora desunte dall'applicazione delle NIR, prevedendo solo il soddisfacimento delle prescrizioni del D.P.R. n. 320 del 1956.

Tabella 1 – Riepilogo degli oneri della sicurezza per la realizzazione dei lotti 9, 10 e 11

Opere / articoli	Totale
Corpo Autostradale, strade di servizio, campi, cantieri, aree di deposito	€ 337.906,84
Viadotti Badia Nuova, Setta I, Casaglia, Stura, Montecarelli e Le Bandite	€ 3.276.349,34
Galleria artificiale Il Pero	€ 33.865,18
Galleria Poggio Civitella, Galleria di Base e Discenderia	€ 11.772.884,46
Sistemazione torrente Casaglia	€ 298.502,95
Segnaletica verticale ed orizzontale, opere di sicurezza ed opere in verde	€ 88.316,56
Costi di trasformazione dei mezzi d'opera e/o attrezzature in "antideflagrante"	€ 15.573.292,98
Spese per l'attuazione dei singoli elementi del piano di sicurezza e coordinamento	€ 4.890.567,95
Accordo con EG SOS 118 (Ente Gestore delle emergenze e pronto soccorso)	€ 4.542.409,79
totale costi per la sicurezza	€40.814.096,03

3. La realizzazione dei Lotti 6 e 7

Nel Febbraio 2008 viene emesso il PSC dei Lotti 6 e 7 della Variante di Valico che considera, tra le varie opere, la realizzazione di due grandi gallerie naturali, la Val di Sambro e la Sparvo (di lunghezza pari, rispettivamente, a 3850 m e 2500 m), ricadenti entrambe in classe 2 per la presenza di grisù.

In questo caso, in accordo con quanto previsto dal D.P.R. n. 222 del 2003, che all'art.7, comma 3 recita: "La stima dovrà essere congrua, analitica per voci singole, a corpo o a misura...", gli oneri della sicurezza sono calcolati analiticamente sulla base del prezzario del CPT di Roma anno 2004, integrato con nuovi prezzi calcolati tramite analisi di mercato, di cui ben 14 prezzi derivano da prescrizioni emesse in applicazione delle Note Interregionali.

La stima degli oneri della sicurezza viene condotta anche attraverso il computo degli apprestamenti, rappresentati graficamente nelle tavole di cantierizzazione da cui è possibile desumerne sia la quantità che la tipologia.

Il computo, effettuato in questo modo, genera un'incidenza degli oneri della sicurezza rispetto all'importo dei lavori pari a circa l'8,5%, di cui due terzi sono dovuti alle lavorazioni di scavo delle due gallerie naturali.

Di questa cifra, la metà è dovuta alla stima degli impianti provvisori in galleria (ventilazione artificiale, illuminazione d'emergenza, antincendio, comunicazione e rilevamento gas) e alla loro gestione.

Se si analizza il contenuto del computo, si nota che l'approccio del progettista è stato quello di compensare le prescrizioni desunte in applicazione delle Note Interregionali per intero all'interno degli oneri della sicurezza, mentre altre voci, tra cui ad esempio lo spritz beton utilizzato al fronte ai fini della sicurezza dei lavori (che non era ancora normato dalle NIR), non vengono computate nella stima del PSC.

Nel 2009, La Nota interregionale n. 41 sul tema del rischio di infortunio da caduta gravi nei lavori a ridosso del fronte di gallerie scavate con tecnica tradizionale, affronta il problema dell'instabilità del fronte scavo, dando una propria interpretazione sulle modalità di posa dello spritz. Ciò

ha comportato l'emissione di una perizia di variante nel marzo 2010 proprio nei lotti 6 e 7, che ha visto l'inserimento dello spritz beton al fronte ai fini della sicurezza all'interno degli oneri della sicurezza.

A questo punto si pone il problema della correttezza dell'interpretazione di compensare sempre e comunque le misure previste dalle Note Interregionali all'interno degli oneri della sicurezza.

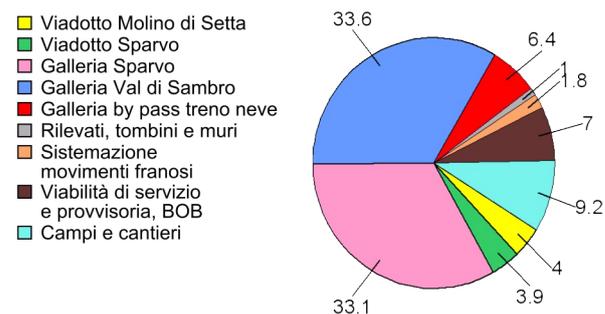


Fig. 1 - Incidenze percentuali per la realizzazione delle singole opere sugli oneri della sicurezza nei "Lotti 6 - 7".

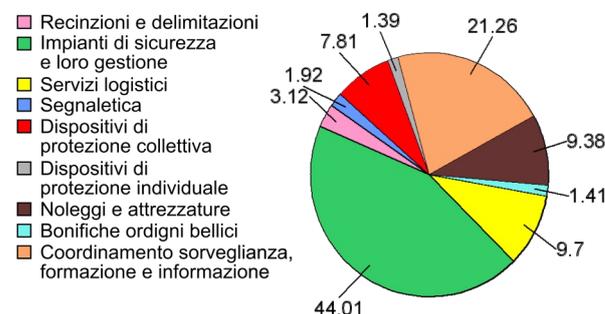


Fig. 2 - Incidenze percentuali di apprestamenti e misure preventive e protettive sugli oneri della sicurezza nei Lotti 6 - 7.

4. Sicurezza, lavori a base d'asta o spese generali?

Di comune accordo tra SPEA e Autostrade per l'Italia è sorta l'esigenza di definire l'ubicazione di determinate lavorazioni, andando a stabilire correttamente e in modo coerente gli oneri della sicurezza, le spese generali ed i lavori a base d'asta.

Ciò ha portato all'emissione di un'istruzione tecnica da parte di SPEA, approvata da ASPI, che esamina le categorie oggetto dei lavori e ne definisce il campo di appartenenza, per poter determinare il gruppo in cui compensarle (Tabella 2).

Tabella 2 – Ripartizione dei costi tra oneri della sicurezza (A), lavori a base d'asta (B) e spese generali (C).

A. Oneri per la sicurezza	Commento
Attrezzatura per gestione emergenze in galleria (arca, veicolo di evacuazione al fronte)	
Infermeria all'interno del campo base	
Baraccamento ad uso locale pronto soccorso	
Fornitura e posa di estintori	Solo per servizi logistici ed assistenziali
Treccia per impianto di terra + dispersore + collegamenti + pozzetti	Solo per servizi logistici ed assistenziali
Impianto di riscaldamento/condizionamento	Solo per servizi logistici ed assistenziali
Segnaletica di cantiere	
Automezzo idoneo ad ambienti con presenza di gas, per l'evacuazione di emergenza dei lavoratori	
Impianto di ventilazione provvisoria in galleria	
Impianto antincendio in galleria	
Impianto di illuminazione di emergenza in galleria	
Trattamento di parete di scavo con spritz beton	Innovato dalla NI 41: se strutturale previsto dal progettista. L'applicazione ulteriore di spritz al fronte in funzione della sicurezza dei lavoratori è riconosciuta negli oneri della sicurezza
Impianti di monitoraggio della presenza di gas in galleria grisoutosa	
Dispositivi di protezione individuale per lavorazioni interferenti	
Seduta di informazione, partecipanti tutti gli addetti, dove vengono esplicitate le procedure previste per lo svolgimento delle operazioni	
B. Lavori a base d'asta	Commento
Trattamento di parete di scavo con spritz beton	Innovato dalla NI 41: se strutturale previsto dal progettista. L'applicazione ulteriore di spritz al fronte in funzione della sicurezza dei lavoratori è riconosciuta negli oneri della sicurezza
Vasche di lavaggio	
Piazzole per il lavaggio delle autobetoniere	
Armatura delle pareti di scavo	Le protezioni contro il seppellimento negli scavi devono essere previste nel progetto. Lo specifica il Testo Unico sulle Costruzioni.
Paratie per armatura pareti di scavo	Le protezioni contro il seppellimento negli scavi devono essere previste nel progetto. Lo specifica il Testo Unico sulle Costruzioni.
C. Spese generali	Commento
Informazioni ai lavoratori sulla gestione delle emergenze	
Reperibilità di medico per lavori in sotterraneo	L'organizzazione del servizio di pronto soccorso aziendale e il suo raccordo con il SSN è a carico del datore di lavoro (DM 388/03)
Altre spese per il personale per la gestione delle emergenze	
Esercitazione evacuazione cantiere, comprensiva di illustrazione delle procedure da parte del preposto	
Costi di esercizio degli impianti	
Manutenzione e pulizia baraccamenti	
Illuminazione fissa posata su recinzioni o simili	
Esecuzione di misurazioni di portata e prevalenza dell'aria di ventilazione delle gallerie	
Dispositivi antideflagranti per modifica mezzi	
Automezzo per inaffiamento antipolvere	
Dispositivi di protezione individuale	

La logica che ha portato alla suddivisione tra le tre categorie è l'attinenza con quanto previsto al punto 4.1.1. nell'allegato XV del D. Lgs 81/08 e nel D.P.R. 207 del 2010 che regola gli appalti pubblici.

Di seguito si riporta un estratto della tabella allegata all'istruzione tecnica, che ripartisce gli apprestamenti e le misure preventive e protettive utili alla realizzazione di gallerie.

5. Caso di studio. Stima dei costi di gallerie ricadenti in differenti classi grisutuose

Gli elementi fino ad ora presentati sono sufficienti per affrontare un caso specifico che ci possa chiarire le idee sul variare dei costi a seconda della presenza di gas potenzialmente esplosivi nella roccia oggetto di scavo di gallerie.

Prima di ciò è utile ricapitolare come le Note Interregionali hanno influito nella scelta degli apprestamenti da adoperare a seconda della classe grisutuosa di appartenenza (Tabella 3).

Tabella 3 – Riepilogo delle principali misure previste dalle Note Interregionali e che variano in funzione della classe di appartenenza della galleria da scavare. Note: *allestimento ordinario; ** allestimento antideflagrante; *** se la galleria ha una lunghezza superiore ai 500 m sono previsti due autosalvatori all'interno del veicolo.

Misure ed apprestamenti	Classe					Lunghezza della galleria
	0	1a	1b	1c	2	
Sistema di comunicazione e allarme	Si *	Si *	Si **	Si **	Si **	>300 m
Ventilazione artificiale	Si *	Si *	Si **	Si **	Si **	>50 m
Illuminazione di emergenza	Si *	Si *	Si **	Si **	Si **	>50 m
Impianto di monitoraggio ed allarme grisù e relativa gestione	Non previsto	Si **	Si **	Si **	Si **	>50 m
Veicolo di evacuazione al fronte ***	Non previsto	Si *	Si **	Si **	Si **	>300 m

5.2 Gli oneri della sicurezza

Nella stima degli oneri della sicurezza (Tabella 4) le tre differenti situazioni comportano variazioni significative negli importi, dovute alla necessità di prevedere una serie di apprestamenti all'aumentare della classe grisutuosa della galleria.

In particolare, per la galleria in classe 0 non vi è la necessità di predisporre un veicolo di evacuazione del personale, né tanto meno l'impianto di monitoraggio dei gas.

In classe 1a viene introdotto il veicolo di evacuazione in assetto ordinario e l'impianto di monitoraggio gas, a differenza di quanto richiesto

5.1 Lavori a base d'asta

Il caso di studio è rappresentato dal confronto tra tre ipotetiche gallerie da scavare con metodo tradizionale, aventi tutte medesima sezione di 70 mq e lunghezza di 1.000 m. Lo scavo durerà in tutti e tre i casi un anno e i lavori di completamento un ulteriore anno.

E' importante definire sia l'estensione della galleria che la durata dei lavori, in quanto il costo di alcuni apprestamenti e misure preventive e protettive è corrisposto in funzione della durata.

La differenza consiste nella diversa classificazione grisutuosa delle tre opere, rispettivamente in classe 0, classe 1a e classe 2, secondo quanto prestabilito dalla Nota Interregionale n. 30. La prima cosa che si evince è che l'importo dei lavori soggetto a ribasso d'asta non è influenzato dalle differenti classificazioni delle gallerie ed è stimato per tutte e tre in 12.788.492 euro.

nello scavo in classe 2, dove l'impianto di monitoraggio gas previsto deve soddisfare a precisi requisiti e il veicolo di evacuazione deve essere in assetto antideflagrante.

Nelle classi 0 e 1a il sistema di comunicazione e di allarme è sufficiente in assetto ordinario, mentre in classe 2 è di tipo Atex. L'impianto d'illuminazione di emergenza può essere di tipo ordinario solo nella classe 0, mentre nelle classi 1a e 2 è di tipo antideflagrante.

Si può notare che i costi lievitano soprattutto nel passaggio dalla situazione in cui non vi è presenza di gas esplosivi (classe 0), a quella con una piccola presenza classificata come 1a, dove l'incremento degli oneri è pari a circa il 12% in valo-

re assoluto, mentre l'incremento della presenza di gas dalla classe 1a alla 2 incide in maniera molto relativa, con l'incremento di solo un ulteriore punto percentuale.

Questo evidenzia come sia fondamentale per la definizione dei costi accertare la presenza o meno di gas nei terreni attraversati.

*Tabella 4 – Stima degli oneri per la sicurezza previsti, per una situazione ipotetica, in base alla classificazione della galleria. Note: *allestimento ordinario; **allestimento antideflagrante*

Apprestamenti	Galleria A (classe 0)	Galleria B (classe 1a)	Galleria C (classe 2)
Veicolo di evacuazione e impianto monitoraggio gas	non previsto	67.133 € *	83.260 € **
Impianto di monitoraggio gas e relativa gestione	non previsto	36.028 €	44.015 €
Sistema di comunicazione e di allarme	40.485 € *	40.485 € *	47.312 € **
Impianto d'illuminazione d'emergenza	535.490 € *	715.554 € **	715.554 € **
Informazione ai lavoratori sui rischi delle singole fasi lavorative	5.755 €	7.674 €	7.714 €
Nolo di stazione di ventilazione e aerotubo in materiale ordinario	218.046 €	219.400 €	219.400 €
Nolo e installazione impianto antincendio	179.113 €	179.113 €	179.113 €
Spritz beton al fronte ai fini della sicurezza	1.184.711 €	1.184.711 €	1.184.711 €
Servizi logistici e igienico assistenziali, segnaletica, recinzioni e delimitazioni	238.105 €	238.206 €	238.206 €
Totale	2.401.705 €	2.688.304 €	2.719.285 €

5.3 Le spese generali dei lavori

Anche nella stima delle spese generali (Tabella 5) si è provveduto ad effettuare il raffronto tra le tre tipologie di gallerie e sostanzialmente si può notare che in questa categoria, l'unica differenza è la necessità di dover compensare per lo scavo della galleria in classe 2, i dispositivi antideflagranti per l'adeguamento dei mezzi impiegati nelle lavorazioni.

Tale costo è corrisposto all'interno delle spese generali così come si evince dall'applicazione del D. P.R. 207 del 2010.

In questo caso, come già anticipato, le spese generali dei lavori risultano immutate tra lo scavo in classe 0 e classe 1a, mentre si ha un netto aumento con il passaggio in classe 2, dove l'adeguamento in assetto antideflagrante dei mezzi adoperati per i lavori, incide in valore assoluto per circa il 16,5%.

Tabella 5 – Stima delle spese generali, per una situazione ipotetica, in base alla classificazione della galleria.

Apprestamenti	Galleria A (classe 0)	Galleria B (classe 1a)	Galleria C (classe 2)
Corsi di formazione di base, di aggiornamento, di operatori macchine, riunioni di coordinamento ed esercitazione evacuazione cantiere	31.975 €	31.975 €	33.575 €
Costi di esercizio dei servizi logistico assistenziali (pulizia, manutenzione, riscaldamento, raffrescamento ed energia elettrica)	416.288 €	416.288 €	416.288 €
Sorveglianza sanitaria, accertamenti sanitari	10.512 €	10.512 €	10.512 €
Nolo baraccamenti per uffici, magazzini, officina e arredo e relativi costi di esercizio	286.208 €	286.208 €	286.208 €
Dispositivi antideflagranti per modifica mezzi	non previsto	non previsto	160.312 €
Trasporto ed oneri di scarica per rifiuti campi e cantieri	73.219 €	73.219 €	73.219 €
Dispositivi di protezione individuali per rischio specifico e spese di adeguamento del cantiere al D. Lgs 81/08	144.121 €	144.121 €	144.121 €
Verifiche periodiche messa a terra, funi, catene, impianti di sollevamento ecc.	18.922 €	18.922 €	18.922 €
Totale	981.245 €	981.245 €	1.143.157 €

6. Conclusioni

In conclusione, la diversa classificazione gristutosa di una roccia oggetto di uno scavo in galleria ha un'incidenza non trascurabile sui costi di realizzazione della galleria, che si concretizzano in misure preventive e protettive e apprestamenti da prevedere che sono desunti dal soddisfacimento dei requisiti delle Note Interregionali.

Prevedere, però, che queste somme vengano interamente compensate all'interno degli oneri della sicurezza è una scelta che può andare in contrasto con quanto previsto a proposito di com-

puti, nel D. Lgs. 81 del 2008 e nel D.P.R. 207 del 2010 in materia di appalti pubblici.

E' per questo motivo che in SPEA si è sentita l'esigenza di prevedere una procedura che chiarisse come ripartire le varie voci di progetto tra lavori, oneri della sicurezza e spese generali, non con lo scopo di espletare un formalismo, ma con l'obiettivo di rispettare la normativa vigente, in modo da identificare in maniera coerente cosa può essere sottoposto a base d'asta e cosa invece deve essere corrisposto per intero all'impresa appaltatrice, così come previsto dalla norma con gli oneri della sicurezza.

PROGETTAZIONE DELLA VOLATA E SISTEMI DI INNESCO UTILIZZABILI IN GALLERIE GRISUTOSE.

Muller, A.

Azienda Sanitaria di Firenze

Abstract

L'attenzione al rischio derivante dalla presenza di atmosfera esplosiva nelle gallerie in costruzione causata dall'afflusso di grisou, è stata ribadita anche nel vigente Decreto 81/08; la tecnica di perforazione e sparo ne può costituire una fonte di innesco.

Le prescrizioni legislative per ridurre il rischio e comunque il danno provocato da una sua possibile esplosione richiedono: l'uso di esplosivi ed accessori di sicurezza con innesco elettrico; il tiro dall'esterno.

Gli esplosivi devono essere allo scopo certificati, il sistema di accensione elettrico ed i detonatori devono essere realizzati con bossolo in rame in quanto quello in alluminio, normalmente utilizzato, può partecipare alla combustione, innescando la miscela atmosfera-grisou.

Il tiro dall'esterno, con galleria evacuata, è la misura di protezione dei lavoratori nel caso che comunque la combustione della miscela si inneschi.

Il tiro elettrico in gallerie di classe 2, profonde e di sezione medio-grande, può trovare un limite difficilmente superabile anche con una circuitazione serie-parallelo; infatti considerando l'obbligo dell'utilizzo di detonatori "ad alta intensità", il loro alto numero e la lunghezza della linea di tiro, la resistenza equivalente del circuito può risultare addirittura inaccettabile per le caratteristiche degli esploditori in commercio, l'eventuale presenza di acqua pone ulteriori problemi.

Il sistema di tiro a "tubo conduttore d'onda" offre molte delle garanzie del tiro elettrico, senza le limitazioni di cui questo può soffrire in particolari condizioni ma i detonatori cosiddetti "non elettrici" sono attualmente prodotti solo con bossolo in alluminio che ne impedisce de facto l'uso in ambiente grisutoso.

Mancano quindi le condizioni affinché la Nota n° 16 "Sistema di innesco delle cariche esplosive a tubo conduttore d'onda nelle gallerie grisutose" possa al momento trovare concreta applicazione.

Questo non nega, a mio avviso, la validità della nota stessa e la sua possibile applicazione qualora le condizioni di mercato del settore consentano in futuro la produzione di detonatori non elettrici adatti alle gallerie grisutose.

1. Premessa

Nella seconda metà degli anni 90' iniziarono i lavori di realizzazione della tratta AV Bologna-Firenze; gran parte del tracciato si snoda in sotterraneo, dovendo la linea attraversare quasi perpendicolarmente tutto il complesso appenninico tosco-emiliano.

In termini bruti questo ha significato 75 chilometri di gallerie sugli 85 complessivi della tratta ed una parte considerevole degli ammassi attraversati potevano dare luogo ad emissioni di gas metano durante lo scavo come già peraltro avvenuto in precedenti scavi (es. linee ferroviarie

Faentina e Bologna-Prato); erano inoltre note, sempre a conferma del rischio, le emissioni di gas naturale in superficie che contraddistinguono storicamente alcuni siti (es. Pietramala).

Il pericolo rappresentato dalla possibile presenza di questo gas nello scavo e dalla formazione di una miscela esplosiva è stata una preoccupazione costante dei Servizi di Prevenzione delle Aziende Sanitarie di Bologna e di Firenze, tant'è che fin dal 1998, con la stretta collaborazione dell'Università di Bologna, venne data una prima risposta in termini di valutazione del rischio specifico e di progettazione della sicurezza, tramite la stesura della prima Nota Inter-

gionale grisù “Scavo di gallerie in terreni grisutosi: standard di sicurezza”.

Successivamente sono state redatte due successive edizioni della nota con le quali si è provveduto alla revisione ed all'affinamento dei contenuti, proponendo uno standard che attualmente è, a mio avviso, molto elevato e rappresenta un punto di riferimento, in termini di sicurezza per i lavoratori, rispetto a lavori analoghi.

Ultima puntualizzazione riguarda la metodologia di scavo: occorre ricordare che, in relazione alle caratteristiche proprie degli ammassi sospetti attraversati, alcuni di questi potevano essere convenientemente scavati soltanto con l'impiego di esplosivo, risultando quello con il martellone troppo oneroso o addirittura impossibile.

2. Il grisù

Il grisù è un miscuglio di gas a netta prevalenza di metano (fino al 99%); a sua volta il metano (CH_4) è un idrocarburo che alla pressione atmosferica si presenta allo stato gassoso. E' emesso dalle cosiddette rocce madri ed è in grado di migrare nel sottterraneo, anche a notevole distanza ove la permeabilità lo consenta; si diluisce molto bene in acqua per cui anche la corrente di falda costituisce un efficace ed importante mezzo di migrazione. Il metano può quindi essere rintracciato anche a notevole distanza dalle rocce madri come nel caso dei rinvenimenti appenninici.

Questo gas è caratterizzato da una densità inferiore a quella dell'aria, tende quindi a sollevarsi, motivo per cui in galleria si hanno accumuli nella zona di calotta; è inodore, incolore ed atossico; non comporta quindi pericoli per la respirazione se non quello derivante dalla sostituzione con l'ossigeno qualora sia presente ad alta concentrazione.

La sua qualità più importante, generalmente conosciuta ed utilizzata è la sua infiammabilità; in particolare possiede il limite di esplosività $\approx 5,2 \div 15$ % in volume, con rapporto stechiometrico intorno al 9%; in pratica le miscele molto ricche se innescate tendono a sviluppare fiamma mentre quelle più povere tendono ad esplodere, accade che una miscela ricca prima sviluppi incendio e successivamente, con l'abbassarsi del tenore di metano, esplosa. L'accensione della miscela me-

tano-aria si ha naturalmente al raggiungimento della temperatura di 600°C con ritardo di alcuni secondi (a pressione atmosferica), mentre è circa istantanea al temperatura superiore a 1000°C .

Altra criticità, ai fini della sicurezza, è costituita anche dalle caratteristiche della sorgente di innesco: infatti, proprio a causa della sua estrema infiammabilità, l'accensione della miscela metano-aria è ottenibile anche in presenza di una semplice scintilla o di piccole particelle sufficientemente calde (hot spot).

Per tale motivo il grisù è tristemente noto in ambiente minerario essendo stato causa in passato di gravissimi eventi luttuosi, eventi che periodicamente ancora si ripetono periodicamente nel mondo.

3. Rischio gas e normativa di sicurezza

Le misure per la gestione del rischio gas negli scavi di genio civile, fino all'emanazione del D. Lgs. 233 del 12/06/2003 (recepimento della direttiva “ATEX”) erano contenute nel capo X del D.P.R. 320/56 “Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sottterraneo”; in particolare, per l'utilizzo degli esplosivi, l'art. 77 prevedeva i seguenti obblighi:

- uso di esplosivi (e dei relativi accessori da mina) di sicurezza antigrisutosi;
- tiro elettrico eseguito dall'esterno;
- evacuazione della galleria prima dello sparo.

Premesso che le prescrizioni sopra riportate sono transitate nel D. Lgs. 81/08 (vedi punto 2.10 dell'allegato L al decreto), analizziamo brevemente le prime due prescrizioni (tralasciamo la terza per la sua ovvietà).

L'obbligo di utilizzare esplosivi ed accessori “di sicurezza” è imposto per minimizzare il rischio che lo sparo delle mine possa innescare la miscela esplosiva metano-aria eventualmente presente in sottterraneo o che lo sparo stesso potrebbe liberare.

Gli esplosivi per essere considerati di sicurezza devono possedere 3 caratteristiche:

- alta velocità di detonazione in modo da ridurre il tempo di contatto tra la sorgente di innesco dell'eventuale miscela esplosiva;
- temperatura di esplosione bassa (ottenibile anche con l'aggiunta di sali refrigeranti) al fine

di diminuire l'energia disponibile all'innesco della miscela esplosiva;

- assenza di particelle calde che possono costituire la sorgente di innesco (quali polveri metalliche come alluminio che è presente in alcuni esplosivi tipo slurry per migliorarne le caratteristiche esplosive oppure derivanti del confezionamento delle cartucce come ad esempio la carta).

I detonatori a loro volta contengono modeste quantità di esplosivo ad alta od altissima velocità di detonazione, come la pentrite, rispondendo quindi alle caratteristiche sopra descritte ma per l'uso comune hanno il bossoletto realizzato in alluminio che come abbiamo detto partecipa alla combustione (si ricorda in proposito che l'alluminio in polvere veniva utilizzato per la realizzazione di bombe incendiarie). Proprio per questo motivo il bossoletto dei detonatori da usare in ambienti a rischio gas è realizzato in rame.

La seconda prescrizione prevede che il tiro sia elettrico; a tale proposito è bene ricordare che la norma di cui stiamo parlando (DPR 320) risale al 1956 e che a quel momento i detonatori erano di due tipi:

- detonatore a fuoco il cui innesco è dato dal dardo della miccia a lenta combustione che viene serrata con apposite pinze sull'apertura del bossoletto destinata ad accoglierla;
- detonatore elettrico dove il passaggio di una determinata corrente elettrica nella testina di accensione (la testina di accensione è costituita da un ponticello elettrico di determinata resistenza coperto da una pastiglia pirotecnica) ne provoca il riscaldamento con la conseguente accensione della pastiglia pirotecnica ed inizio della sequenza esplosiva. La testina è collegata elettricamente a due fili elettrici opportunamente isolati che fuoriescono dal detonatore in modo da poter eseguire il collegamento elettrico e con la sorgente di accensione ed eventualmente con altri detonatori.

E' chiaro che l'intento del legislatore era quello di vietare l'utilizzo di detonatori a fuoco in gallerie a rischio gas affidandosi quindi ad un sistema di tiro sicuro ed azionabile dall'esterno, mediante una linea elettrica di tiro, che dall'esplosore, posto all'esterno, percorre tutta

la galleria fino al fronte.

E' importante precisare che i detonatori elettrici sono realizzati sia nel tipo istantaneo, ovvero che esplodono al momento in cui la temperatura di innesco lo attiva (come accade nei detonatori a fuoco), sia del tipo ritardato o micro ritardato dove l'innesco attiva un elemento di ritardo che si frappone tra l'innesco e la carichetta per cui questa esplose soltanto dopo che l'elemento di ritardo si è completamente bruciato. Variando convenientemente la lunghezza del ritardo si ottengono tempi di risposta del detonatore diversi; in tal modo si riesce a dare una corretta sequenzialità alla volata iniziando dalla cosiddetta apertura o rinora (detonatori istantanei o con ritardo più basso) via via fino alla profilatura (ritardo più alto). Ogni serie di detonatori prevede un intervallo standard tra un detonatore avente un determinato numero di ritardo e quello successivo; molto usata in sotterraneo è la serie da 25 ms dove la sequenza di sparo in millisecondi è appunto 0; 25; 50; 75; 100 ecc.

Ecco quindi che i vari fabbricati di esplosivi hanno nel loro catalogo serie di detonatori con microritardi, espressamente realizzate per il sotterraneo, sia con bossoletto in alluminio per gallerie non grisucose, sia con bossoletto in rame per gallerie a rischio gas.

4. Circuitazione dei detonatori elettrici, sicurezza e limiti di utilizzo

In presenza di più detonatori elettrici il collegamento viene eseguito in serie e questa circuitazione garantisce che la corrente elettrica del circuito è quella che passa attraverso ogni detonatore. Considerando il numero dei detonatori n_d aventi ognuno resistenza R_d (dove R_d è la resistenza del ponticello sommata a quella dei due reofori), una linea di tiro costituita da due conduttori aventi lunghezza l e resistenza a km R_l avremo una resistenza totale del circuito R_t uguale a:

$$R_t = R_d \times n_d + R_l \times l \times 2$$

In realtà la resistenza effettiva del circuito sarà comunque superiore a quella sopra indicata in quanto occorre conteggiare anche della somma di tutte le resistenze di contatto costituite dal colle-

gamento tra un detonatore e l'altro, da quella del collegamento alla linea di tiro e da quella ai morsetti dell'esplositore.

Dando comunque come costante per ogni successiva volata la resistenza $R_d \times n_d$, la resistenza $R_t \times 1 \times 2$ aumenta man mano che lo scavo della galleria prosegue, per cui nel tempo la resistenza totale del circuito R_t è destinata ad aumentare.

Con gallerie a rischio gas di media o grande sezione (quali ad es. quelle autostradali) di lunghezza elevata è possibile che si abbiano serie difficoltà a rispettare la prescrizione della norma che impone il tiro dall'esterno; facciamo un esempio:

- scavo di una galleria in classe 2: la sezione di scavo è pari a 140 m², la volata è costituita da 150 cariche, ogni detonatore presente la resistenza di 0,76 Ω e la distanza fronte imbocco è pari a 1.000 m, la linea di tiro è realizzata con due conduttori isolati in rame aventi sezione pari a 6 mm², la resistenza di tale cavo è di 3,11 Ω per km; avremo pertanto:

$$R_t = 0,76 \times 150 + 3,11 \times 2 = 120,22 \Omega$$

Sapendo che per avere la certezza di accensione dei detonatori occorre un passaggio di corrente non inferiore a 35 A, la tensione disponibile ai morsetti dell'esplositore dovrà essere:

$$35 \times 120,22 = 4.207,7 \text{ V}$$

che non rientra nelle caratteristiche degli esplositori in commercio in Italia.

A questa difficoltà è possibile cercare di ovviare in due modi:

- aumentando la sezione della linea di tiro (ma non si ottiene molto ed inoltre non è possibile aumentare la sezione dei conduttori all'infinito)
- adottando una circuitazione dei detonatori con schema serie-parallelo ossia dividendo il circuito in due serie di resistenza identica da collegarsi in parallelo (in questo modo la resistenza si dimezza) ricordando però che in tal modo aumenta la complessità circuitale e che un eventuale errore o guasto potrebbe comportare la partenza di una sola delle due serie con il grave problema di trovarsi poi con un numero di mine gravide pari alla metà della

volata.

Alla eventuale contestazione del fatto che comunque tutto il circuito deve essere controllato con l'ohmetro di sicurezza per verificare che questo sia stato correttamente realizzato e che questa prova risponde anche all'esigenza che non vi possano essere malfunzionamenti, rispondo, anche sulla scorta di personale esperienza di un episodio occorso diversi anni or sono nello scavo di una galleria ferroviaria dove, a causa della scarsa copertura (inferiore a 20 m) e la presenza di abitazioni proprio sulla verticale della galleria, il fronte era stato diviso in 5 settori e lo scavo era eseguito, settore dopo settore, con un numero limitato di microcariche: proprio durante la prima volata di prova per ben tre volte fu dato l'ordine di tiro ed ogni volta lo sparo non avvenne non ostante che il circuito fosse stato ogni volta nuovamente verificato con l'apposito ohmetro. Con un successivo sopralluogo fu accertato che la linea di tiro, in un punto dove aveva una giunzione nastrata, correva dentro un ristagno d'acqua; sollevati i cavi e correttamente fermati a paramento, dopo un ulteriore controllo lo sparo avvenne correttamente.

Cosa era accaduto? La prova del circuito avviene facendo percorrere nello stesso una corrente massima di 10 mA che è di 4 ordini di grandezza inferiore a quella di tiro (35 A) in modo di avere la certezza della non accensione. In questo caso i problemi di isolamento del circuito sono molto bassi infatti la tensione massima ai capi del circuito V_{max} durante la prova sarà (sempre prendendo in esempio di cui sopra):

$$V_{max} = R_t \times I = 120,22 \times 0,001 = 0,120 \text{ V}$$

ben lontana da quella di tiro.

Per tale motivo l'isolamento della linea risultava sufficiente durante la prova ma completamente insufficiente durante il tiro; solo per mera fortuna non accadde che una parte dei detonatori "partisse".

5. Detonatori a tubo conduttore d'onda esplosiva

Tali detonatori, comunemente chiamati "non elettrici" sono apparsi sul mercato dagli anni '90,

internamente sono pressoché identici ai detonatori elettrici con l'unica differenza nel sistema di innesco: da questi artifici fuoriesce un tubetto plastico chiuso all'altra estremità, sulla cui superficie interna è depositato un sottile film esplosivo; tramite una opportuna sorgente (es. un detonatore in appoggio oppure un nodo di miccia detonante) disposta in un punto qualsiasi del tubetto si attiva il film esplosivo, la microesplosione percorre tutto il tubo fino al detonatore innescandolo.

In tal modo risulta molto semplice lo sparo di molte mine quali quelle costituenti la volata di una galleria: si tratta infatti realizzare una struttura ad "albero" collegando tra loro tanti "mazzetti" di tubo, rispettando in ogni nodo il numero massimo di detonatori secondo le istruzioni del produttore.

A capo di tale circuitazione avremo un detonatore che è in grado di attivare tutti i rami; la linea di tiro, di lunghezza qualsiasi può essere realizzata o con i relativi accessori di prolunga non elettrici ed apposito sistema di innesco ovvero con sistema elettrico dove, essendo presente un solo detonatore, non si presentano problemi di potenza per l'esplosore.

Da un punto di vista teorico il sistema non elettrico, nella realizzazione di gallerie profonde ed a grande superficie presenta quindi indubbi vantaggi rispetto al tiro elettrico, unico gap è costituito dal fatto che tali detonatori sono prodotti esclusivamente con bossoletto in alluminio e

quindi non utilizzabili di gallerie a rischio gas (gallerie in classe 2 secondo la Nota Interregionale "Grisù").

6. La Nota Interregionale n° 16 "Esplosivi"

Proprio sulla scorta di quanto sopra le Regioni Toscana ed Emilia-Romagna nel giugno del 2002 avevano provveduto ad emanare una nota dove venivano indicate le corrette modalità di tiro con detonatori non elettrici in gallerie grisutose che avessero caratteristiche antigrisutose; in pratica si indicava un percorso ai produttori ed agli utilizzatori che potesse portare al superamento della normativa esistente (obbligo del tiro elettrico per le gallerie in classe 2) tramite la realizzazione di detonatori non elettrici che avessero caratteristiche antigrisutose ed in particolare che il bossolo in rame. Si sottolinea che l'interesse delle due Regioni, e quindi dei rispettivi Servizi di Prevenzione, è basato esclusivamente sul fatto che in determinati casi il tiro non elettrico presenta indubbi vantaggi rispetto a quello elettrico in termini di sicurezza per gli addetti.

Tale condizione non si è ancora realizzata ma si ha ragione di ritenere che le motivazioni che stanno alla base della Nota Interregionale n° 16 siano tuttora valide e pertanto si lascia ai vari soggetti la responsabilità, qualora ne condividano le motivazioni, di tenere aperta la strada che a suo tempo abbiamo indicato.

Lavori al fronte, dispositivi e procedure di sicurezza.

SOLUZIONI INGEGNERISTICHE INTRODOTTE DALLA NIR 41.

Bandini, A., Berry, P., Cormio, C.

Università di Bologna, Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM)

Abstract

La NIR 41 contiene soluzioni di ingegneria degli scavi e organizzative del cantiere rivolte, le une e le altre, ad eliminare, nella costruzione di gallerie, il pericolo che i lavoratori, impegnati nella zona limitrofa al fronte, siano colpiti dagli elementi di roccia o di terreno che si dovessero staccare dalle superfici “fresche di scavo”. La NIR considera solo gallerie di sezione molto ampia (sono tipici esempi quelle autostradali e quelle ferroviarie), scavate con tecnica tradizionale e con metodo a piena sezione.

Questi cantieri sono caratterizzati dal limitato numero di lavoratori, dalla disponibilità di ampi spazi operativi, dalla presenza di potenti e voluminose macchine operatrici, dalla notevole altezza delle cavità che rende problematico l'esame visivo da terra delle pareti e del fronte potenziale sede dei distacchi.

In breve, i cantieri considerati dalla NIR 41 sono, per dimensioni, molto diversi da quelli del manuale “Lavoro sicuro in galleria”, edito nel 1989 e curato dalla Società Italiana Gallerie (SIG) che, a sua volta, ha adattato all'esperienza italiana il manuale “Safe working in tunneling”, redatto nello stesso anno dalla Tiefbau – Berufsgenossenschaft (TBG) e dalla Research Association for Underground Transportation (STUVA).

Per centrare l'obiettivo di ridurre drasticamente le possibilità che si verifichino gravi incidenti, causati da caduta di porzioni di terreno o roccia, durante la realizzazione di queste opere, sono state introdotte dalla NIR 41 alcune importanti soluzioni di ingegneria degli scavi.

Nella presente memoria si esamina il contesto che ha portato alla redazione della NIR 41, i principi su cui si basano le soluzioni tecniche ed i risultati conseguiti.

1. Premessa

Gli scavi sotterranei, minerari o per opere civili, sono lavori tra i più pericolosi (Berry e Patrucco, 2011) se non altro perché ci si trova ad operare in un ambiente naturale (la crosta terrestre), poco conosciuto anche quando si spingono nel dettaglio le indagini propedeutiche al progetto e quelle in corso d'opera.

La sicurezza del cantiere sotterraneo è in parte dipendente dall'ambiente naturale che lo avvolge e che può dare luogo ad improvvise e violente invasioni di acqua e/o di gas, a frane più o meno imponenti (camini di collasso, sfornellamenti, ecc.), a distacchi progressivi o violente proiezioni (rock burst) di porzioni di roccia. A questi vanno aggiunti altri fattori che condizionano la sicurezza delle attività di scavo al fronte, quali ad esempio:

- la via di fuga, che è unica e può essere ingombrata da mezzi d'opera, impianti, mate-

riali ed attrezzature;

- gli spazi operativi, limitati in relazione alle dimensioni delle macchine operatrici e degli impianti, alle manovre dei mezzi d'opera, al trasporto di materiali ed attrezzature (ad esempio centine, tubi in vetroresina, bulloni);
- il piano di calpestio della galleria, le cui condizioni possono rendere difficoltosa una rapida fuga in caso di pericolo;
- le ampie superfici “fresche” di scavo, a ridosso delle quali è necessario operare.

Molte potenziali situazioni di pericolo possono essere esaltate in gallerie di piccolo diametro ed in quelle con limitata incidenza di lavoro meccanizzato. D'altra parte, con riferimento al pericolo di distacco e caduta di porzioni di roccia dal contorno della galleria, le piccole dimensioni rendono possibile, se non altro, un controllo visivo ed una valutazione della stabilità alla piccola sca-

la e permettono efficaci azioni di disaggio.

A partire dalla metà degli anni '50 si è assistito ad una rapida evoluzione delle macchine, degli impianti e delle tecnologie utilizzati nelle miniere occidentali. Tale evoluzione ha portato, in meno di venti anni, ad un incremento del 250% delle tonnellate di minerale estratte per turno, e ad un aumento della produzione annuale per minatore superiore a 9 volte (Nilsson, 1982). Questi valori oggi sono ampiamente superati grazie alla continua e rapida evoluzione della tecnologia nei settori meccanico, elettronico, informatico e dei controlli automatici.

Nell'ambito degli scavi sotterranei per opere civili le più evolute tecnologie hanno introdotto una maggiore meccanizzazione ed automazione delle attività elementari (scavo, smarino, consolidamento delle pareti e del fronte, ecc.), riducendo la manodopera necessaria ma imponendo il ricorso a personale non generalista ma qualificato a condurre solo una delle specifiche operazioni elementari e consapevole dei pericoli associati ad un moderno contesto organizzativo e ingegneristico. Per contro, nei cantieri italiani per la costruzione di gallerie, si vedono all'opera operai multi – funzione (fochini, jumbisti, palisti, lancisti, ecc.) che, non di rado, provengono anche da altre tipologie di cantieri temporanei.

Nella costruzione di moderne gallerie con ampia sezione del fronte, indicativamente variabile da 135 m² (gallerie ferroviarie a doppio binario quali quelle del Treno Alta Velocità – TAV – appenninico) a 195 m² (gallerie della Variante Autostradale di Valico – VAV), le fasi dello scavo con tecnica tradizionale sono tra le più pericolose, perché impongono la permanenza di operatori in prossimità di vaste superfici appena scavate che possono dare origine a rilasci e crolli di cunei o frammenti di roccia o masse di terreno incoerente. Il pericolo è presente anche nelle gallerie di piccola sezione, ma il danno è inferiore rispetto alle gallerie di grande sezione in relazione all'altezza del fronte (oltre 15 m) e, quindi, della diversa energia di impatto. Su questo aspetto si veda, ad esempio la figura 1 della memoria curata da Acerbis et al. (2013), che inquadra il fronte ed un operaio a terra posto a breve distanza dal fronte stesso. Con queste dimensioni gli esiti di distacchi, anche puntuali, possono essere estremamente gravi.

2. Pericoli e soluzioni per la sicurezza dei lavori al fronte

La NIR 41 affronta le fasi di lavoro al fronte più critiche e potenzialmente più pericolose, che imponevano di intervenire rapidamente con raccomandazioni, prescrizioni e soluzioni tecniche ed organizzative. Sono da considerare degne della massima attenzione, perché esposte a caduta di elementi di roccia o causa esse stesse del distacco:

- le operazioni in quota, con operai su piattaforme elevabili (messa in opera di bulloni e reti elettrosaldate, infilaggi al fronte, caricamento dell'esplosivo nei fori da mina);
- la messa in opera delle centine metalliche (posizionamento, controllo "a vista" con filo a piombo del suo corretto allineamento, collegamento alla centina precedente per mezzo delle cosiddette catene);
- il posizionamento del puntone ed il collegamento alla centina;
- la messa in opera di elementi strutturali per il consolidamento di prima fase.

Nei capitoli che seguono si esaminano i risultati ottenuti rispetto alle principali raccomandazioni tecniche, organizzative e procedurali per ridurre il pericolo di infortunio da crolli di materiale roccioso o terrigeno.

2.1 Piattaforme elevabili

Nel manuale "Lavoro sicuro in galleria", edito nel 1989 a cura della Società Italiana Gallerie (SIG), che si richiama al "Safe working in tunneling", redatto dalla Tiefbau – Berufsgenossenschaft (TBG) e dalla Research Association for Underground Transportation (STUVA) sono rappresentati numerosi schemi di lavori in quota eseguiti con piattaforme elevabili protette da strutture che riparano gli operai da impatti provocati da rilasci di roccia.

Dovrebbe essere del tutto logico, razionale e corretto, sotto il profilo meramente ingegneristico, utilizzare in galleria solo macchine attrezzate con strutture FOPS e Front Guard, per salvaguardare da infortuni l'operatore in cabina e quelli sulla piattaforma. La norma europea UNI EN 791 (edizione maggio 1997) impone che le piattafor-

me di lavoro, montate sul braccio di macchine perforatrici destinate ad operare in sotterraneo (Drilling Jumbo Machine) siano dotate di struttura FOPS conforme alla ISO 3449.

Per contro, nella costruzione delle gallerie ap-

penniniche era del tutto usuale (Figura 1) il ricorso a piattaforme mobili, installate su sollevatori telescopici, disegnate per l'impiego nel settore industriale, edilizio o agricolo, ove la protezione FOPS non ha senso tecnico.



Fig. 1 Esempi di piattaforme elevabili operanti al fronte prima dell'introduzione della NIR 41

È stato quindi necessario varare, da parte dell'Azienda USL di Bologna e del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM, già DICMA) dell'Università di Bologna, una serie di azioni orientate ad eliminare questa grave anomalia. Con i principali costruttori di macchine con piattaforme elevabili e gli utilizzatori sono state esaminate le soluzioni tecniche più idonee a tutelare la sicurezza dei lavoratori ed a permettere di eseguire qualsiasi tipo di attività in quota nelle migliori condizioni e senza penalizzare la produttività.

In particolare, tenuto conto delle dimensioni e della morfologia dei fronti e delle diverse tipologie di lavoro che richiedono l'uso delle piattaforme, sono stati fissati i requisiti:

- meccanici, relativi alla resistenza della struttura di protezione quando la piattaforma è a terra, e del sistema piattaforma – braccio meccanico, nella situazione in cui l'energia dell'elemento di roccia impattante sia assorbita dall'intera macchina nella configurazione più sfavorevole (massimo sbraccio e massima portata);
- dimensionali e morfologici, considerando che la probabilità di impatto è tanto più ridotta quanto minore è la superficie esposta, e che la piattaforma deve ospitare non più di due minatori in uno spazio operativo di ampiezza adeguata.

Una volta stabiliti i criteri progettuali si è sollecitata la costruzione, la sperimentazione sul campo e l'adozione delle soluzioni ottimizzate rispetto alle esigenze di lavoro in condizioni di sicurezza in tutte le gallerie VAV e TAV. In Figura 2 è rappresentata una delle piattaforme costruite in conformità con i requisiti fissati dalla NIR 41. Si è imposto che la geometria della piattaforma non deve impedire lavori sulla volta della galleria al di sopra della struttura di protezione e deve permettere l'accostamento al profilo curvilineo della volta della galleria, affinché le maestranze, per eseguire il lavoro, non pongano in essere comportamenti pericolosi.



Fig. 2 Piattaforma elevabile progettata e realizzata in conformità alle indicazioni della NIR 41

2.2 Posa in opera delle centine

La messa in opera delle centine è una delle fasi più pericolose perché è un'operazione che:

- deve essere svolta, in molti casi, a poche decine di centimetri dal fronte;
- richiede molto tempo di permanenza in prossimità del fronte per essere portata a termine;
- è ad elevato contenuto di lavoro manuale;
- può indurre il distacco ed il crollo di porzioni del contorno;
- può richiedere azioni di riprofilatura (con martello demolitore o benna) mentre si sta portando sulla verticale la centina.

Nella Figura 3 è rappresentata la fase in cui la centina viene portata verso il vertice della galleria. Una volta eretta, inizia la fase di



collegamento alla centina precedente. Le catene dei piedritti sono ancora oggi poste in opera da personale non protetto contro la caduta di gravi.

Così come tutte le altre fasi che impongono la presenza di lavoratori a ridosso del fronte appena scavato (ad esempio le piattaforme elevabili), anche questa fase di lavoro è piuttosto arretrata rispetto al progresso tecnologico che ha caratterizzato lo scavo di opere in sotterraneo. Conseguentemente, la posa in opera delle centine e di tutte le operazioni ad essa connesse è stata oggetto, da parte dell'organo di controllo, di costante osservazione e di ripetute sollecitazioni ai Committenti ed agli Appaltatori delle gallerie appenniniche, affinché venissero attivati studi e ricerche rivolti ad individuare soluzioni tecniche, meccanizzate o robotizzate, in grado di ridurre drasticamente i pericoli associati alla presenza di uomini al fronte.



Fig. 3 Sollevamento delle centine cui segue l'aggancio con catene a quella precedente e il controllo di planarità. A destra l'immagine riprende un uomo a terra a poche decine di centimetri dal fronte (in basso a destra) ed uno su piattaforma elevabile. Le immagini sono di un periodo precedente l'emanazione della NIR 41 e, infatti, le piattaforme hanno strutture di protezione non in linea con quanto stabilito dalla nota interregionale.

Tale stimolo, formalizzato nella NIR 41, ha portato recentemente alla realizzazione di un sistema robotizzato di messa in opera delle centine (brevetto "Centina Sicura"; Palchetti, 2013). Si tratta di una soluzione di rilevante valore tecnico, che elimina la presenza di uomini a ridosso del fronte, sottoposti al pericolo di caduta di gravi, ed incrementa sensibilmente la produttività. Questi risultati dimostrano, ove ve ne fosse ancora bisogno, che l'adozione di soluzioni ingegneristiche innovative o d'avanguardia, rivolte a tutelare al massimo livello la sicurezza, non penalizzano la produttività e possono migliorarla.

L'idea della "Centina Sicura" è di Palchetti

(Direttore Tecnico della Ghella S.p.A.) che ne ha curato la progettazione e la realizzazione su costante incoraggiamento, oltre che dell'Ing. Ghella, anche di Autostrade per l'Italia S.p.A. (Ing. Tozzi) e di SPEA Ingegneria Europea S.p.A. (Ing. Selleri). La sperimentazione in situ è stata seguita anche da AUSL Bologna (Ing. Calzolari) e DICAM (Prof. Berry) che hanno contribuito con suggerimenti quali l'introduzione dei fari di profondità, di telecamere con visualizzazione su schermo in cabina e di un comando di sgancio automatico delle pinze che sorreggono i piedritti durante il trasporto. La centina, assemblata fuori dalla galleria, è trasportata al fronte dall'unico operatore che esegue completamente tutta la posa

in opera della centina (Figura 4).

La sperimentazione realizzata nella canna Sud della galleria Sappanico (autostrada A14) ha dimostrato che la posa in opera della “Centina

Sicura”, si completa in un tempo di 40 minuti, ampiamente migliorabile con un prolungamento dell’addestramento dell’operatore stesso.

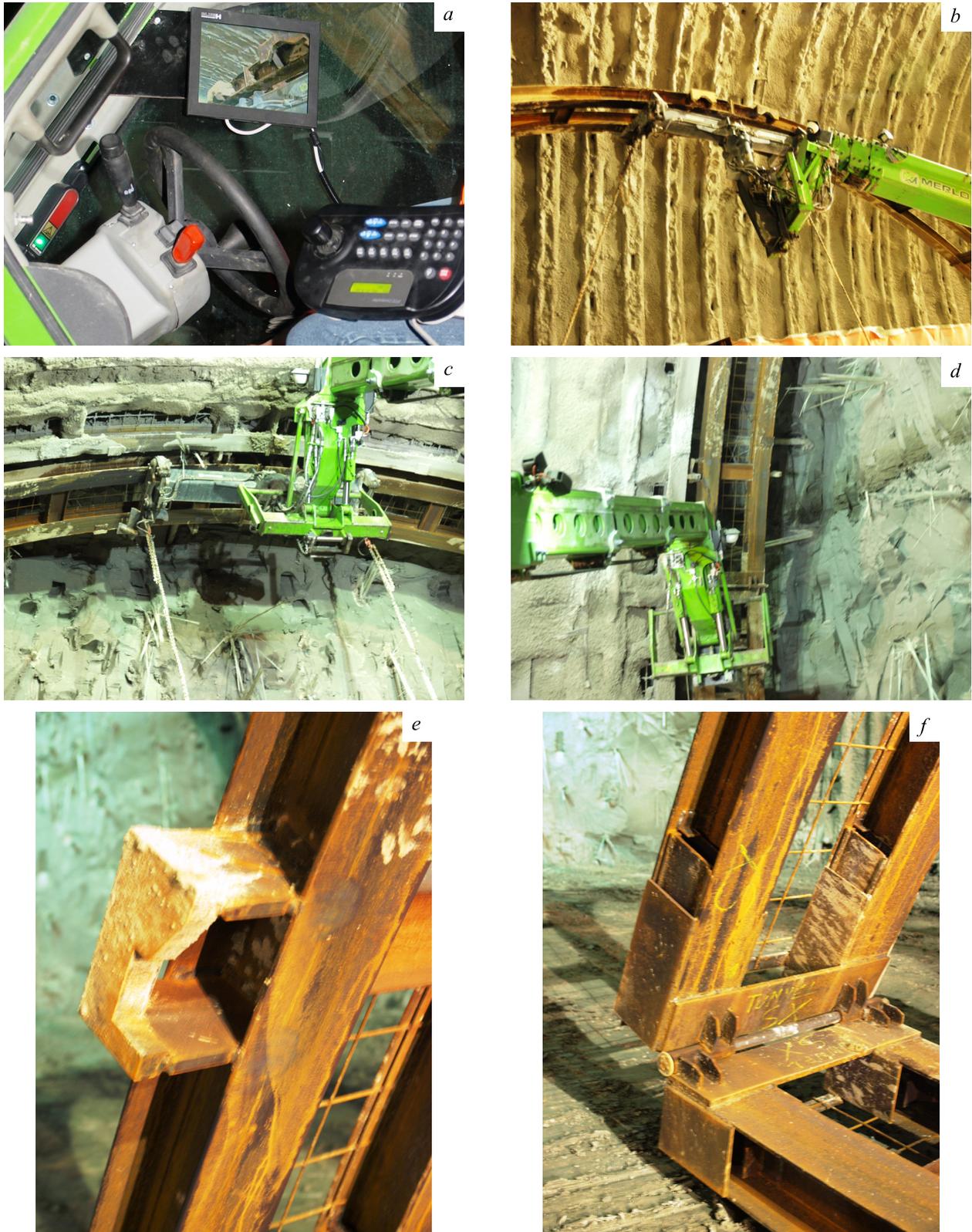


Fig. 4 Sistema Centina Sicura: a) schermo per eseguire le operazioni con tastiera e joystick dalla cabina del sollevatore; b) sollevamento con utensile progettato ad hoc per orientare la centina; c) aggancio al culmine della corona della galleria; d) aggancio alla centina precedente lungo il perimetro; e) particolare del profilato disegnato per l’aggancio rapido lungo il perimetro; f) sistema a ghigliottina che rende solidale i due piedritti a terzo elemento della centina (corona).

2.3 Disgaggio

La NIR 41 ha dedicato ampio spazio a questa attività che è svolta in Italia con modalità che possono dare luogo a condizioni potenzialmente pericolose. Nonostante le chiare indicazioni della nota interregionale, allo stato attuale non si sono registrate variazioni, neanche minime, nelle procedure o nelle soluzioni tecniche adottate, ed alcuni cantieri nel territorio italiano sono stati funestati da gravi incidenti attribuibili ad operazioni di disgaggio non conformi a quanto disposto dalla NIR 41.

Il disgaggio è un'operazione tecnica della massima importanza per la sicurezza dei lavoratori al fronte. Con questa attività, che deve essere eseguita dopo ogni avanzamento, si rimuovono limitati volumi di roccia, potenzialmente instabili per locali sfavorevoli condizioni geo-strutturali, per la riduzione dei valori di resistenza causata dalle azioni di scavo (dalla volata o dai colpi del martello demolitore) e/o dall'interazione tra fratturazione indotta ed assetto geo-strutturale.

Il disgaggio è, inequivocabilmente, una sollecitazione statica, associata ad una rotazione assai contenuta, di un palanco d'acciaio che provoca l'estrazione di una porzione rocciosa, potenzialmente instabile, dalle pareti, dalla calotta e dal fronte della galleria. Il palanco ha un'estremità a punta e l'altra a forma di lama tozza (Figura 5) ed è manovrato manualmente. L'azione è assimilabile a quella di un grimaldello (incuneamento e rotazione della leva). Nel caso di porzioni instabili di terreno debolmente coeso, si ricorre alla benna di un escavatore (Figura 5).

È un'operazione del tutto usuale nelle gallerie minerarie di servizio, non rivestite, ispezionate periodicamente da squadre di disgaggiatori. Anche nelle gallerie civili in costruzione, con diametro "equivalente", indicativamente, non superiore a circa 7 - 8 m, il disgaggio in prossimità del fronte era eseguito manualmente (Figura 5).

Il notevole ampliamento della sezione delle gallerie civili ha portato alla dismissione del disgaggio manuale. La diffusione massiccia di pesanti martelli demolitori, utilizzati per la frantumazione del fronte in alternativa alla tecnica della perforazione e sparo, ha consentito

di realizzare avanzamenti del fronte con elevati livelli produttivi. Il loro impiego per operazioni di riprofilatura, spesso identificate con il termine "disgaggio", non può essere assimilato alla corretta bonifica del contorno e del fronte della galleria per impedire la pericolosa caduta di elementi lapidei. Si tratta, piuttosto, di un'attività riconducibile ad una fase produttiva.

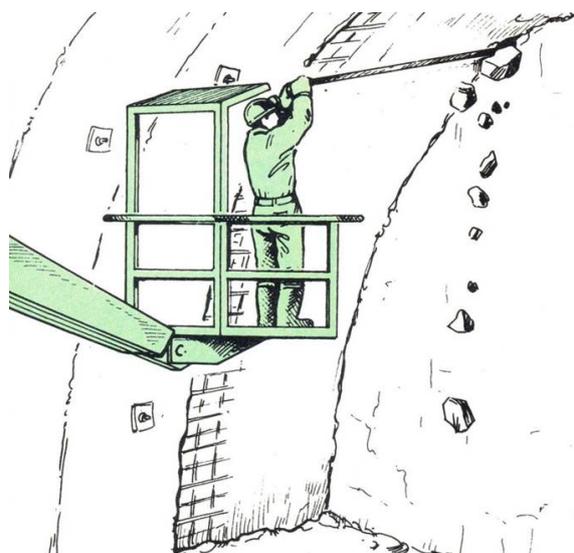
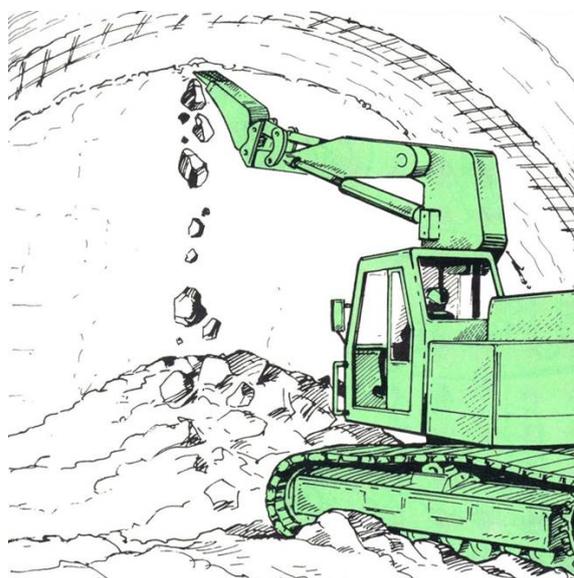


Fig. 5 Dall'alto verso il basso: punte di palanchini (fonte: Aramine SAS); disgaggio con benna e manuale di porzioni potenzialmente instabili (fonte: SIG, "Lavoro sicuro in galleria, 1989).

La letteratura specialistica internazionale sconsiglia il disgreggio con i pesanti martelli demolitori (Kuchta, 2001), poiché la maggior parte della notevole energia che queste macchine sono in grado di erogare è trasferita a porzioni sane di roccia, conseguentemente fratturate e rese instabili (propagazione dell'instabilità). Le sollecitazioni prodotte da urti o carichi statici su superfici di contatto puntuali sono notevolmente elevate e inducono uno stato di fratturazione le cui caratteristiche sono state determinate sia sperimentalmente sia con modelli fisici e matematici (Dutta, 1972; Howarth e Bridge, 1988; Hughes, 1986; Lindquist, 1984; Lundberg, 1974; Pariseau e Fairhurst, 1967; Paul e Sikarskie, 1965). In Figura 6 sono schematicamente riprodotti gli effetti di urti con un utensile a punta.

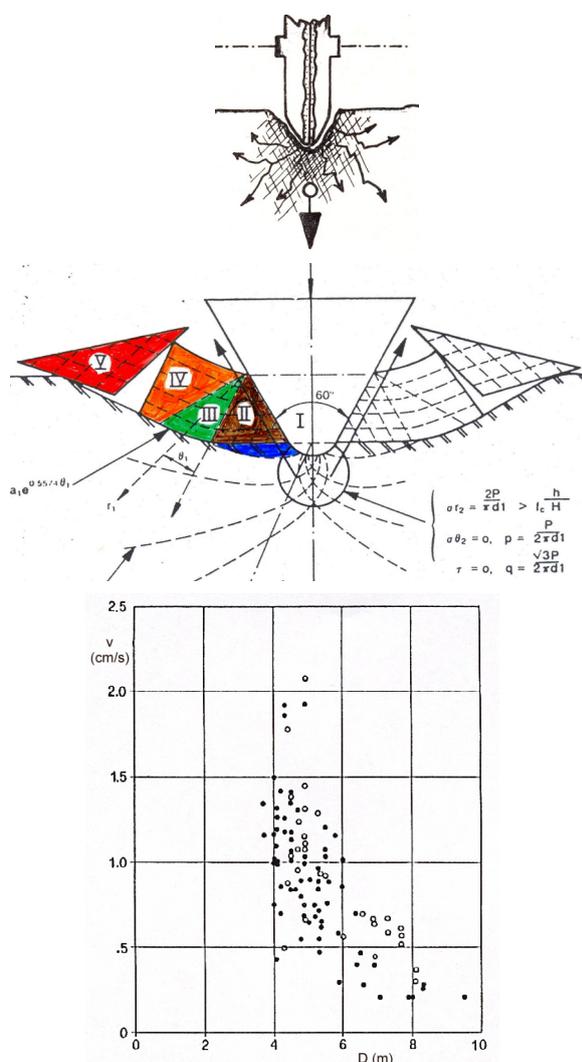


Fig. 6 Dall'alto verso il basso: schema dello stato di fratturazione indotto; risultato del modello di Hughes (1986); sismicità indotta da martello demolitore in calceare (Berry e Dantini, 1986)

Tutti i risultati di indagini sperimentali e di modelli fisico – matematici convergono nel definire assolutamente improprio eseguire il disgreggio di sicurezza ricorrendo ad urti. I pesanti martelli in uso nei cantieri sono scelti per frantumare massicci ad elevata resistenza e, quindi, sono tra i più pesanti delle diverse serie prodotte.

Solitamente, queste macchine fanno parte della dotazione delle Imprese costruttrici e vengono utilizzate per lavori di abbattimento, da realizzare in un ampio spettro di appalti relativi a scavi in massicci rocciosi molto diversi sotto il profilo del comportamento meccanico. L'acquisto (una tantum) è, quindi, orientato verso la massima produttività (m^3 di volume abbattuto in un turno), che corrisponde a valori elevati di energia per colpo, nei massicci più resistenti. A titolo di esempio (Figura 7) martelli demolitori della classe 12000 (14.000 J/colpo) possono frantumare oltre $125 m^3$ /ora se la resistenza della roccia non supera i 100 MPa. In massicci più resistenti (280 – 330 MPa) la produttività attesa è $5 m^3$ /ora. Martelli in grado di fornire 6.000 J/colpo sono utilizzabili fino a resistenze di 220 MPa (circa $2 m^3$ /ora).

La Figura 8 mostra il profilo dello scavo rilevato con "Laser Scanner" sovrapposto al profilo di scavo ed alla sezione di progetto, evidenziando sovrascavi prodotti sia da un inappropriato disegno di volata sia dall'utilizzazione di un pesante martello demolitore (energia per colpo $> 6880 J$ /colpo). L'ampio sovrascavo prossimo al fronte corrisponde ad un distacco che si è verificato poche ore dopo l'ultimazione del cosiddetto disgreggio.

Per ottenere la rimozione di porzioni di roccia potenzialmente instabili sarebbe sufficiente che i cantieri si dotassero, quanto meno, di un secondo martello a bassa energia per colpo (un centinaio di joule per colpo). Questa soluzione non è conforme alla definizione di disgreggio (scalzamento), tuttavia riduce notevolmente gli effetti indotti dall'impatto.

Per realizzare un disgreggio di sicurezza meno invasivo sono disponibili diverse macchine "dedicate" con possibilità di movimenti multipli (Figura 9), che consentono azioni di scalzamento ed urto fino ad altezze di circa 10 m.

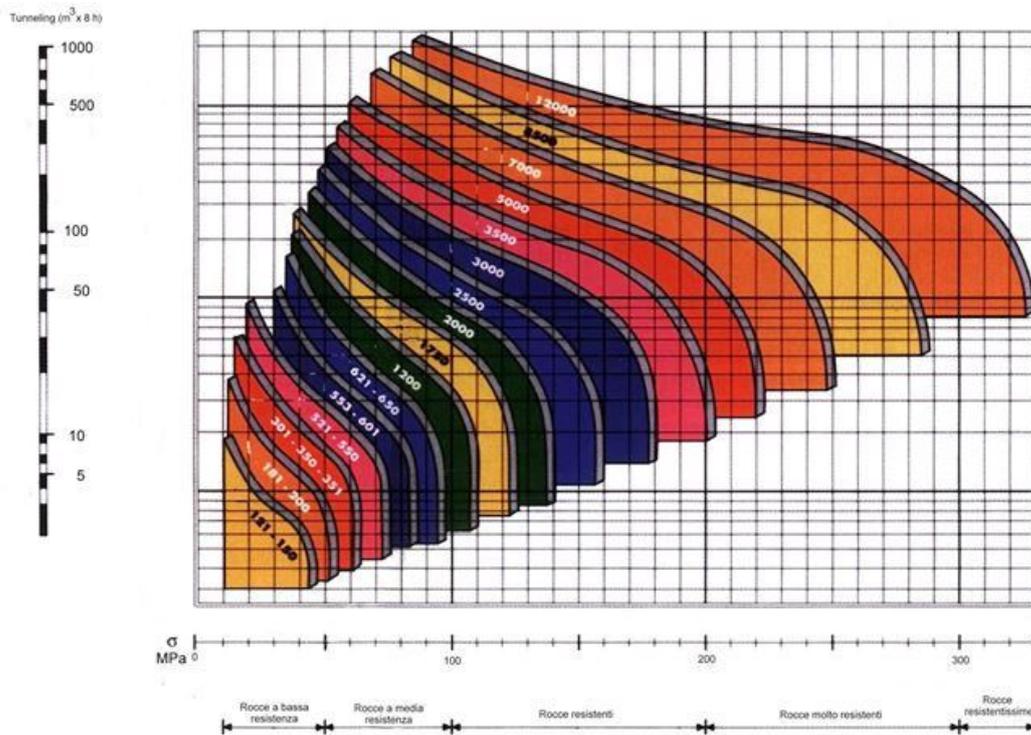


Fig. 7 Abaco che mette in relazione la resistenza della roccia, la produttività e le caratteristiche dei martelli demolitori (Bringiotti, 1996).

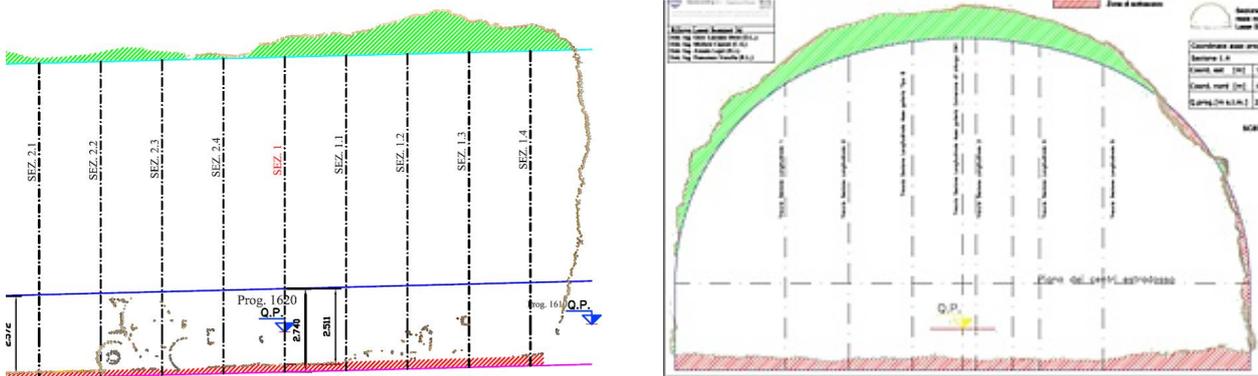


Fig. 8 In verde i sovrascavi rispetto alla sezione di progetto, in rosso i sottoscavi. L'avanzamento della galleria è ottenuto con perforazione e sparo cui segue la riprofilatura (Berry, 2010).

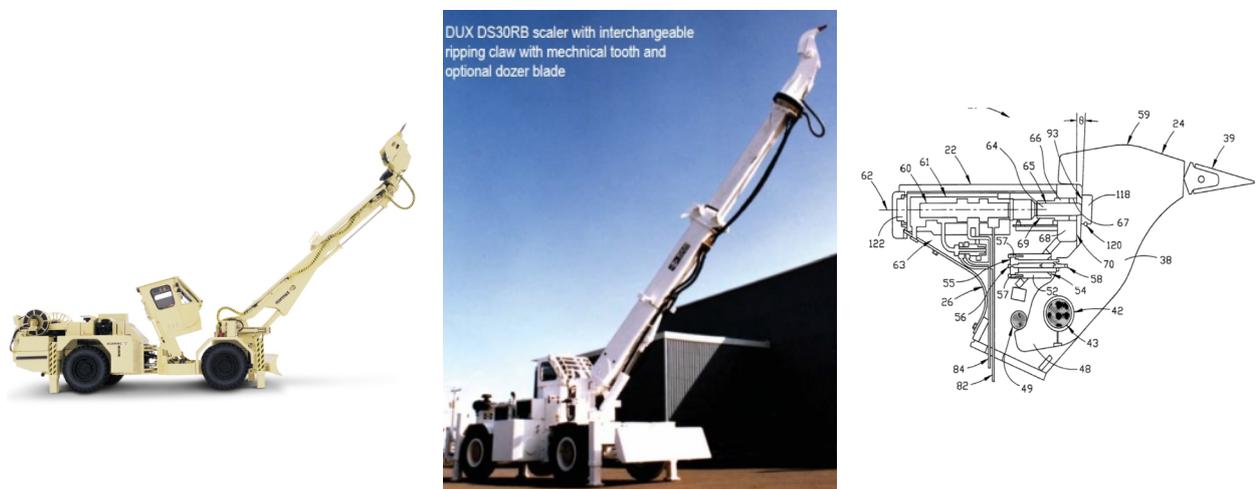


Fig. 9 Da sinistra a destra: disaggiatore SCAMEC 2000; disaggiatore DS30RB High Production DUX DS series Scalers della Dux Machinery Corp.; punta brevettata di disaggiatore (US Patent 7,207,633, 2004).

2.4 Ampliamento di gallerie in esercizio senza sospensione del traffico

Un'ulteriore applicazione dei principi contenuti nella NIR 41 è il sistema realizzato per l'allargamento, senza interruzione dell'esercizio, della galleria Montedomini, lotto 5 dell'autostrada A14. L'ampliamento è ottenuto, parzializzando la sezione, con un pretaglio perimetrale, destinato all'immediata messa in opera del priverivestimento, cui segue lo scavo dell'anello compreso tra l'intradosso del priverivestimento e l'estradosso della galleria in esercizio (Mazzeo, 2013).

Il metodo è una versione radicalmente aggiornata del cosiddetto e ben noto "metodo Nazzano" sperimentato alla fine degli anni '90 nei lavori di ammodernamento dell'autostrada A1. Il sistema multifunzione, composto da macchina per il pretaglio, messa in opera del guscio di pretaglio, scavo dell'anello di allargamento, macchina posa conci, è all'avanguardia nel settore dell'ingegneria degli scavi sotto il profilo della produttività e della sicurezza in fase di avanzamento del fronte.

Anche in questo caso, così come per la "Centina Sicura", la ricerca e la sperimentazione, sollecitate dalla NIR 41, di più avanzate soluzioni tecnologiche e gestionali nella fase di avanzamento del fronte ha prodotto gli elevati livelli di sicurezza attesi.

Ancora una volta, il sistema profondamente innovativo è stato realizzato da Ghella S.p.A., con il contributo di idee e la supervisione di Palchetti, in armonia con quanto dispone la NIR 41:

"In sede di progetto deve essere valutata attentamente l'adottabilità delle più recenti soluzioni tecniche disponibili, prediligendo quelle a minore intensità di lavoro manuale ed in grado di tutelare, al massimo livello desumibile dai più avanzati risultati della ricerca tecnologica e gestionale, i lavoratori esposti al pericolo di impatto conseguente a caduta di gravi."

2.5 Il ruolo della progettazione e del responsabile dei lavori al fronte

L'analisi di alcuni incidenti e di situazioni critiche rispetto all'effettiva tutela contro potenziali distacchi di elementi di roccia dal

fronte e dalle pareti fresche di scavo, ed i conseguenti impatti su uomini e macchine, ha posto l'accento su significativi limiti nella progettazione e sulla necessità di assicurare la presenza continua di un tecnico in grado di dirigere con competenza i lavori al fronte.

Va subito anticipato che anche su questi due aspetti trattati dalla NIR 41 si sono registrate significative resistenze all'attuazione di quanto disposto o inadeguate applicazioni quali quelle riguardanti il preposto al fronte.

La NIR 41 non fa altro che richiamare un concetto che dovrebbe essere patrimonio culturale consolidato dell'ingegneria degli scavi: ogni scelta progettuale deve essere assolutamente compatibile con la sicurezza degli operatori che debbano avvicinarsi al fronte per eseguire le diverse fasi di lavoro.

Ciò sta a significare che il progettista non deve limitarsi ad indicare soluzioni che assicurino la stabilità del cavo "su grande scala", nel breve e nel lungo periodo, ma deve scegliere tra le diverse possibili soluzioni quella che limiti al massimo livello i potenziali pericoli per le maestranze. Il passo delle centine, lo spessore dello spritz beton, l'uso della rete elettrosaldata o delle fibre, l'utilizzazione o meno di bulloni di un certo tipo, lunghezza e spaziatura sono soluzioni che devono essere valutate attentamente rispetto al livello di sicurezza che sono in grado di garantire.

La NIR 41 ha ribadito, entrando nello specifico, quanto previsto dalla normativa nazionale ed internazionale, ovvero che qualsiasi soluzione si voglia adottare deve essere esente da rischi per la sicurezza del personale o, quanto meno, potenziali pericoli devono essere ridotti al minimo in relazione al progresso tecnico e, in ogni caso, in fase di progettazione e di esecuzione si deve sostituire ciò che è pericoloso con ciò che non lo è.

In altri termini, il progetto deve considerare le potenziali instabilità locali che si possono manifestare con l'avanzamento del fronte e deve determinare le soluzioni tecniche ed organizzative più efficaci per impedire che si concretizzino.

Il ruolo del progetto ed il vincolo che impone alle soluzioni di considerare la tutela della sicurezza è formalizzato in molte normative internazionali. Ad esempio, l' Ordinanza sulla

sicurezza e la protezione della salute dei lavoratori nei lavori di costruzione (OLCostr 29 giugno 2005), emanata dal Consiglio Federale Svizzero, impone che i posti di lavoro devono essere organizzati e protetti in modo tale che nessuno venga messo in pericolo da scoscendimenti o franamenti di roccia.

La Commissione federale di coordinamento per la sicurezza sul lavoro (CFSL), della Confederazione Svizzera, con la Direttiva CFSL 6514 (2005), impone al paragrafo 10.1, intitolato “Scelta del metodo d'avanzamento”, che:

“il metodo d'avanzamento, il tipo di macchine per lo scavo di gallerie, la ripartizione delle sezioni, la lunghezza d'abbattimento nonché il tipo di consolidamento della roccia ed il momento di applicarlo devono essere determinati tenendo conto degli aspetti della sicurezza sul lavoro”.

Al paragrafo 10.2 “Misure di protezione” si legge (si riportano stralci del paragrafo):

“i requisiti di cui all'art. 71 dell'OLCostr RS 832.311.141 sono considerati soddisfatti se si applicano le seguenti misure di protezione:

- *nei settori senza rivestimento si adottano per principio – subito dopo il fronte di avanzamento – misure di sicurezza contro la caduta di pietre;*
- *nei pozzi vengono adottate in continuazione e su tutta la profondità misure di protezione contro la caduta di pietre dalla parete del pozzo;*
- *negli avanzamenti in materiale instabile, in materiale sciolto o in rocce fortemente fratturate, contro il distacco di materiale o i franamenti si esaminano e, se del caso, si adottano soluzioni tecniche adeguate.”*

Al paragrafo 10.3 “Scelta delle installazioni tecniche per consolidare lo scavo” si legge:

“la scelta delle installazioni tecniche per consolidare lo scavo deve avvenire in modo che le persone incaricate di svolgere questi lavori siano protette nella misura del possibile contro il distacco di materiale, ad esempio utilizzando: dispositivi di ancoraggio; manipolatori per

rivestimenti di calcestruzzo spruzzato; apparecchi per la posa di centine metalliche; posa di conci prefabbricati.”

Anche la necessità di assicurare la presenza continua di un tecnico in grado di dirigere con competenza i lavori al fronte è patrimonio comune delle normative internazionali. Anche in Italia, nel passato, era prassi comune la presenza in galleria di un tecnico assistente del direttore del cantiere (giovane ingegnere, diplomato di istituto tecnico, ecc.). Attualmente, in molti cantieri il turno è governato da un operaio anziano che partecipa alle diverse fasi di lavoro.

In linea generale si è assistito ad una attuazione, di quanto disposto dalla NIR 41, limitata a fare seguire un corso di qualche ora ad operai anziani destinati a svolgere il ruolo di preposto al fronte. È del tutto evidente che questa soluzione non soddisfa né lo spirito né la lettera della NIR 41. L'intendimento della Nota Interregionale era ed è quello di imporre la presenza al fronte di un tecnico specialista di livello culturale tale da potere svolgere con competenza attività di valutazione e di previsione del comportamento del massiccio roccioso alla “piccola scala” considerando anche le potenziali interazioni con le fasi di lavoro.

La già citata Direttiva CFSL 6514 (2005) stabilisce i requisiti del responsabile dei lavori a fronte (paragrafo 10.7):

“il responsabile sul posto deve essere in grado:

- *di riconoscere per tempo qualsiasi variazione delle caratteristiche della roccia;*
- *di adottare immediatamente le misure di protezione necessarie;*
- *di decidere in merito alla prosecuzione del lavoro e, se necessaria, di ricorrere tempestivamente a specialisti.”*

Quanto dispone la Confederazione Svizzera è in linea con altre Normative. A titolo di esempio si ricorda che la normativa di sicurezza dello Stato dell'Oregon (USA), così come quella dello Stato del New South Wales (Australia) impongono la presenza al fronte della «Competent Person», così definita:

- *tecnico capace di identificare e predire*

potenziali pericoli, autorizzato a prendere iniziative rivolte ad eliminarli;

- responsabile del monitoraggio (con tutte le funzioni previste dalla NIR 28);
- verifica le condizioni di stabilità dell'area di lavoro;
- ispezione le macchine operatrici prima della loro utilizzazione e gli impianti prima di ogni turno.

Ogni altra normativa internazionale impone competenze del tutto riconducibili a quelle riassunte nei capoversi precedenti.

3. Conclusioni

La NIR 41 ha fatto registrare progressi verso migliori condizioni di sicurezza al fronte per quanto riguarda i lavori in quota con piattaforme elevabili, per le quali la NIR ha imposto l'adozione di strutture di protezione contro l'impatto di clasti che si staccano dal contorno e dal fronte della galleria. La sensibilità di uno dei più importanti committenti e di una delle maggiori imprese di costruzioni ha concretizzato le sollecitazioni della NIR 41 per Studi e Ricerche rivolte alla "robotizzazione della posa in opera della centine". Oggi è possibile portare a termine questa fase con un solo uomo a bordo di una macchina da cui comanda con sistemi automatici tutte le fasi che portano ad installare la centina.

Su altri importanti temi trattati dalla NIR si devono riconoscere ritardi e resistenze, da parte di appaltatori e committenti, del tutto ingiustificabili, considerato che quanto disposto dalla NIR è basato sui più avanzati risultati della ricerca scientifica e tecnologica, sulla più recente normativa internazionale dei Paesi più avanzati europei ed extra europei sulle modalità operative dei più importanti cantieri internazionali.

Bibliografia

Acerbis, R., Barbieri, G., Collotta, T., Selli, A., Applicazione delle NIR 41 e 43 nella progettazione di gallerie di grandi dimensioni. Atti del Workshop NIR 2013 – Note Interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie, Università di Bologna, 4 – 5

Luglio 2013.

Berry, P., Relazione Tecnica d'Ufficio, P.P. n. 2991/2009 R.G.N.R. Procura della Repubblica del Tribunale di Verbania, luglio 2010.

Berry, P., Dantini, E.M., Role of Blasting Control in Excavation Works near a Preexisting Tunnel. Atti International Conference on Rock Engineering and Excavation in an Urban Environment, IMM, pp. 15–25, Hong Kong, 1986.

Berry, P., Patrucco, M., Commento di Paolo Berry e Mario Patrucco (art. 89-104). Capitolo inserito in: La nuova sicurezza sul Lavoro – D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e successive modificazioni. Vol. II. Gestione della prevenzione. Collana le riforme del Diritto Italiano; p. 134 – 146, Zanichelli ed., 2011.

Bringiotti, M., Guida al tunneling: l'arte e la tecnica. Editore PEI, Parma, 1996.

Direttiva CFSL 6514, Lavori sotterranei, ottobre 2005.

Dutta, P.K., A theory of percussive drill bit penetration. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts 9, 543–544, 1972.

Howarth, D.F., Bridge, E.J., Microfracture beneath blunt disc cutters in rock. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts 25, 35–38, 1988.

Hughes, H.M., The relative cuttability of coal-measures stone. Mining Science and Technology 3, 95–109, 1986.

ISO 3449, Macchine movimento terra - Strutture di protezione contro la caduta di oggetti - Prove di laboratorio e requisiti di prestazione, 2009.

Kuchta, M.E., The use of high-pressure water for scaling of loose rocks in mine openings. Atti 32° Annual Institute on Mining Health, Safety & Research, Salt Lake City (Utah), 5 – 7 August 2001.

Lindqvist, P-A., Stress fields and subsurface crack propagation of single and multiple rock indentation and disc cutting. Rock Mechanics and Rock Engineering 17, 97–112, 1984.

Lundberg, B., Penetration of rock by conical indenters. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts 11, 209–214, Pergamon, 1974.

Mazzeo, F., Ampliamento della Galleria Monte Domini. Nuove tecnologie per lo scavo in presenza di traffico. Atti del Workshop NIR 2013 – Note Interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie, Università di Bologna, 4 – 5 Luglio 2013.

New South Wales Government (Australia), Tunnels under construction. Code of practice. 2006.

Nilsson, D., Open-pit or underground mining. Capitolo inserito in: Hustrulid, Underground Mining methods Handbook. Editore: William A. Hustrulid, W.A. Society of Mining Engineers of The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., New York, 1982.

OLCostr 29 giugno 2005, Ordinanza sulla sicurezza e la protezione della salute dei lavoratori nei lavori di costruzione.

Oregon Occupational Safety and Health Division (Oregon OSHA), Underground Construction. Tunneling. 1989.

Palchetti, F., Nuovo sistema per il montaggio di centine in galleria senza la presenza di personale al fronte. Atti del Workshop NIR 2013 – Note Interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie, Università di Bologna, 4 – 5 Luglio 2013.

Pariseau, W.G., Fairhurst, C., The force-penetration characteristic for wedge penetration into rock. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts 4, 165–180, 1967.

Paul, B., Sikarskie, D.L., A preliminary theory of static penetration by a rigid wedge into a brittle material. Trans. AIME, 232, 372-383, 1965.

Società Italiana Gallerie (SIG), Lavoro sicuro in galleria. Milano, 1989.

UNI EN 791, Macchine perforatrici – Sicurezza, maggio 1997.

US Patent 7,207,633, Scaling assembly. October 7, 2004.

APPLICAZIONE DELLE NIR 41 E 43 NELLA PROGETTAZIONE DI GALLERIE DI GRANDI DIMENSIONI.

Acerbis, R., Barbieri, G., Collotta, T., Selleri, A.
Spea Ingegneria Europea SpA

Abstract

La nota illustra l'applicazione delle NIR 41 e NIR 43 nelle fasi progettuale e realizzativa delle gallerie della Variante di Valico appenninica dell'autostrada Milano-Napoli (A1), nel tratto compreso tra Sasso Marconi e Barberino di Mugello (16 gallerie, di cui 13 a doppia canna, per uno sviluppo complessivo di 52 km). Si tratta di gallerie scavate "a piena sezione", con dimensioni della sezione del tutto eccezionali, con ampiezza dei fronti dell'ordine di 180 m² e altezze di scavo di 12 - 13 m.

Sin dalle fasi progettuali, gli sforzi di Spea Ingegneria Europea SpA sono stati orientati a garantire il massimo livello di sicurezza delle maestranze impegnate nei lavori di scavo, adottando i più aggiornati metodi e mezzi di indagine, di caratterizzazione geomeccanica, di analisi e calcolo, nonché le più opportune tecnologie e fasi di lavoro; in corso d'opera è stata adottata ogni ulteriore azione intesa ad aumentare la sicurezza alla luce dei risultati dei rilievi e monitoraggi programmati in sede di progetto. Si è andato inoltre consolidando l'approccio progettuale che impone di considerare gli aspetti legati alla sicurezza già nelle primissime fasi della progettazione, attraverso il confronto continuo e diretto tra progettisti e responsabili della sicurezza.

1. Le nuove problematiche progettuali

L'Adeguamento del Tratto Appenninico dell'Autostrada A1, la cui realizzazione ha avuto inizio nei primi anni 2000, è stato caratterizzato da un lungo e travagliato percorso autorizzativo, le cui radici risalgono a più di 20 anni fa. La progettazione delle opere in sotterraneo ha subito diversi aggiornamenti progettuali, anche in corso d'opera, alla luce della revisione delle Norme Tecniche per le Costruzioni, delle Note Interregionali e di nuovi sviluppi sia in termini di approcci progettuali e tecnologici.

1.1 Le grandi dimensioni

Le gallerie del tracciato sono caratterizzate dalle straordinarie sezioni di scavo (dell'ordine di 170-190 m²), dalle altezze dei fronti di scavo (dell'ordine di 12-13 m), dalla complessità geomeccanica degli ammassi rocciosi attraversati, dalle condizioni geomorfologiche difficili.

Le notevoli dimensioni dei fronti di scavo hanno incrementato i problemi di stabilità al fronte, le difficoltà di controllo delle deformazio-

ni del cavo, le difficoltà di controllo dei volumi persi e delle deformazioni in superficie. Con queste geometrie è importante garantire non solo la stabilità globale del fronte (tipicamente nei flysch appenninici si è arrivati ad utilizzare anche più di 130 VTR per fronte di scavo, con sovrapposizioni tipicamente di 8 - 12 m, per un contributo offerto dai VTR superiore a 20.000 kN, per ogni fronte), ma anche tutelare la sicurezza dando la massima importanza al controllo della stabilità "puntuale", di singole porzioni o cunei (stabilità "a piccola scala"), risultando peraltro i due temi (stabilità globale e puntuale) strettamente connessi. In particolare, tanto più sono controllati i processi di pre-convergenza del fronte tanto più è facile circoscrivere le aree dello stesso in cui possono svilupparsi fenomeni di instabilità locale e dove, quindi, concentrare interventi di disgiungimento e rinforzo/preconsolidamento.

Quello che si vuole evidenziare è che in ogni caso il progettista è chiamato ad un compito notevolmente gravoso, dovendo vincere ad ogni campo di avanzamento la sfida del controllo della stabilità e della sicurezza di un "muro" alto 12 m, con "sovraccarichi" di entità non facilmente

quantificabili.

Tali aspetti hanno comportato affinamenti ed adeguamenti progettuali in corso d'opera, sulla base delle esperienze via via acquisite durante la

realizzazione dell'opera stessa, non potendo fare riferimento a specifiche esperienze pregresse, anche di letteratura.

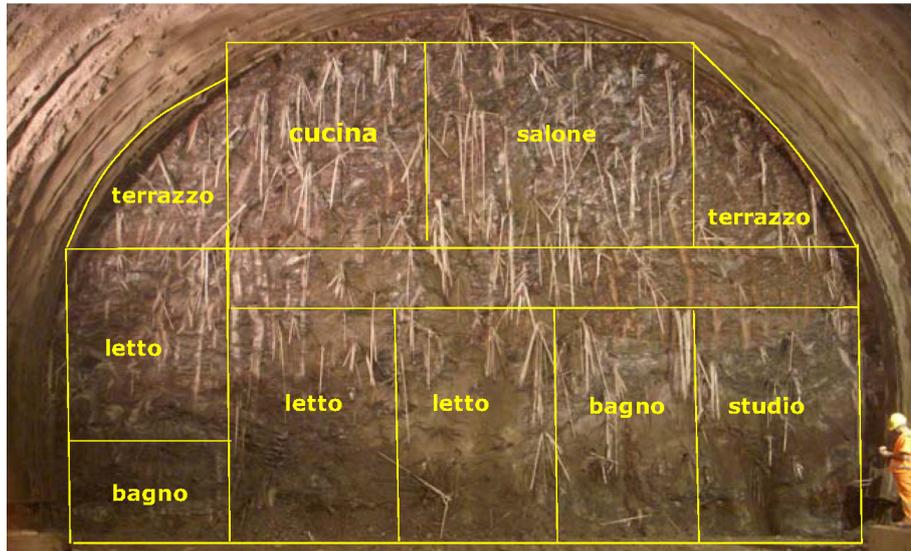


Fig. 1. Dimensione del fronte di scavo

1.2 Aspetti progettuali e realizzativi dello scavo "a piena sezione"

Tutte le gallerie sono state scavate con il metodo "a piena sezione", ovvero facendo avanzare in un'unica fase la maggior parte (80-90%) del fronte di scavo, eventualmente consolidato, ed eseguendo in seconda fase solo un limitato ribasso (10-20%), finalizzato alla realizzazione dell'arco rovescio.

Il prerinvestimento è stato generalmente realizzato mettendo in opera centine metalliche e calcestruzzo proiettato. Le centine, formate da singolo o doppio profilato IPE, IPN o HEA di altezza 160÷240 mm, sono poste ad intervalli di 1.0÷2.0 m in relazione alla sezione d'avanzamento; il calcestruzzo proiettato solitamente fibro-rinforzato con fibre metalliche o, in alcuni casi, armato con rete elettrosaldata, ha spessori compresi fra 20 e 35 cm. Solo nel caso della Galleria di Base, nei tratti scavati con esplosivo, il prerinvestimento di calcestruzzo proiettato ha spessore di 10 cm, preceduto dalla chiodatura della calotta. Nelle sezioni di avanzamento particolarmente scadenti, in cui gli interventi di consolidamento non sono risultati sufficienti a limitare i livelli deformativi dell'ammasso al contorno del cavo, il prerinvestimento con centine e calcestruzzo proiettato è

stato integrato con l'inserimento del puntone al piede centina così da chiudere l'anello di rivestimento (centina – puntone) a distanza minore di 2-3 m dal fronte ottenendo un immediato irrigidimento del prerinvestimento e, quindi, una riduzione delle convergenze e dei cedimenti in prossimità del fronte stesso.

Il consolidamento del fronte è stato prevalentemente ottenuto inserendovi elementi tubolari cementati in vetroresina (VTR), di diametro 60/40 mm ed al contorno VTR valvolati ed iniettati. Nelle tratte con basse coperture, dove i fenomeni gravitativi locali possono risultare critici in calotta, il consolidamento è stato integrato con un pre-sostegno costituito da un ombrello di infilaggi metallici in avanzamento, cementati o valvolati ed iniettati ad alta pressione. In qualche caso, dove lo scavo ha interessato coltri superficiali costituite da materiali poco o mediamente addensati/compatti, si è fatto ricorso al jet-grouting armato con tubo metallico ed al microjet armato con VTR, rispettivamente al contorno ed al fronte. Nei casi di tratte con ridottissime coperture, gli interventi di consolidamento eseguiti in galleria sono stati integrati con interventi di iniezioni cementizie in pressione eseguiti dal piano di campagna o con protesi in calcestruzzo armato o misto cementato.

In presenza di afflussi d'acqua dal fronte, sono stati eseguiti 2÷6 drenaggi in avanzamento interessando lunghezze che hanno raggiunto anche i 30-40 m, con ubicazione dipendente dalle caratteristiche idrogeologiche.

Il rivestimento definitivo, arco rovescio e calotta, ha spessori compresi fra i 50 ed i 100 cm ed è costituito da calcestruzzo armato o non armato, in funzione del comportamento deformativo dell'ammasso al contorno e degli stati tensionali; nel caso di sezioni troncoconiche per la presenza dell'ombrello di infilaggi metallici al contorno, lo spessore in calotta varia da 50 cm a 130 cm.

Per impedire percolazioni o afflussi d'acqua in galleria, a tergo del rivestimento definitivo della calotta si applicano teli di tessuto non tessuto (TNT) ai quali si saldano i teli in PVC. Con importanti valori del carico idraulico, il sistema è integrato con tubi di drenaggio, posti a tergo delle murette, che limitano i livelli tensionali indotti sul rivestimento definitivo. La permeabilità dell'arco rovescio è ridotta impiegando calcestruzzo additivato con fumi di silice.

Il rivestimento definitivo è funzione degli eventuali vincoli previsti dalla sezione di avanzamento: nel caso di buon comportamento dell'ammasso, le sezioni di avanzamento non hanno previsto vincoli di distanza massima fra fronte di scavo e arco rovescio, murette e calotta; nei casi di ammasso scadente, ovvero con comportamento deformativo tale da richiedere la realizzazione di un rivestimento rigido e resistente in prossimità del fronte di scavo, le sezioni di avanzamento hanno previsto anche la realizzazione di arco rovescio e murette per campioni di limitata lunghezza (generalmente 6 m) e a distanza variabile tra 3 e 9 m dal fronte di scavo nonché il getto della calotta a distanza di 40-50 m dal fronte di scavo.

Il ciclo realizzativo per sezioni d'avanzamento che hanno previsto consolidamenti è quindi costituito dalle seguenti fasi esecutive:

- esecuzione degli interventi di presostegno e di consolidamento del fronte e del contorno e di eventuali drenaggi in avanzamento;
- scavo per singoli sfondi del campo e posa in opera, dopo ogni sfondo, del priverivestimento;
- dove previsto, ogni 2-3 sfondi, posa dei puntoni a piede centina;
- al termine dello scavo del campo, dove previ-

sto, realizzazione di un campione di arco rovescio sino a distanza di 2-3 m dal fronte;

- ripetizione degli interventi di consolidamento e del ciclo produttivo;
- alle distanze massime previste dal progetto, realizzazione di murette e arco rovescio (se non già previsto all'interno del ciclo di scavo) e realizzazione della calotta, previa posa dell'impermeabilizzazione.

Nel caso di sezioni di avanzamento non consolidate, il ciclo di scavo si compone semplicemente da scavo del singolo sfondo o esecuzione della volata (in caso di scavo con esplosivo) e posa del priverivestimento. Svincolate dal ciclo di scavo ed alle distanze massime eventualmente indicate dal progetto, sono l'esecuzione di murette, arco rovescio e calotta (previa posa dell'impermeabilizzazione).

2. NIR 41 e 43 - Gli aspetti normativi

Le NIR 41 e 43 si prefiggono l'obiettivo di garantire un più alto livello di sicurezza nelle fasi lavorative più pericolose del ciclo produttivo, ovvero quando i lavoratori devono svolgere le attività in prossimità del fronte "fresco" di scavo. Tra queste si possono ricordare:

- la messa in opera della centina (collegamento alla precedente con le catene e relativi controlli di corretto allineamento);
- la messa in opera del puntone e di elementi strutturali per il consolidamento di prima fase;
- il caricamento dell'esplosivo nei fori da mina;
- le attività di monitoraggio previste in prossimità del fronte di scavo (letture di estrusione, rilievi speditivi e/o di dettaglio, ecc.).

Le dimensioni delle gallerie autostradali e le rilevanti altezze dei fronti di scavo, nel metodo a piena sezione con approccio tradizionale, hanno fatto sì che l'energia associata alla caduta di gravi abbia subito un notevole incremento, rendendo non più trascurabili le fasi di lavoro, estremamente delicate, che impongono al lavoratore di operare a ridosso di fronti appena scavati, ovvero in aree soggette ad un elevato pericolo distacchi.

La NIR 41 evidenzia la necessità di considerare gli aspetti legati alla sicurezza già nelle primissime fasi della progettazione, coinvolgendo

progettisti e il coordinatore della sicurezza in fase di progettazione. Diventano quindi fondamentali la valutazione del rischio e la qualifica del personale coinvolto nei processi progettuali e di controllo.

La sicurezza dei lavoratori che operano in prossimità del fronte di scavo, per attività prevalentemente manuali, è legata a più aspetti:

- valutazione dello specifico rischio di infortunio provocato da caduta di gravi;
- sostituzione delle fasi di lavoro manuale a ridosso del fronte con l'adozione di nuove tecnologie, meccanizzate e/o robotizzate. In alternativa, adozione di procedure che riducano drasticamente il numero dei lavoratori esposti, adeguatamente protetti dalla caduta di gravi, ed i tempi di permanenza al fronte;
- adeguata opera di disaggio volta ad eliminare blocchi o porzioni di ammasso instabili;
- progettazione esecutiva delle tecniche di posa in opera del rivestimento di prima fase che consideri gli aspetti connessi alla sicurezza dei lavoratori rispetto alla caduta di gravi rilasciati dalle superfici appena scavate;
- progettazione e realizzazione di idonee strutture di protezione, contro gli effetti associati alla caduta di gravi, da installare sulle piattaforme elevabili, utilizzate per lavori al fronte;
- definizione delle modalità di controllo in cantiere della corretta applicazione di quanto previsto dai precedenti punti.

2.1 Il ruolo della Progettazione nella sicurezza al fronte

Una delle finalità principali del progetto è quella di definire, con grande dettaglio, le modalità di realizzazione dello scavo. Per garantire la regolarità e la continuità del processo costruttivo il progetto definisce le caratteristiche geomeccaniche e geostrutturali del mezzo da attraversare, gli interventi, le azioni e le indagini da assicurare in corso d'opera per assicurare la stabilità della geometria dello scavo.

La progettazione principalmente deve da un lato considerare e approfondire gli aspetti riguardanti la "stabilità globale della galleria" in fase di scavo, dall'altro deve garantire la "stabilità locale o puntuale" per porzioni limitate delle superfici di scavo.

È qui che a nostro parere si gioca uno degli aspetti fondamentali della norma, ovvero il progettista deve porre attenzione ai problemi di stabilità puntuale in egual misura ai problemi di stabilità globale, risultando peraltro i due temi strettamente connessi. Maggior sicurezza nei confronti della stabilità globale e minori livelli di deformazione implicano infatti minori detensionamenti e minori possibilità dell'innescarsi di instabilità locali; resta inteso che altrettanto importante sarà il compito del Preposto al fronte tra i cui scopi istituzionali vi è, tra l'altro, il controllo della geometria del fronte di scavo, il controllo della sua stabilità, la presenza o meno di zone scadenti, di fratture o discontinuità o di blocchi a rischio di distacco. Nell'evenienza che al fronte si manifestino la presenza o meno di zone scadenti, di fratture o discontinuità o di blocchi a rischio di distacco sono stati generalmente previsti, oltre alle operazioni di disaggio, quelli di intensificazione locale degli elementi di rinforzo al fronte (VTR o chiodi o altri interventi similari) oppure l'utilizzo di infilaggi metallici, o l'esecuzione di drenaggi in avanzamento. L'effettiva adozione di tali interventi puntuali e la loro localizzazione sul fronte non può che essere definita in corso d'opera e, quindi, dal Preposto al fronte, che metterà in atto la tipologia di interventi indicata dal Progettista.

L'attenzione progettuale deve essere riservata, in particolare, alla ricerca di tutti i possibili metodi/mezzi d'indagine, di caratterizzazione geomeccanica, di analisi e di calcolo, di tutte le possibili tecnologie e fasi dei lavori intese a redigere progetti il più completi possibile.

Nella nostra esperienza appenninica, le grandi dimensioni hanno enfatizzato aspetti progettuali che con gallerie di piccole dimensioni potevano sembrare governabili nella loro interezza, sia di indagine che di analisi e calcolo, con la conseguente revisione di diversi aspetti progettuali e realizzativi.

Al fine di assicurare condizioni di sicurezza durante gli avanzamenti è necessario:

- garantire la stabilità del fronte di scavo attraverso il controllo dei fenomeni deformativi interessanti il nucleo, sottoposto ai carichi gravitativi ed alla redistribuzione tensionale connessa all'apertura del cavo (estrusioni e preconvergenze). In relazione alle formazioni

attraversate e all'entità delle deformazioni misurate sono stati pertanto realizzati interventi sistematici di consolidamento del fronte mediante tubi in vetroresina, con intensità in funzione del carico litostatico e dei parametri di resistenza e deformabilità dei materiali (misurabili in corso d'opera dall'entità dei valori di preconvergenza ed estrusione). Al fine di abbattere le eventuali pressioni neutre nel nucleo ed evitare il decadimento dei parametri dell'ammasso a seguito della saturazione del materiale, sono stati posti in opera drenaggi in avanzamento;

- garantire la stabilità del profilo di scavo, specie in calotta, in corrispondenza del fronte; per le fasce caratterizzate da ammassi lapidei alquanto fratturati o in corrispondenza di ridotti ricoprimenti sono stati realizzati al contorno del cavo interventi di “presostegno” mediante la messa in opera di una coronella di tubi in acciaio;
- evitare la perdita di umidità del fronte e trattenere il materiale minuto; ad ogni sfondo, sull'intera superficie di scavo è stato realizzato uno strato di 5-10 cm di spritz-beton. Nel caso di soste prolungate (oltre le 48 h) è stato realizzato un tampone di idoneo spessore, eventualmente armato, in grado di resistere alla spinta di porzioni instabili della superficie appena scavata;
- garantire un adeguato contenimento del cavo, allo scopo di controllare i fenomeni di convergenza ed evitare i conseguenti detensionamenti e rilasci dell'ammasso al contorno del cavo; è stato messo in opera un priverivestimento, costituito da centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton, di rigidità funzione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso;
- garantire il raggiungimento di “condizioni di stabilità definitive” del cavo nel più breve tempo possibile attraverso la tempestiva messa in opera dei priverivestimenti, a seguito di ogni singolo sfondo, e mediante il getto dell'arco rovescio a ridosso del fronte di scavo, così da contrastare efficacemente il piede del priverivestimento, incrementandone la capacità portante. Il getto della calotta è stato effettuato talora a ridosso del fronte stesso e in generale ad una distanza dal fronte funzione del com-

portamento deformativo del cavo.

3. Il metodo osservazionale

Le “grandi dimensioni” trasversali delle gallerie hanno comportato una revisione di diversi aspetti progettuali e realizzativi. In relazione alla variabilità ed eterogeneità degli ammassi attraversati, che rendono impossibile in sede progettuale una definizione deterministica del comportamento dell'ammasso e quindi delle modalità di scavo e rivestimento dell'opera, i progetti, anche prima che la normativa vigente esplicitasse tale approccio, hanno previsto l'adozione del “metodo osservazionale”. Sono state studiate diverse sezioni di avanzamento alternative tra loro e, per ognuna di queste i campi di variabilità dei vari interventi, fra i quali decidere in corso d'opera l'effettiva applicazione. I progetti hanno quindi previsto per ogni tipologia di sezione dei limiti di applicazione, in termini di parametri geomeccanici caratteristici dell'ammasso (usualmente il GSI) e livelli deformativi (convergenze, estrusioni e/o cedimenti verticali) e, per ogni sezione tipo, le correlazioni fra variabilità dei diversi interventi e parametri deformativi. In merito all'adozione del GSI come parametro di riferimento, ad esso non si è fatto riferimento come valore assoluto che “classifica” la roccia ma solo come indice “relativo” per una data galleria ed un dato rilevatore al fronte, utilizzando quindi per quantificare la percezione di quest'ultimo in presenza di diverse condizioni geomeccaniche del fronte.

L'introduzione delle norme Tecniche delle Costruzioni (NTC 2008) ha in seguito “normato” e quindi meglio definito tale approccio progettuale nelle sue componenti principali:

- definizione delle grandezze rappresentative del comportamento del sistema manufatto-terreno;
- scelta dei limiti di accettabilità dei valori di tali grandezze;
- criteri di applicabilità dei diversi metodi di avanzamento (linee guida);
- definizione di un adeguato sistema di monitoraggio in corso d'opera, come parte integrante del progetto, tale da consentire la verifica delle ipotesi progettuali o il loro adeguamento e la scelta tempestiva delle modalità d'avanzamento, fra le soluzioni alternative previste.

4. Monitoraggi e rilievi in corso d'opera

Monitoraggio geotecnico e strutturale in corso d'opera costituiscono elementi fondamentali nell'applicazione del metodo osservazionale. Nella realizzazione delle gallerie della Variante di Valico appenninica, in considerazione della variabilità dell'ammasso, il monitoraggio è stato finalizzato a:

- verificare la rispondenza del comportamento deformativo del cavo alle ipotesi progettuali;
- definire l'effettiva sezione di avanzamento; in altre parole: definire gli interventi di presostegno, sostegno di prima fase e consolidamento da utilizzare all'interno del range di variabilità previsto in progetto;
- fornire informazioni di supporto nella scelta degli spessori e dell'eventuale armatura del pre-spritz al fronte ed al contorno.

A tal fine sono state previste diverse tipologie di monitoraggio e controlli che si possono distinguere in controlli sistematici, ovvero adottati lungo tutto lo sviluppo dell'opera e controlli saltuari, ovvero utilizzati in alcune sezioni più critiche o considerate rappresentative del comportamento del sistema manufatto-terreno in un'intera tratta.

I monitoraggi e controlli sistematici usualmente adottati sono:

- rilievi al fronte ad ogni campo d'avanzamento;
- rilievo delle convergenze del cavo e dei cedimenti ad ogni campo di avanzamento e per ogni lavorazione principale in funzione delle deformazioni evidenziate (es. prima e dopo lo scavo e il getto dell'arco rovescio, metà e fine campo di scavo).
- perforazioni in avanzamento con registrazione dei parametri (velocità di avanzamento, coppia di rotazione assorbita, spinta applicata all'utensile, pressione del fluido di circolazione);

I monitoraggi saltuari (cosiddette sezioni speciali di monitoraggio) sono di varie tipologie ed hanno tipicamente scopi specifici:

- indagine geofisica in avanzamento:
 - cross-holes tra fori in avanzamento per elevate coperture;
 - tomografia sismica tra fori in avanzamento e superficie per basse coperture);

- carotaggi in avanzamento;
- estrusione ottica del fronte di scavo, in occasione di fermi prolungati;
- estrusimetri: in occasione di fermi prolungati o di cambi di formazione geologica; in ammassi instabili a breve termine, anche applicazione sistematica;
- estensimetri radiali;
- piezometri radiali;
- monitoraggio tensio-deformativo dei rivestimenti di prima fase;
- monitoraggio tensio-deformativo dei rivestimenti definitivi.

Durante le operazioni di scavo di una galleria, tutte le informazioni relative alle coperture, alle condizioni geomeccaniche al fronte, agli interventi di consolidamento al fronte e contorno, ai rivestimenti di prima fase, alla lunghezza dei campi di scavo e ai risultati dei monitoraggi sono progressivamente riassunte e aggiornate in corso d'opera in grafici come quello riportato in Fig. 2 che costituiscono una sorta di "cartella clinica" della galleria, potendo così con più facilità e immediatezza seguire la progressione dei lavori di scavo.

4.1 Indagini in avanzamento - Dac test

Il ricorso ad indagini in avanzamento durante lo scavo di una galleria, quando il progetto prevede l'attraversamento di ammassi eterogenei, quali flysch e rocce tenere, è fortemente auspicabile se non necessario. Tali indagini infatti permettono di raggiungere quei livelli di dettaglio non ottenibili da indagini di progetto eseguite da p.c.; permettono quindi di verificare, ottimizzare ed eventualmente correggere le modalità d'avanzamento previste in progetto, permettendo di anticipare eventuali criticità, quali eccessive deformazioni e conseguenti sottospessori o instabilità locali o globali dei fronti di scavo e di ottimizzare le sezioni di avanzamento con possibili risparmi economici e temporali.

Nel caso di scavo con tecniche tradizionali, oltre ad eventuali sondaggi geotecnici eseguiti al fronte, il sistema utilizzato in maniera sistematica è stato quello di prevedere perforazioni in avanzamento con registrazione dei parametri di perforazione (dac-test); nei casi in cui sia previsto il

consolidamento del fronte tale indagine non comporta alcun aggravio in termine di tempi in quanto si esegue con strumentazione automatica durante alcune delle perforazioni per l'installazione degli elementi di consolidamento. L'indagine presenta l'aspetto positivo di comportare una ridotta interferenza con le altre lavorazioni; d'altra parte fornisce un dato prettamente qualitativo, utile ad individuare macro-cambiamenti di resistenza dell'ammasso in avanzamento, grazie a discontinuità nella velocità di avanzamento della perforazione o, meglio, nell'energia specifica ricavata dai parametri di perforazione. L'indagine è pertanto utile per verificare o riposizionare la presenza di faglie o passaggi tra formazioni caratterizzate da resistenze molto diverse fra loro.

Nella Fig. 3 e Fig. 4 si riportano a titolo di esempio due casi in cui il dac-test in avanzamento si è rilevato particolarmente utile: nel primo caso, in cui lo scavo avveniva in roccia con fronte di scavo non consolidato, i dac-test eseguiti in calotta hanno individuato la presenza di materiale scendente poco sopra il cavo, caratterizzabile come coltre detritica e non rilevabile dall'osservazione del fronte, suggerendo l'adozione di un ombrello di infilaggi metallici iniettati. Nel secondo caso, i dac-test eseguiti al fronte di scavo hanno permesso di rilevare il passaggio da coltre a substrato roccioso indicando in anticipo la possibilità di passare da sezione consolidata a sezione non consolidata, permettendo quindi un'ottimizzazione delle modalità d'avanzamento.

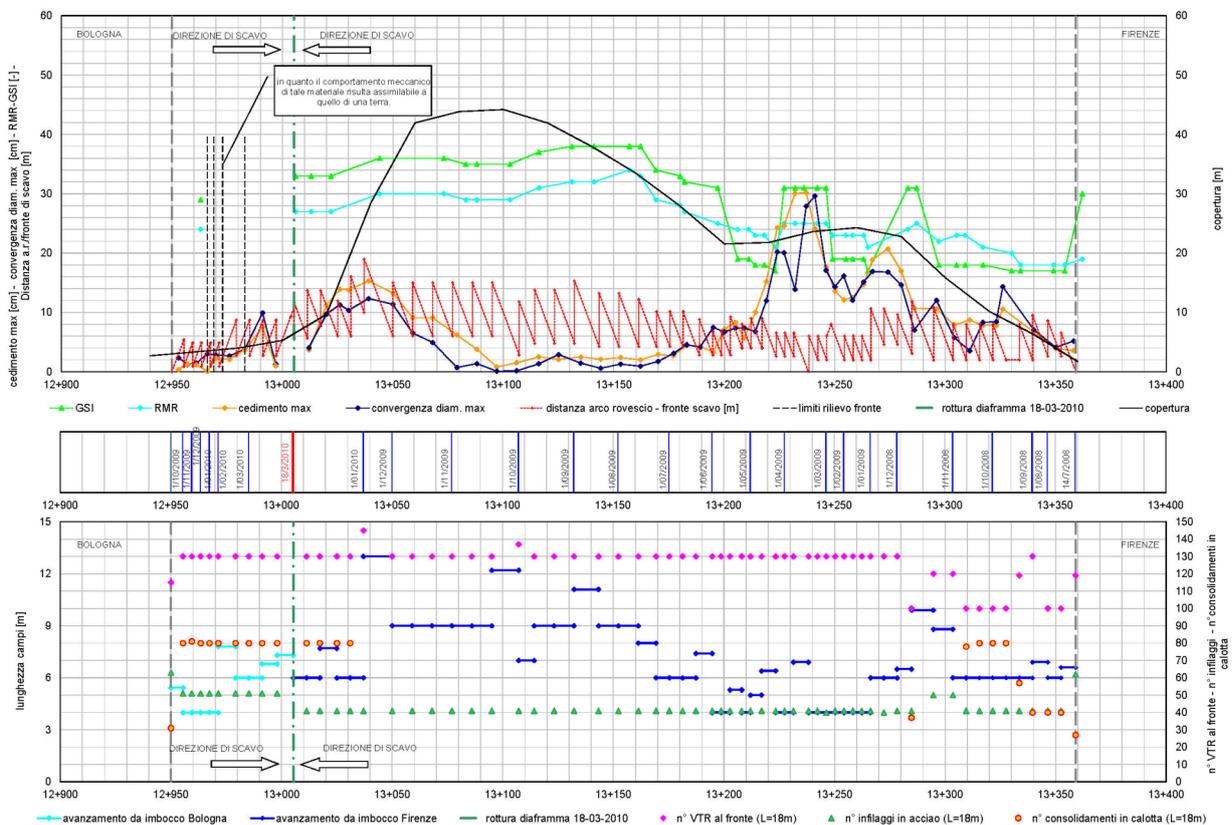


Fig. 2. Grafico cedimenti – convergenze – coperture - GSI

In alternativa ai dac-test, è stato positivamente utilizzato un metodo d'indagine di tipo geofisico basato sul principio del cross-hole ma applicato posizionando la sorgente in diverse posizioni a piano campagna ed i ricevitori in una perforazione da eseguirsi in avanzamento dal fronte di scavo. Il metodo è idoneo all'uso in gallerie con coperture inferiori a 50-60 m, dove quindi il segnale emesso in superficie possa essere ricevuto

con adeguata intensità alla profondità della galleria. Il sistema si basa sulla creazione di un reticolo di punti con estensione idonea in superficie, da ognuno dei quali si emette di volta in volta un segnale di adeguata intensità che viene ricevuto da una catena di geofoni ubicati in una o due perforazioni eseguite in avanzamento rispetto al fronte di scavo ed attrezzate con tubo in PVC cementato e riempito d'acqua. Tramite elaborazione tomo-

grafica tridimensionale dei dati, è possibile ottenere una stima della velocità delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_{sh}) nel volume compreso fra il o i fori in avanzamento ed il reticolo di punti a p.c., ovvero in avanzamento ri-

spetto al fronte di scavo e, eseguendo il o i fori nella parte bassa del fronte, nel nucleo di scavo e sopra la calotta. Il tratto di ammasso indagato in avanzamento è chiaramente pari all'incirca alla lunghezza delle perforazioni.

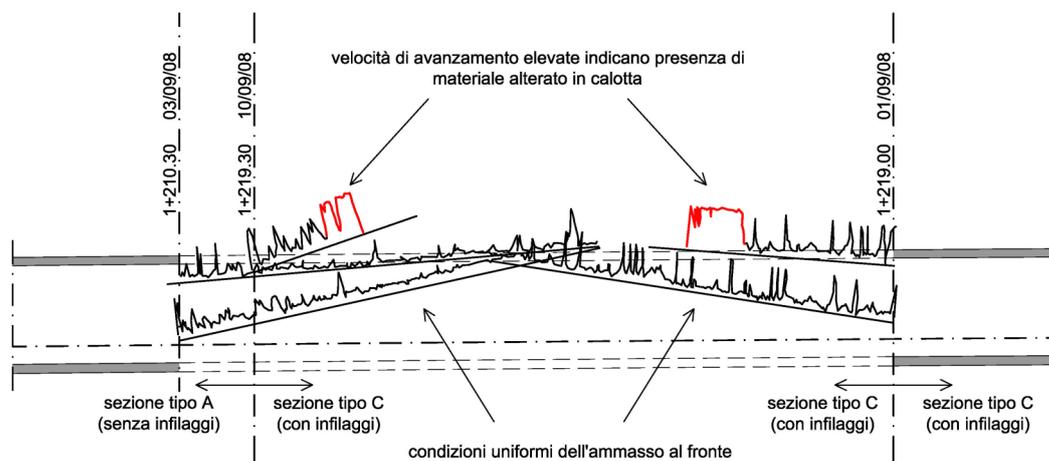


Fig. 3. Schema dac-test in avanzamento con individuazione di coltre in materiale sciolto

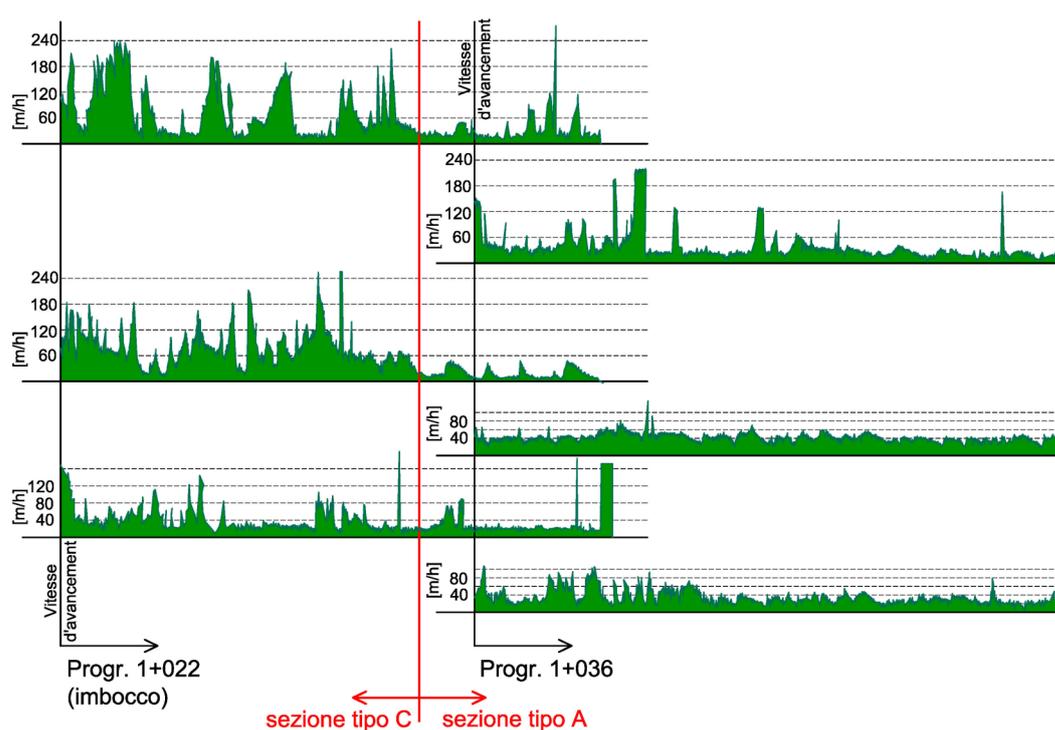


Fig. 4. Diagrammi delle velocità di perforazione registrati durante dac-test in avanzamento

4.2 Rilievo geomeccanico al fronte

Il rilievo geomeccanico fornisce una descrizione qualitativa e/o quantitativa dell'ammasso in corrispondenza del fronte di scavo; permette di acquisire gli elementi relativi alle caratteristiche geostrutturali e geomeccaniche dell'ammasso

roccioso, inteso come complesso costituito dalla matrice roccia e dai piani di discontinuità, principalmente per uso di classificazione mediante indice RMR.

In base ai risultati dei rilievi del fronte di scavo verrà confermata oppure ridefinita la sezione tipo da applicare nel corso dell'avanzamento.

Si distinguono due tipi di rilievi geologici-geostrutturali:

- rilievi di dettaglio da eseguire ad ogni variazione significativa della qualità dell'ammasso roccioso o della litologia, e comunque ogni 200-250 m di galleria.
- rilievi di tipo speditivo da eseguire giornalmente, o al limite ad ogni campo di avanzamento.

Le modalità esecutive sono conformi alle prescrizioni «Suggested Methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses - International Society for Rock Mechanics», alle quali si rimanda direttamente per quanto non espressamente precisato nel seguito.

Il fronte rilevato è accuratamente descritto, con il corredo di fotografie e schizzi, precisando dettagliate informazioni sulla litologia, sulle facies, sugli elementi strutturali visibili alla scala dell'affioramento, sulla presenza di acqua e su quanti altri elementi possano concorrere alla comprensione delle caratteristiche geologiche e geomeccaniche d'insieme dell'ammasso roccioso entro il quale sono state realizzate le misure. Il rilievo lungo ciascuna linea deve definire:

- caratteristiche litologiche: genesi del litotipo, litologia e caratteristiche petrografiche macroscopiche, grado e tipo di cementazione o compattezza, grado di alterazione, colore, assetto generale dell'ammasso come individuabile a scala del fronte.
- caratteristiche geostrutturali: inclinazione dei piani di discontinuità sull'orizzontale, immersione o azimut della linea di massima pendenza giacente sul piano di discontinuità.
- caratteristiche geomeccaniche: classificazione dei diversi tipi di piani di discontinuità, suddividendoli in piani di strato, di scistosità, di faglia, di frattura; inoltre vengono definite le caratteristiche dei piani precisando frequenza, spaziatura, lunghezza, persistenza percentuale rispetto all'affioramento, apertura, continuità di apertura in percentuale rispetto alla lunghezza, tipo di terminazione, distanza della terminazione della traccia, scabrezza (Joint Roughness Coefficient JCR), ondulazione, resistenza della parete del giunto (Joint Compressive Wall Strength JCS), tipo, granulometria, origine, grado di saturazione e di consistenza del mate-

riale di riempimento, che può anche essere campionato per prove di laboratorio. La scabrezza (JRC) è valutata numericamente con pettine di Barton. La resistenza della parete del giunto (JCS) è stimata con Schmidt hammer e point load strength tester.

- osservazioni: ritenzione idrica e venute d'acqua valutate sugli ultimi 8÷10 m di scavo, distacchi gravitativi (ubicazione e geometria dei volumi), interventi di consolidamento e contenimento presenti.

5. Soluzioni alternative e nuove proposte

Spea Ingegneria Europea SpA, unitamente alla Committente Autostrade per l'Italia, alle imprese costruttrici e a diversi Atenei universitari, ha indirizzato, nell'ultimo periodo, risorse ed energie al fine di individuare soluzioni alternative volte a sostituire il lavoro manuale con sistemi meccanizzati e/o robotizzati per annullare e/o ridurre sensibilmente il rischio infortuni a ridosso del fronte di scavo e ridurre drasticamente il numero dei lavoratori e i tempi di permanenza al fronte degli stessi.

Di seguito una breve sintesi dei progetti in fase di approfondimento e studio: una nuova tecnica di rilievo geologico-strutturale del fronte di scavo e una nuova tipologia e metodologia di posa del priverivestimento di prima fase.

5.1 Rilievo geologico-strutturale 3D

E' stato sviluppato in collaborazione con il Professore Cesare Perotti, ordinario di Geodinamica e Geologia strutturale presso l'Università degli Studi di Pavia - Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, un sistema integrato per il rilievo dei fronti di scavo mediante il supporto di metodi fotogrammetrici e di ripresa stereoscopica.

Il nuovo strumento diagnostico è basato sulla riproduzione 3D dei fronti di scavo in corso d'opera, e consente di ottenere informazioni in tempo reale attraverso l'interpretazione geomeccanica delle immagini digitali, l'estrazione di ortofoto e DTM e la realizzazione di modelli 3D.

Il sistema prevede l'acquisizione di immagini fotografiche da una certa distanza dal fronte di scavo, in condizioni di sicurezza, una successiva

fase di elaborazione delle immagini digitali, una seconda fase di elaborazione geologico-strutturale ed infine la creazione di un database georeferenziato.

5.2 Progetto "Centina Sicura"

Il progetto "Centina Sicura" è stato proposto ed applicato in forma sperimentale dall'Impresa Ghella SpA (domanda di brevetto depositata) presso il cantiere del Lotto 5 tratto Ancona Nord - Ancona Sud dell'Autostrada A14 Bologna-Bari-Taranto, nei lavori di ampliamento alla terza corsia, realizzazione della Galleria naturale Sappanico carreggiata Sud.

Il sistema prevede l'utilizzo di una nuova centina costituita da 2 profilati a doppio T di tipo HEA collegati tra loro attraverso calastrelli, piastre metalliche in chiave di calotta e al piede, e da un sistema a ghigliottina in corrispondenza delle reni in sostituzione alla consueta unione bullonata. Inoltre, le usuali "catene" utilizzate per collegare una centina a quelle adiacenti sono sostituite da sistemi di attacco rapido del tipo maschio e femmina tra una centina e la precedente. In particolare, prima del posizionamento a ridosso del fronte vengono collegati i due elementi di calotta, tramite usuale unione bullonata, e successivamente i due elementi di piedritto tramite sistema a cerniera che ne facilita la messa in opera ed il trasporto permettendo di ripiegare i piedritti sullo spezzone di calotta.

La struttura preassemblata viene posizionata a ridosso del fronte di scavo in un'unica soluzione tramite idoneo posizionatore. Una volta sollevata e posizionata viene bloccata in calotta alla centina già in opera per mezzo di un sistema di attacco

rapido tipo maschio e femmina. Il sistema si completa con il blocco degli elementi a ghigliottina in corrispondenza delle cerniere poste alle reni ed il bloccaggio dei piedritti della centina a quella già in opera tramite ulteriori attacchi rapidi tipo maschio e femmina.

L'utilizzo dei sistemi di attacco rapido maschio e femmina e della giunzione a ghigliottina eliminano le usuali operazioni manuali a ridosso del fronte, ovvero fissaggio dei bulloni e messa in opera delle catene.

I vantaggi di questo nuovo sistema rispetto ad una centina tradizionale possono essere così sintetizzati:

- maggiore sicurezza per le maestranze durante le lavorazioni grazie alle particolari fasi esecutive di montaggio e posa che non prevedono personale in prossimità del fronte di scavo.
- maggiore rigidità globale della struttura;
- maggiore uniformità nella distribuzione delle sollecitazioni.

Bibliografia

Collotta, T., Giusti G., Selleri, A.: *Il metodo osservazionale nello scavo delle gallerie naturali, Strade & Autostrade*, 2-2011, pag. 2 - 5.

Collotta, T., Barbieri G.: *Sintesi delle esperienze acquisite nell'ambito della realizzazione delle gallerie dell'Adeguamento del Tratto Appenninico dell'Autostrada A1, tra Sasso Marconi e Barberino del Mugello*, Atti del I Congresso Internazionale SIG "Gallerie e spazio sotterraneo nello sviluppo dell'Europa", Società di Servizi S.I.G. srl, Bologna, 17-19 Ottobre 2013, pag. 128 - 151.

GESTIONE UNITARIA DEI LAVORI DI SCAVO SECONDO LA NIR 37. IL CASO DELLA LINEA FERROVIARIA PONTREMOLESE.

Danese, A.
ASTALDI SpA

Abstract

La Nota Interregionale 37 è una delle 44 NIR che trattano temi importanti per lo sviluppo e la tutela della sicurezza nei cantieri di scavo sotterranei.

La NIR 37, redatta nel 2008, ha fornito all'esecutore linee guida rivolte a garantire unitarietà di direzione dei lavori di scavo per la costruzione di gallerie realizzate con tecnica tradizionale. Tali cantieri, nel passato, hanno fatto registrare elevati indici di rischio di infortuni gravi.

L'ambito lavorativo in cui si attua lo scavo di tipo tradizionale è, come noto, una sorta di "catena di montaggio". Il materiale abbattuto durante lo scavo (marino) viene allontanato per consentire l'avanzamento al fronte, quindi caricato e trasportato fuori dalla galleria. Per proseguire i lavori in sicurezza si procede al distacco meccanico di eventuali cunei di roccia instabili (disgaggio) ed al consolidamento del fronte. Infine, la realizzazione della galleria prevede la posa di un rivestimento di prima fase, dei teli per l'impermeabilizzazione e del rivestimento definitivo.

La pluralità dei diversi soggetti coinvolti nelle fasi esecutive rappresenta un potenziale rischio per la gestione della galleria con difficoltà ad avere costantemente una visione unitaria.

La Nota Interregionale numero 37 ha fornito agevoli misure di buona tecnica che devono essere poste in essere per garantire la sicurezza nel corso delle attività della catena produttiva attraverso una gestione unitaria del sottterraneo.

Confrontando i risultati della conduzione tradizionale dei lavori di scavo sotterranei con quelli ottenuti con l'impostazione data dalla Nota 37 si può affermare che sicuramente si sono eliminate le possibili divergenze operative.

Nella Galleria Marta Giulia, poiché la NIR 37 è stata sottoscritta dalle Regioni successivamente alla stipula del Contratto di appalto, l'Astaldi SpA ha riorganizzato il cantiere ed ha affidato, in subappalto ad un soggetto unico, le attività di realizzazione della galleria. È da sottolineare che in tale galleria con possibile presenza di gas, l'applicazione della NIR 37, ha anche migliorato il governo delle problematiche legate alla "gestione gas".

La NIR 37, nella Galleria Marta Giulia, ha quindi rappresentato un nuovo approccio positivo e costruttivo alla sicurezza secondo una nuova logica con adozione di soluzioni di ingegneria degli scavi in grado di garantire "intrinsecamente" la sicurezza.

1. Esempio di applicazione

Astaldi SpA, in accordo alla NIR n. 37 ha affidato i lavori in subappalto ad un soggetto unico (Consorzio Stabile Italtunnel prima, CIPA SpA fino alla conclusione) le attività di avanzamento al fronte della galleria Marta Giulia costruita lungo la dorsale pontremolese (di lunghezza complessiva pari a 4,2 km, a doppio binario) consistenti in:

- abbattimento della roccia o del terreno al fronte;

- sgombero dell'abbattuto fino al caricamento su mezzi di trasporto;
- disgaggio delle pareti e del fronte; rivestimento di 1a fase;
- scavo dell'arco rovescio, getto del rivestimento definitivo (arco rovescio e calotte).

Le uniche attività di scavo escluse sono state l'impermeabilizzazione del cavo (svolta comunque in un ambito compartimentato della galleria e pertanto gestibile separatamente dalle altre lavo-

razioni) e le attività specialistiche di monitoraggio (rilevazione presenza gas e rilievo topografico).

Lo scavo della galleria è terminato il giorno 13 settembre 2013 riscontrando una pressoché totale assenza di infortuni gravi, raggiungendo un risultato prestigioso per tutte le realtà coinvolte nello scavo in considerazione della situazione in cui si è lavorato: estrema variabilità delle stratificazioni d'ammasso al fronte, impreviste inclusioni argillose – argillitiche di scarsa stabilità e presenza diffusa di piccole ma non trascurabili venute di gas. Alla fine dei lavori si può pertanto affermare che la Applicazione della nota 37 risulta dunque essere stata, nel caso della galleria Marta Giulia, corollario fondamentale per il raggiungimento di un risultato decisamente positivo.

Ringraziamenti

Si ringraziano RFI, la Direzione Lavori Italferr SpA, la AUSL di Bologna, la AUSL di Parma e l'Università di Bologna per la proficua collaborazione nello studio e attuazione di tale nuova Nota Interregionale.

Bibliografia

Regione Emilia – Romagna SSR E-R, Regione Toscana SST, *Nota Interregionale n° 37, Nota interregionale prot. n° PG/2008/76500 del 20/03/2008, “Linee guida per la sicurezza della fase di scavo in gallerie realizzate con tecnica tradizionale”*, 2008.

GESTIONE DELLE EMERGENZE E DEGLI APPRESTAMENTI. LA GALLERIA DI BASE.

Antonioni, L., Cadeddu, S.
Todini Costruzioni Generali SpA

Abstract

L'organizzazione dei sistemi d'emergenza e sicurezza antincendio delle gallerie nei cantieri della Variante Autostradale di Valico è stata affrontata, dal 1998 al 2008, applicando 15 Note Interregionali relative alla progettazione ed organizzazione dei cantieri industriali per prevenire e/o gestire le diverse tipologie di emergenza.

Sono da citare, quali esempi significativi, gli interventi posti in essere nella Galleria di Base, l'opera sotterranea più importante e complessa del progetto VAV. Lo scavo di questa opera si è prolungato per 5 anni, realizzando circa 19 km di scavi in sotterraneo (tra gallerie, discenderie e by pass di collegamento) con lavorazioni a ciclo continuo su otto fronti attivi.

Il sistema di gestione delle emergenze SGE ed antincendio è stato progettato e realizzato applicando la NIR 18 "Sistema di gestione dell'emergenza" e la NIR 33 "Sicurezza antincendio".

Le gallerie ed i cantieri sono stati attrezzati con impianti, apprestamenti e mezzi per l'emergenza in allestimento antideflagrante, in grado di fronteggiare qualsiasi tipo di evento e di tenere sotto costante e stretto controllo le aree di lavoro.

Nei Piani di Emergenza sono state definite l'organizzazione e le responsabilità di cantiere nei casi di emergenza, le relative modalità d'intervento, le linee guida comportamentali, le procedure ed i ruoli per la gestione delle emergenze, i programmi di formazione, informazione e addestramento del personale adottati, il coordinamento con gli enti di soccorso / salvataggio ed i rispettivi compiti.

1. La galleria di base

La realizzazione dell'opera ha richiesto 5 anni, con lavorazioni a ciclo continuo su otto fronti di scavo, la cui sezione è pari a circa 160 m².

In contemporanea venivano realizzati gli scavi dei by-pass carrabili di collegamento tra le due carreggiate, di sezione pari a circa 80 m².

Sono stati realizzati, complessivamente, 19 km di gallerie comprendenti le due carreggiate nord e sud (lunghe 8,6 Km ognuna), la finestra intermedia (discenderia, lunga 0,9 Km) e numerosi by-pass carrabili e pedonali.

Gli scavi dagli imbocchi nord e sud delle due carreggiate sono stati realizzati in presenza di cunicoli di prospezione, rispettivamente lunghi 4 Km da Imbocco Nord e 1 Km da Imbocco Sud. La presenza di metano, con emissioni continue al fronte del cunicolo sud, lato nord, impedì a suo tempo il recupero della testa della fresa che aveva proceduto allo scavo, fino al momento dell'inter-

ruzione.

Il personale operava su 4 turni di cui tre al lavoro ed uno a riposo; al termine del lavoro risulteranno assunti nei 5 anni oltre 700 addetti. A servizio dei lavori furono allestiti due campi base e tre cantieri industriali con magazzini, officine meccaniche e servizi elettrici, attivi 24 ore su 24 con personale dedicato per ogni turno, così da garantire l'autosufficienza dei singoli cantieri.

2. Gestione emergenze e sicurezza antincendio

Il sistema di gestione delle emergenze (SGE) è stato progettato e realizzato applicando le NIR 18/2003 "Sistema di gestione dell'emergenza" e 33/2006 "Sicurezza antincendio". Gallerie e cantieri sono stati attrezzati con impianti, apprestamenti e mezzi per l'emergenza in allestimento AD, in grado di fronteggiare qualsiasi tipo di evento e di tenere sotto costante e stretto controllo le aree di lavoro (Tabella 1).

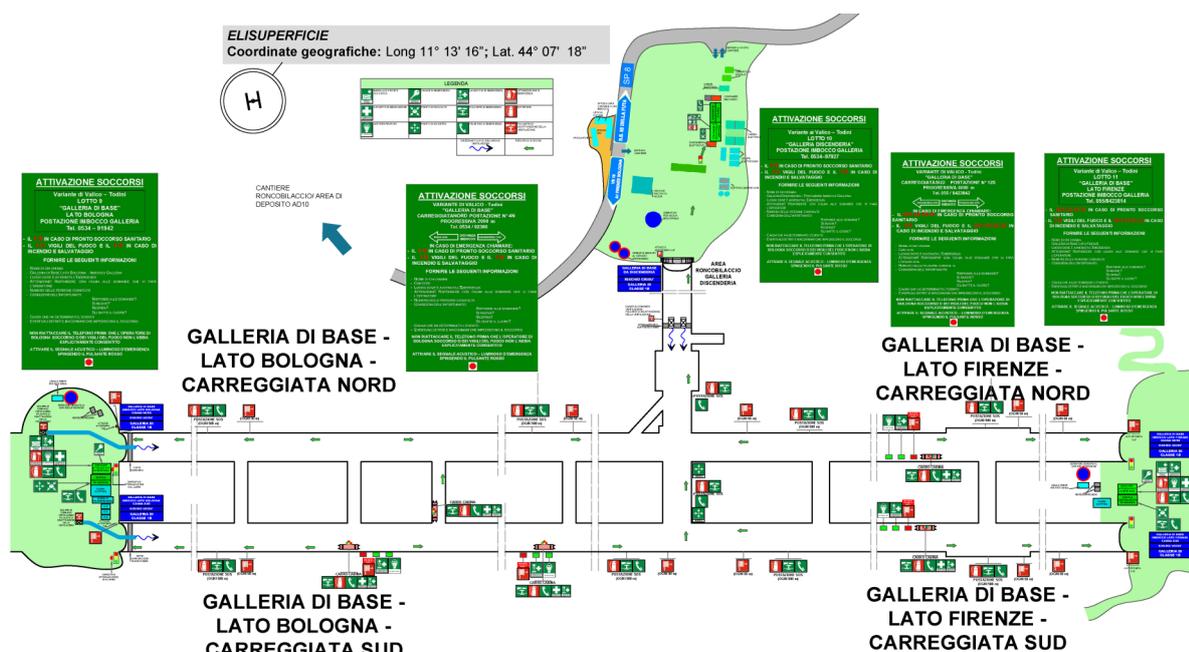


Fig. 1 – Galleria di Base - Planimetria generale al termine lavori di scavo

Tabella 1 – Impianti, apprestamenti e mezzi di emergenza presenti in galleria ed agli imbocchi delle gallerie.

Galleria	Imbocco
<ul style="list-style-type: none"> • impianto elettrico, sistema di comunicazione e allarme AD • sistema di monitoraggio gas in continuo con memorizzazione dei dati sulle concentrazioni di metano in aria • sistema di monitoraggio della ventilazione in continuo con memorizzazione dei parametri di pressione, portata e prevalenza • rete idrica antincendio • mezzo d'evacuazione AD • container di salvataggio 	<ul style="list-style-type: none"> • container per le attrezzature dei sicuristi posto di coordinamento soccorsi • sistema di monitoraggio gas e ventilazione in continuo • gruppi elettrogeni • gruppo di pressione e riserva idrica antincendio cabina elettrica con pulsante di sezionamento due ventilatori in serie con quadro comando • ambulanza AD • elisuperficie per elisoccorso

3. Piani di Emergenza

Sono stati elaborati ed emessi nel tempo un numero considerevole di Piani di Emergenza aggiornati all'avanzamento dei lavori, contenevano:

- Scenari, procedure, organizzazione e ruoli per la gestione delle emergenze;
- Squadre di emergenza;
- Attrezzature e presidi per fronteggiare le situazioni di crisi;
- Modalità di coordinamento con gli enti di soccorso/salvataggio 118 – Gecav VAV di Bologna e Comandi 115 di Bologna e Firenze, rispettivi compiti;
- Programmi di formazione, informazione e addestramento del personale, inclusi i sicuristi,
- Compiti e controlli.

4. Elementi strutturali dell'emergenza

Alcuni fondamentali elementi strutturali hanno agevolato positivamente la progettazione e l'organizzazione del Sistema di Gestione delle Emergenze della Galleria di Base :

- L'Organizzazione del lavoro basata sulle specializzazioni delle squadre di lavoro;
- La sequenza dei lavori che comprendevano sia lo scavo in avanzamento che i by-pass carrabili;
- Il Pronto Soccorso affidato al GECVAV, Gestione Emergenza Cantieri Alta Velocità e Variante di Valico, struttura dedicata dell'AUSL di Bologna, con il conseguente inserimento dei cantieri nella rete 118 della Provincia di Bologna;
- La presenza territoriale di distaccamenti dei Vigili del Fuoco;

- L'organizzazione del sistema di monitoraggio gas con la disponibilità immediata di personale dedicato e specializzato nella valutazione e monitoraggio del rischio metano;
- L'organizzazione delle strutture dedicate all'emergenza nei cantieri delle gallerie standardizzata secondo le NIR;
- La disponibilità di un sistema informativo/formativo/addestrativo.

4.1 L'Organizzazione del lavoro

La struttura lavorativa del cantiere, stante le dimensioni dell'opera, si caratterizzava per la specializzazione delle squadre di lavoro. In sintesi in ognuno dei tre cantieri in sotterraneo erano presenti:

- La squadra di minatori per lo scavo dell'avanzamento e dei by-pass;
- La squadra di carpentieri alle murette;
- La squadra di carpentieri alla calotta;
- La squadra di carpentieri all'arco rovescio;
- La squadra di carpentieri ai marciapiedi;
- Meccanici ed elettricisti in turno;
- Autisti dumpers e autobetoniere;
- Personale dei servizi e Direzione lavori;
- Il personale specializzato per l'installazione degli impianti di servizio definitivi per l'esercizio (dopo i primi chilometri di scavo).

In termini d'emergenza questo significava avere presenza di addetti nella gran parte delle

gallerie ed in caso d'emergenza in qualunque punto, rapidità nella segnalazione e squadre pronte a gestire il proprio tratto per consentire il transito dei mezzi di soccorso. Significativo l'esempio di gestione dei by-pass carrabili nei quali l'evoluzione delle lavorazioni era continua per cui per alcuni periodi potevano non essere agibili, oppure i tratti di carreggiate ricompresi tra due by-pass venivano chiusi per cui occorreva transitare nell'altra per raggiungere l'esterno. La conoscenza puntuale dell'avanzamento delle squadre dedicate ai lavori in quei tratti permetteva di garantire la gestione dell'emergenza come schematicamente illustra l'immagine seguente.

4.2 La sequenza degli scavi

Lo scavo delle gallerie avveniva in modo sfalsato, il fronte di una canna anticipava l'avanzamento dell'altra, seguiva alle progressive di progetto lo scavo del by-pass carrabile che restava a foro cieco fino all'arrivo dello scavo della carreggiata arretrata.

La presenza di un passaggio carrabile ogni 700 m ca. tra le gallerie, ha consentito di prevedere l'evacuazione in emergenza come altamente possibile, anche in caso di impedimento grave (incendio di un mezzo, ecc.) in una delle due, utilizzando l'altra dopo aver percorso il by-pass carrabile (lunghezza max 70 m ca.) per poi guadagnare l'esterno.

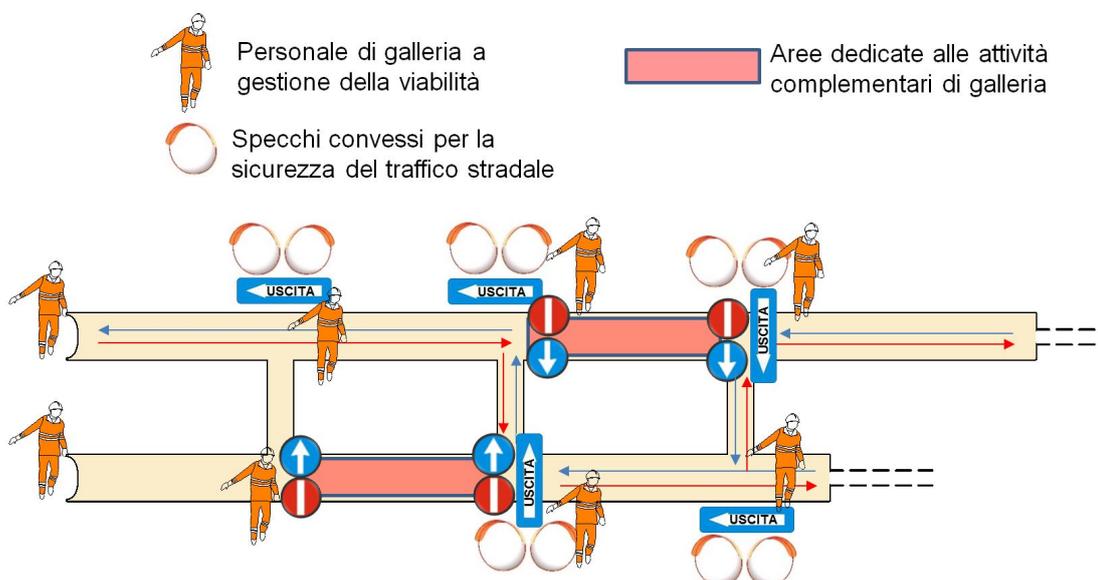


Fig. 2 – Gestione della viabilità di galleria in emergenza con uso dei by-pass

4.3 La presenza territoriale degli Enti di soccorso e salvataggio

Fondamentale è stata la disponibilità, in prossimità dei cantieri, di postazioni degli Enti di Soccorso e Salvataggio. Particolarmente decisivo in emergenza il dispiegamento delle postazioni del 118 attorno ai cantieri, conseguenza dell'accordo tra Autostrade per l'Italia SpA e l'AUSL di Bologna. Quest'ultima, tramite la struttura dedicata Gecav-VAV, Gestione Emergenza Cantieri Alta Velocità e Variante di Valico, ha predisposto il Pronto Soccorso per tutto il tratto Emiliano della Variante di Valico, con il conseguente inserimento dei cantieri nella rete 118 della Provincia di Bologna.

Pur avendo i cantieri dislocati a cavallo del confine tra Emilia e Toscana, un accordo tra le Regioni ha consentito che fosse un'unica struttura 118 a seguire i Cantieri Todini del Valico, con il grande vantaggio di avere un unico interlocutore ed un'unica metodologia di soccorso.

Peraltro il personale di soccorso incaricato, aveva maturato una rilevante esperienza nel tratta TAV Bologna-Firenze ed era in grado di intervenire in condizioni estreme sulla base del principio che il soccorso dovesse essere portato all'infortunato, sul luogo dell'infortunio, nel minor tempo possibile, se necessario anche in presenza di concentrazioni non rischiose di gas, sotto il controllo degli addetti al monitoraggio gas.

In sostanza inizialmente arrivava l'ambulanza con infermieri specializzati ed a seguire l'ambu-

lanza medicalizzata.

La dislocazione delle postazioni di soccorso era tale da garantire l'arrivo in pochi minuti, ben al di sotto dei 20 minuti di legge, in ogni punto delle gallerie:

- Imbocco Nord Badia: postazione Pian del Voglio con ambulanza medicalizzata con equipaggi misti 118-CRI, impiegati per interventi in autostrada;
- Discenderia: postazione Roncobilaccio con ambulanza con infermieri 118 dedicata ai lavori;
- Imbocco Sud Poggiolino: infermeria con infermiere e mezzo di soccorso dedicato ai lavori;
- Casa di cura Nobili a Castiglion dei Pepoli, a pochi Km dai cantieri, con postazione del 118 impiegata anche per interventi sul territorio circostante;
- Eliambulanza del 118 con possibilità di atterraggio nelle elisuperfici per atterraggi occasionali di cui ogni cantiere era dotato.

A disposizione degli equipaggi GECAV-VAV ad ogni imbocco un'ambulanza AD attrezzata. Questa disponibilità/flessibilità consentì di adottare per i lavori all'interno dei cunicoli una diversa organizzazione del pronto soccorso, come si vedrà in seguito.

I Vigili del Fuoco erano presenti con un Distaccamento di Volontari a Castiglion dei Pepoli e un Distaccamento territoriale a Borgo San Lorenzo, nel Mugello.



Fig. 3 – Distribuzione territoriale enti di Soccorso e salvataggio

4.4 Monitoraggio e gestione del rischio metano

Nella Galleria di Base Fin da subito si è organizzato, pur non essendo inizialmente la galleria in classe 2 massimo rischio gas, il Sistema di monitoraggio gas come se fosse tale per cui sono stati presenti in turno specialisti esterni addetti al monitoraggio gas della Collins Srl. In tale logica tutta la galleria è stata immediatamente allestita con impianti AD.

4.5 L'organizzazione standardizzata dalle NIR

Le NIR hanno definito gli standard delle strutture, delle attrezzature e le procedure dedicate all'emergenza nei cantieri delle gallerie del Valico, a cui i cantieri in sottterraneo dovevano adeguarsi, in tal modo agevolando l'allestimento delle gallerie e definendo i rapporti con gli enti esterni.

Ciò è stato utile anche casi come la Galleria di Base, complessi per la lunghezza delle carreggiate e la presenza dei cunicoli pilota con metano.

4.6 La disponibilità di un sistema informativo / formativo / addestrativo

La disponibilità di un sistema informativo/formativo/addestrativo interno (SPP) ed esterno (Gecav-VAV e VVF, Comando di Bologna in particolare, Istituto Professionale Edile di Bologna) è stato un punto di forza decisivo.

Abbiamo organizzato un numero di corsi tale da formare/addestrare/aggiornare sicuristi (addetto antincendio per rischio elevato e primo soccorso) ca. il 60% del personale di galleria, volendo garantire che almeno tre fossero i sicuristi presenti all'avanzamento e che anche le altre squadre avessero la presenza di un addetto sicurista almeno.

Tutto il restante personale diretto di galleria è stato formato/aggiornato ai comportamenti da adottare in emergenza.

Con la formazione si è inteso agire anche sui comportamenti in generale, con indubbio vantaggio su tutte le attività.



Fig. 4 – Sistema gestione emergenza SGE

5. Organizzazione del SGE - Sistema di gestione dell'emergenza di Cantiere

In premessa è importante ricordare che l'attività svolgendosi a ciclo continuo, 7 giorni su 7 e 24 ore su 24, non necessariamente poteva avere sempre disponibili tutte le funzioni di cantiere, in

particolare di notte e nei festivi. Ciononostante era sempre presente il Capo Cantiere o in alternativa il Capo Imbocco o un Assistente all'avanzamento particolarmente esperto. Ogni squadra operava sempre sotto la guida di un preposto, Assistente e/o Capo Squadra, in sostanza in ogni momento era presente una figura in grado di ge-

stire un'eventuale emergenza, più o meno grave. Per tali motivazioni la struttura organizzativa e gerarchica del SGE si è basata sulla struttura della linea di produzione, mantenendo, anche nell'emergenza, le gerarchie presenti quotidianamente, ritenendo che nei momenti di gravità fosse non opportuno sconvolgere prassi e abitudini consolidate.

Si è definita una linea gerarchica con al vertice il Capo Area con funzione di Responsabile del Piano di Emergenza e della sua tenuta organizzativa, affidando il compito operativo di Coordinatore dell'emergenza alla funzione più presente in cantiere, il Capo Cantiere e, in subordine, il Capo Imbocco o l'Assistente all'Avanzamento in turno.

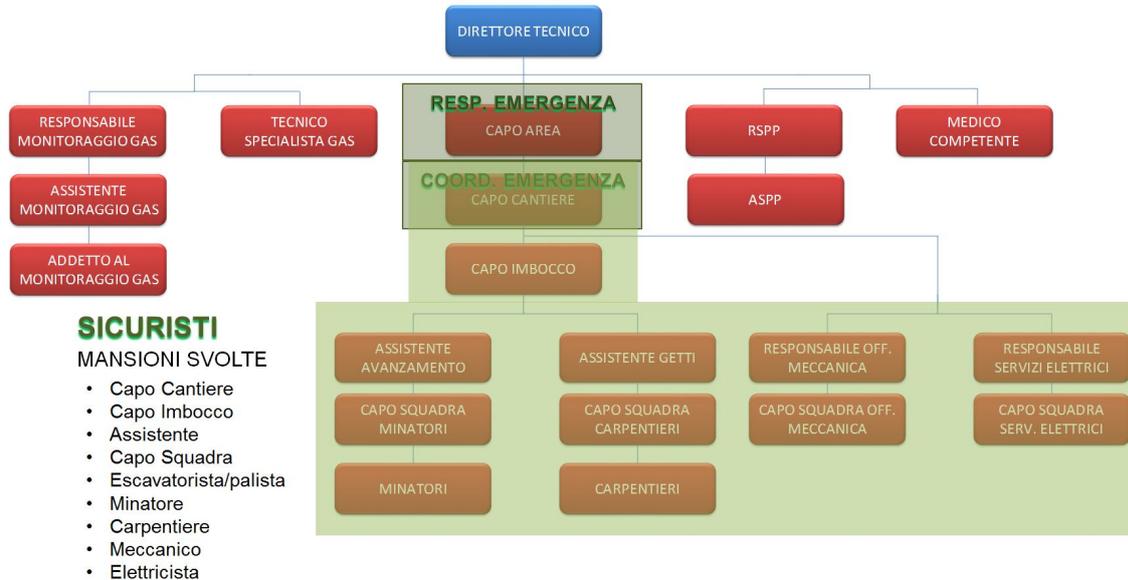


Fig. 5 – Organizzazione SGE di Cantiere

6. Casi di studio

Ad illustrazione di quanto appena scritto si ritiene significativo descrivere due casi con rilevanti specificità:

- La gestione emergenze all'imbocco della Discenderia ed all'innesto della stessa nella Galleria di Base.
- La gestione emergenze durante i lavori nei cunicoli, in particolare per la costruzione dei bypass di ventilazione tra i due cunicoli.

6.1 Gestione emergenza in discenderia

La Discenderia dopo circa 0,9 Km si innestava nelle carreggiate Nord e Sud della Galleria di Base a circa 4 km dagli imbocchi. Afferivano al piazzale di cantiere della Discenderia quattro fronti di scavo e quattro tratti di galleria con lavorazioni. L'efficacia dell'intervento di soccorso richiedeva l'immediata identificazione del luogo dell'evento sia per raggiungerlo immediatamente che per orientare il personale impegnato nelle

altre parti del sotterraneo, sicuristi in particolare, nell'adottare le procedure ed i comportamenti previsti per l'emergenza: interruzione delle lavorazioni, parcheggio a lato dei mezzi per lasciare libero il transito ai mezzi di soccorso.

Peraltro gli impianti a servizio dell'emergenza, previsti dalle NIR, consentivano dall'esterno l'identificazione della galleria in cui vi era l'emergenza in atto verificando, sul quadro di identificazione delle postazioni SOS di galleria, quale di queste aveva il led rosso acceso, che indicava la progressiva e la galleria in cui era stato premuto il pulsante d'emergenza.

Inoltre le procedure prevedevano che un sicurista con proprio mezzo avrebbe raggiunto il Punto d'Incontro all'imbocco per accogliere, informare e guidare 118 e 115 sul luogo dell'evento.

Occorreva inoltre, data la complessità del sotterraneo, rendere immediato l'allarme per emergenza in atto e la conoscenza del punto in cui era avvenuta. Per questo si è scelto di installare sul portale della ventilazione della Discenderia,

in posizione visibile a tutti, allarmi ottico-acustici collegati ai pulsanti di emergenza delle carreggiate, lato nord e sud, in modo che si fosse a conoscenza che nel sotterraneo, lato nord o sud, vi era un'emergenza in atto.

L'informazione si completava una volta raggiunto l'innesto della Discenderia sulla linea

nel quale ad ogni imbocco erano installati ulteriori allarmi ottico-acustici con la segnalazione della tratto di carreggiata in allarme. Questo per opportuna e necessaria informazione di tutto il personale presente in sotterraneo e/o di chi vi accedeva per soccorso e salvataggio.



Fig. 6 – Sistemi di comunicazione e allarme. Postazioni SOS (a sinistra) e dettaglio del pannello di controllo (a destra) con i pulsanti di attivazione (in basso) e tacitazione allarme (linea centrale, pulsante a destra).



Fig. 7 – Sistemi di comunicazione e allarme - portale di imbocco Accesso a quattro gallerie: segnalazioni ottico-acustiche per identificare luogo e tipo di emergenza.



Fig. 8 – Sistemi di comunicazione e allarme innesto della Discenderia sulle carreggiate

6.2 La gestione emergenze durante i lavori nei cunicoli.

Per l'esecuzione dei lavori di costruzione dei by-pass di ventilazione tra cunicoli, imbocco nord in particolare, fu istituita una unità operativa dedicata composta da minatori, elettricisti, addetti al monitoraggio, telefonisti, autisti.

Con il GECAV-VAV si definirono procedure specifiche per l'emergenza che formarono il contenuto dei Piani d'Emergenza per i lavori nei cunicoli.

La lavorazione più impegnativa è stata la costruzione di by-pass di ventilazione tra i due cunicoli, necessaria per la gestione delle emissioni di

metano nei cunicoli, allestendo un sistema di ventilazione di tipo "minerario".

I cunicoli sono stati dotati di tutti gli impianti presenti nelle gallerie di linea, semplicemente adeguandoli all'ambiente di dimensioni ridotte, Ø 3.90 m; era consentito solo l'utilizzo mezzi i cui ingombri erano tali da non interferire con gli impianti allestiti unicamente nella parte più larga del paramento (impianto aria compressa, impianto acqua ad uso misto industriale/antincendio, impianto elettrico AD, monitoraggio gas, comunicazione e allarme AD) ed in calotta (ventilazione con tubi ignifughi ed antistatici Ø 0,5 m).

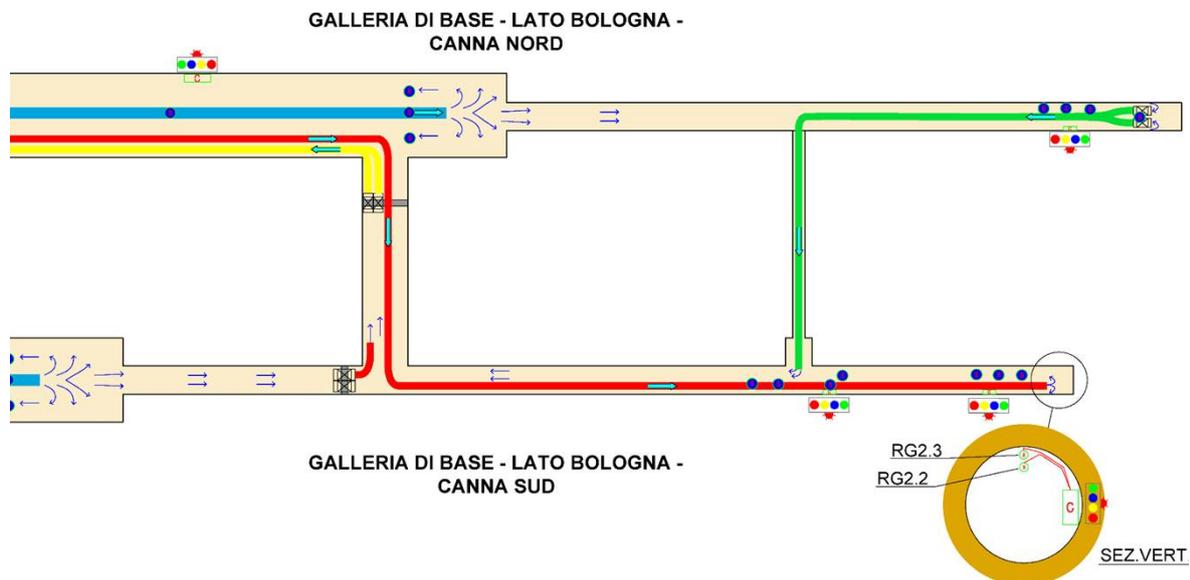


Fig. 9 - Costruzione del by-pass di ventilazione tra i cunicoli - Gestione Emergenza

La Procedura di Emergenza, specifica per i lavori in cunicolo, prevedeva:

- Spostamento per tutta la durata dei lavori, di un'ambulanza dedicata con equipaggio infermieristico presso il Campo Base antistante l'imbocco;
- Presidio continuo della postazione telefonica all'imbocco della galleria con telefonista, appositamente addestrato, per il contatto con il personale in cunicolo e con gli enti di soccorso e salvataggio; al telefonista l'incarico di registrare l'entrata e l'uscita dai cunicoli di chiunque a vario titolo, vi entrasse, enti di controllo compresi;
- Disponibilità continua all'imbocco di autista

addestrato alla guida in cunicolo, con mezzo di soccorso AD di dimensioni ridotte, allestito con attrezzature d'emergenza (autorespiratori, autosalvatori, barella toboga, estintori idrici, materiale antincendio, ecc.) per condurre all'interno il personale del 118/115.

- Accesso dei lavoratori, minatori e addetto monitoraggio gas, consentito solo con la presenza di un mezzo di servizio AD con cabina rivolta al fronte e di un'ambulanza AD con cabina rivolta all'uscita, attrezzata sia con materiale di pronto soccorso sia con materiale e DPI per l'emergenza (salvataggio e incendio).

La procedura prevedeva, in caso di infortunato

intrasportabile, l'ingresso in retromarcia in cunicolo del 118/115 con il mezzo disponibile all'imbocco, raggiunto l'infortunato, per ordine del personale 118, tale mezzo usciva lasciando libero il cunicolo per la successiva uscita dell'ambulanza, seguita dal mezzo di servizio con a bordo tutto il personale presente al momento in cunicolo.

Indubbiamente una condizione lavorativa particolare, che fortunatamente e, vorrei sottolinearlo, per la professionalità di coloro che vi furono impegnati, non ha mai richiesto l'attivazione della procedura per gravi emergenze.



Fig. 10 - Ambulanza Bremack AD con funzione di mezzo per l'evacuazione dotata degli apprestamenti di emergenza previsti per l'armadio al fronte



Fig. 11 - Costruzione dei by-pass di ventilazione tra i cunicoli: gestione delle emergenze

Ringraziamenti

Si ringraziano: Calogero Palmeri, Vincenzo De Maio per aver contribuito alla ricerca dei materiali necessari per la redazione di questo documento, l'ing. Citterio ed il rag. Apollaro del

Cantiere del Valico della Todini Costruzioni Generali per avercene consentito l'uso. Particolari ringraziamenti a Felice Rossi e Ciro Cavaliere, quest'ultimo Direttore di Cantiere dell'imbocco Nord della Galleria Base e della Discenderia per la consulenza ricevuta.

IL SISTEMA INTEGRATO DI GESTIONE DELLE EMERGENZE. L'ESPERIENZA DELL'ESERCITAZIONE PER IL RECUPERO DI UN INFORTUNATO.

De Vincentiis, S.^a, Bondioli, F.^b, Mengoli, M.^b, Toschi, L.^b

^a Toto SpA, ^b Galileo Ingegneria Srl

Abstract

Come previsto dalla NIR 18, un corretto approccio alla gestione delle emergenze richiede la messa in campo di tre elementi: i) il sistema aziendale; ii) il soccorso esterno; iii) l'integrazione tra queste due risorse.

Per utilizzare al meglio tutte le risorse disponibili, sia aziendali che pubbliche, occorre realizzare un sistema integrato di gestione delle situazioni di emergenza (SGE), partendo dalla fase di pianificazione del cantiere.

Durante questa fase devono essere attivati specifici rapporti con i servizi pubblici di soccorso e di emergenza, al fine di illustrare le caratteristiche generali dell'opera, i luoghi di lavoro e le possibili situazioni di emergenza che potrebbero verificarsi, e condividendo protocolli d'intervento a garanzia di un'immediata ed efficace attivazione dei soccorsi.

E' auspicabile che, almeno per quanto riguarda l'aspetto conoscitivo dell'opera ed i ragionamenti ad essi correlati, l'attivazione dei rapporti con gli enti avvenga in fase di progettazione dell'opera, con il coinvolgimento fattivo della Committenza, mediante il coordinatore della sicurezza in fase di progettazione.

In corso d'opera la gestione delle emergenze entra nella fase operativa, e prevede l'organizzazione di specifiche esercitazioni mirate alla verifica funzionale di quanto progettato dal SGE.

Lo svolgimento delle esercitazioni rappresenta un passaggio fondamentale per la corretta gestione delle emergenze in cantiere, poiché consentono: i) di verificare la correttezza e l'applicabilità delle procedure previste; ii) di verificare l'adeguatezza dei mezzi e delle attrezzature impiegate; iii) di mettere in pratica quello che è stato insegnato alle maestranze.

La memoria descrive l'organizzazione e lo svolgimento di un'esercitazione per il recupero di un infortunato all'interno di un cassero autosollevante, installato per la costruzione di una pila del viadotto Aglio, di altezza pari a 59 m (lotto n° 13 della Variante Autostradale di Valico). Si è trattato di una delle prime esercitazioni di questo tipo sul territorio nazionale, ed è stata organizzata dalla Toto Costruzioni Generali SpA con la collaborazione di Galileo Ingegneria Srl

1. Il Sistema integrato di gestione dell'emergenza

La NIR 18, "Sistema di gestione delle emergenze", definisce standard tecnici congrui sia con gli obblighi legislativi, sia con le effettive condizioni di rischio presenti nei cantieri (in particolare in sotterraneo) delle grandi opere infrastrutturali. In tal modo pone rimedio alle lacune delle norme tecniche specifiche sull'emergenza, facendo tesoro dell'esperienza acquisita sul campo dalle imprese costruttrici, dai servizi di prevenzione e dagli enti di soccorso (Emergenza sanitaria territoriale e Vigili del Fuoco).

L'approccio della NIR 18 è stato adottato nei cantieri della Variante Autostradale di Valico anche per le grandi infrastrutture a cielo aperto (viadotti, cavalcavia, ecc.), che richiedono, tra l'altro, un coordinamento particolarmente complesso in ragione di una minore specializzazione delle maestranze impiegate e di una maggior frammentazione dell'organizzazione del lavoro.

La soluzione adottata dall'appaltatore TOTO SpA, con la collaborazione di Galileo Ingegneria, è stato un sistema integrato di gestione delle situazioni di emergenza (SGE) in grado di sfruttare al meglio tutte le risorse disponibili (sia aziendali

che pubbliche). Affinché questo sia perseguibile occorre, già in fase di pianificazione del cantiere e durante la redazione del PSC, avviare i necessari rapporti con i servizi pubblici competenti in materia.

Gli aspetti salienti da affrontare nella progettazione del sistema integrato sono riassumibili in:

- attivazione di rapporti con le strutture di soccorso del territorio;
- illustrazione agli enti delle caratteristiche del cantiere, delle situazioni di emergenza ipotizzate e delle misure di prevenzione/protezione previste, anche mediante trasmissione di copia del Piano di Emergenza, delle planimetrie comprensive delle vie di accesso, dei nominativi di riferimento, del calendario lavori, ecc.;
- definizione dei ruoli ricoperti dagli enti e di quelli assegnati alle imprese (attrezzature, personale, incarichi, ecc.);
- definizione delle procedure di dettaglio: modalità di attivazione del soccorso, modalità di erogazione del soccorso, modalità di utilizzo delle attrezzature, gestione della viabilità, ecc.;
- definizione degli incarichi e delle figure di riferimento;
- definizione dell'eventuale sistema di comunicazione dedicato ai soccorritori;
- attuazione di eventuali misure tecniche aggiuntive;
- definizione e organizzazione delle esercitazioni congiunte;
- individuazione del Punto di coordinamento dei soccorsi.

Gli esiti dell'attività di coordinamento devono essere formalizzati con documenti (convenzioni, accordi, procedure, ecc.) sottoscritti dalle parti prima dell'inizio delle attività di cantierizzazione.

Il SGE deve prevedere un adeguato percorso formativo (informazione, formazione, addestramento) di tutto il personale, differenziato per ruoli e compiti, al fine di mettere ognuno in grado di attuare quanto gli viene richiesto dal Piano di Emergenza. Il percorso formativo (destinatari, tempistica, frequenza, contenuti, modalità, ecc.) deve essere accuratamente progettato, verificato ed aggiornato, come gli altri elementi del SGE.

Le esercitazioni periodiche nel cantiere rappresentano uno strumento operativo fondamentale per verificare l'adeguatezza del SGE e per fornire

a tutto il personale aziendale, ed ai sicuristi in particolare, le capacità necessarie per svolgere il proprio ruolo in caso di emergenza (uso di attrezzature e impianti specifici, attivazione e interpretazioni di allarmi, norme comportamentali collettive e individuali, ecc.). Servono, inoltre, a valutare l'adeguatezza della formazione.

Le esercitazioni devono coinvolgere, anche per i casi più complessi, gli Enti di soccorso, e devono:

- mirare alla verifica del corretto funzionamento dell'intero sistema di gestione dell'emergenza, provandolo sulle singole tipologie di emergenza previste;
- coinvolgere tutto il personale di cantiere secondo il proprio ruolo;
- essere progettate avendo chiari gli obiettivi da perseguire (ad es. verifica della capacità di allertamento, dell'efficacia del primo intervento, dell'integrazione con i soccorsi esterni, ecc.), consentendo di monitorarne lo svolgimento e prevedendo un momento di verifica per valutare le criticità e gli elementi di forza;
- essere precedute da momenti di addestramento mirati all'uso dei singoli apprestamenti e dispositivi di emergenza personali e collettivi;
- essere debitamente documentate.

La tempistica deve essere scelta in modo da garantire che l'intero SGE resti efficiente e adeguato all'evoluzione della situazione, in modo che tutto il personale coinvolto acquisisca, mantenga e adegui nel tempo la capacità di adottare comportamenti adeguati a gestire le emergenze.

La periodicità deve essere idonea in relazione al livello di rischio, alle caratteristiche del cantiere e del personale, e comunque almeno annuale per le esercitazioni, considerando i vari tipi di scenario incidentale previsto, e semestrale per gli addestramenti.

Specifiche esercitazioni devono essere effettuate quando intervengono modifiche che hanno risvolti ritenuti significativi sulla gestione delle emergenze o sui rischi e possibili scenari di emergenza (cambiamenti organizzativi, modifiche delle attrezzature o impianti, modifiche al Piano di Emergenza, significativo turnover del personale o delle squadre addette all'emergenza).

2. Il recupero di un infortunato sulle pile del Viadotto Aglio

All'interno del processo produttivo del Lotto 13 si è proceduto alla redazione, congiuntamente al 115 e 118, di un sistema di gestione delle emergenze in cui si descrivono le operazioni di recupero dell'infortunato sul cassero autosollevante ACS impiegato per la realizzazione della pila n° 1 del viadotto Aglio. Tale procedura è stata organizzata per capitoli successivi, in cui si descrive lo scenario di intervento, l'attrezzatura necessaria presso l'area di lavoro, ad uso del personale del 115 e 118, ed i conseguenti protocolli di formazione ed addestramento del personale. Infine vengono descritte le procedure per allertare i soccorsi e per raggiungere l'area dell'infortunio, nonché le modalità con cui effettuare il soccorso.

2.1 Iter di sviluppo della procedura di soccorso

Sono state svolte numerose riunioni preliminari per analizzare il contesto emergenziale e condividere le informazioni, ed incontri tecnici finalizzati ad esaminare le problematiche e criticità nella gestione delle emergenze, con particolare riferimento alle procedure di evacuazione del personale dalle pile del viadotto (che raggiungono anche altezze di 80 m).

Durante gli incontri, la Direzione di cantiere ha illustrato (attraverso le tavole progettuali) le caratteristiche tecniche e dimensionali delle attrezzature previste per la realizzazione del viadotto, soffermandosi sulle modalità organizzative da adottare per l'esecuzione dei lavori.

Il Responsabile aziendale delle carpenterie e l'azienda produttrice dei casseri hanno illustrato i sistemi progettati per la realizzazione delle pile.

Il consulente Galileo Ingegneria e l'RSPP della TOTO SpA hanno coordinato le attività, mettendo a punto le soluzioni tecniche per l'evacuazione e le attrezzature ed i dispositivi necessari, interfacciandosi con gli enti di soccorso (in particolare con i VVFF), e definendo le attrezzature in pronto uso necessarie nelle rispettive fasi di lavoro.

Le soluzioni operative concertate a seguito della fase preliminare di studio hanno riguardato lo scenario maggiormente critico rispetto a quelli

possibili, ovvero il recupero all'interno della pila in fase di costruzione e durante l'elevazione/traslazione del cassero rampante.

L'accesso ordinario alla zona di lavoro prevede l'utilizzo di un ascensore, che raggiunge la zona di sbarco posta sul livello inferiore dei casseri. Il sollevamento dei materiali avviene attraverso una gru fissa tralicciata. Tali attrezzature (ascensore e gru), presenti per ogni singola pila in esecuzione, sono state mantenute in perfetta efficienza e sono state dotate di un gruppo elettrogeno di soccorso, per fronteggiare eventuali distacchi di energia elettrica.

Il cassero rampante progettato è costituito da tre diversi livelli di impalcati (-1, 0 e +1); tali livelli si sviluppano da quello inferiore (-1), a cui si arriva attraverso un ascensore di cantiere, per poi salire ai livelli superiori (0 e +1) fino alla testa della pila in costruzione. Attraverso un sistema di botole e scale che collegano i diversi impalcati di lavoro, è possibile scendere all'interno dal cavo della pila. Lo scenario di maggiore criticità per la gestione delle emergenze è pertanto l'interno della pila, nella zona più distante dal piano di sbarco dell'ascensore. Sono state ipotizzate due diverse soluzioni per il soccorso di un infortunato:

- Soluzione "A" (in casi di estrema necessità): si interviene utilizzando la gru di cantiere con "cellula" di salvataggio, atta a ricevere una barrella con il personale di soccorso. La cellula viene portata all'interno della pila o lateralmente ad uno degli impalcati intermedi dalla gru tralicciata fissa di cantiere, per consentire al personale di soccorso, dotato di imbracatura di sicurezza ed eventuali cordini di collegamento, di sbarcare per raggiungere l'infortunato. In seguito alla stabilizzazione dello stesso, il personale convoglia l'infortunato all'interno della cellula pronta per il trasporto a terra, sempre attraverso la gru di cantiere. Tale soluzione presenta le seguenti criticità:
 - individuazione del soggetto preposto a manovrare la gru in caso di emergenza. È stata redatta una procedura analitica dettagliata, seguita da formazione ed esercitazioni specifiche, per definire se l'apparecchio di sollevamento debba essere manovrato dal personale di soccorso o dal personale dell'impresa esecutrice dei lavori.

- Caratteristiche ed idoneità dell'apparecchio di sollevamento;
- Efficienza e manutenzione degli apparecchi da utilizzare per le operazioni di soccorso;
- Necessità di vincolo della cellula attraverso funi guida, in ragione della grande altezza da raggiungere e per tener conto dell'effetto del vento su una struttura non vincolata e rigida.
- Soluzione “B” (preferenziale): utilizzo dell’ascensore di cantiere da parte del personale di emergenza e raggiungimento del luogo dell’infortunio attraverso i percorsi ordinari, utilizzati in fase di lavoro, e predisposizione di botole di misura allargata rispetto allo standard, idonee al sollevamento in verticale dell’infortunato utilizzando uno specifico braccetto ed argano, da installare in ogni punto di passaggio tra i diversi livelli di impalcato. Questa soluzione presenta le seguenti criticità:
 - Dimensioni dell'ascensore. Devono garantire l’accesso del personale di soccorso nel numero necessario e la predisposizione di una barella orizzontale;
 - Caratteristiche della barella speleo per sollevamento verticale tipo” Lecchese”;
 - Caratteristiche del sistema di sollevamento, composto da un “Cavalletto Cevedale” com-

pleto e da un attacco rapido per verticalizzare l'infortunato e passare tra gli impalcati ai diversi livelli;

- Tipologia e dimensioni delle botole di passaggio tra gli impalcati, per agevolare le manovre difficili.

3. Simulazione di infortunio

Le operazioni di recupero sono state svolte in due fasi, descritte nelle figure e tabelle che seguono:

- 1° Fase. Allarme (Fig. 3)
 - Chi chiama i soccorsi al momento dell’allarme al 118 segnala: “Si tratta di una lavorazione sul cassero delle pile dei viadotti Variante di Valico”;
 - Chi chiama i soccorsi fornisce indicazioni sul punto di ritrovo previsto;
- 2° Fase. Soccorsi sul posto (Tabella 1 e Figure da 4 a 8)
 - Gli infermieri preparano l'attrezzatura di soccorso, valutano le condizioni dell'infortunato;
 - I vigili del fuoco allestiscono le opere per il trasporto dell'infortunato a terra ed eseguono il recupero.



Fig. 1 – Viadotto Aglio in fase di realizzazione



Fig. 2 – Pila del viadotto Aglio in fase di realizzazione

Tabella 1 – Individuazione delle diverse attività in carico ai soccorritori del 115 e del 118.

Infermieri	Vigili del Fuoco
L'infermiere indossa l'imbracatura, prende lo zaino, mette tutto nella barella toboga che verrà imbracata sull'ascensore	I vigili del fuoco indossano le imbracature, raccolgono i materiali specifici assieme all'infermiere muniti di radio portatili si portano all'ascensore per raggiungere il cassero rampante
Giunto sul piano di sbarco, provvederà a sbarcare la toboga con il materiale sanitario. Lo zaino viene assicurato allo spezzone di cordino e verrà calato nel cassero da un operaio mentre l'infermiere inizia la discesa usando la scala	Giunti al piano di sbarco si portano con i materiali sul tetto del cassero dove trovano in apposito contenitore predisposto e dedicato, gli altri materiali. Viene allestito il cavalletto cevedale a treppiedi che sarà posizionato su botola immediatamente superiore alla camera dove si trova l'infortunato
L'infermiere giunto a contatto con l'infortunato provvederà ad una rapida valutazione delle condizioni dell'infortunato e ne caso di valutazione inizierà la procedura di evacuazione rapida. Una volta messa il collare cervicale e l'elmetto all'infortunato.	Un vigile del fuoco con tavola spinale raggiunge, attraverso la scaletta, di servizio l'infortunato e l'infermiere. Dall'alto gli verrà calata la barella Lecchese già preparata per l'eventuale cambio di assetto.
L'infermiere, mentre l'infortunato viene sollevato da terra, comincia la risalita dalla scala verso il piano del cassero	Non appena l'infermiere dà il consenso viene posizionato il ferito sulla tavola spinale e poi nella barella Lecchese, si inizia la manovra di recupero
Appena l'infortunato sarà al piano si procederà sempre con l'imbracco operativo, a sistemarlo nella barella toboga. Quindi l'infermiere rivaluterà e stabilizzerà l'infortunato che verrà imbracato sull'ascensore per essere portato a terra, nel frattempo arriverà sul posto la medicalizzata inviata dal 118, in appoggio per codice rosso, a questo punto il medico della UMS prenderà in carico il paziente	Il ferito raggiunge il livello +1 dove riprende contatto con l'infermiere. Dopo rivalutazione ad opera dell'infermiere viene condotta a mano al livello -1 esterno (imbarco dell'ascensore) attraverso la scaletta esterna di servizio se ciò non sarà possibile sarà calato dal livello +1 al -1 esterno con manovra di calata in corda doppia da filo piano di calpestio, durante l'effettuazione di questa calata il ferito viene accompagnato da un vigile del fuoco che aiuterà la barella Lecchese a superare gli ostacoli rappresentati dalle travi, balaustre e quant'altro.



Fig. 4 – Predisposizione dei sistemi di recupero di emergenza dell'infortunato

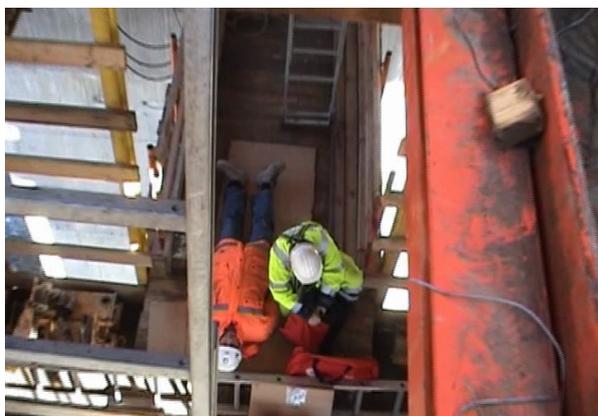


Fig. 5 – Prestazione delle prime cure presso l'infortunato e predisposizione della barella

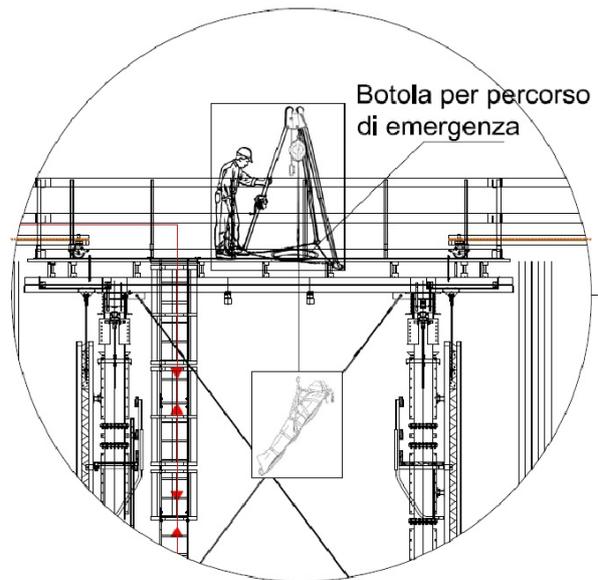
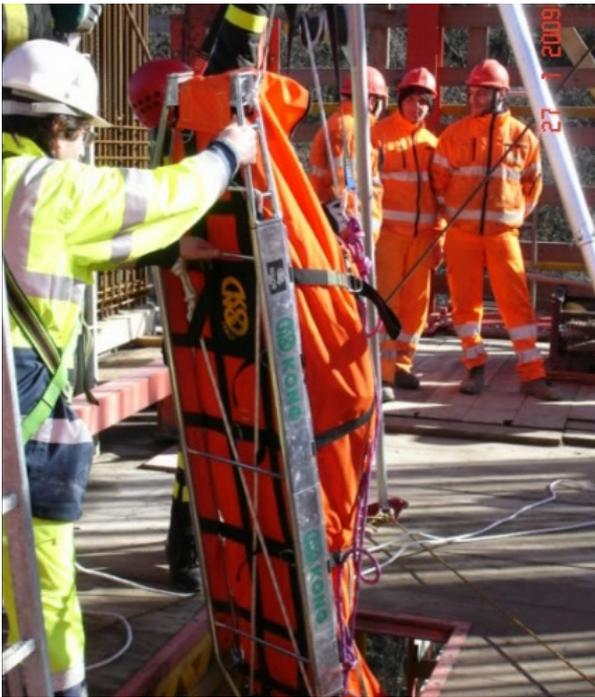


Fig. 6 – Imbracatura dell'infortunato e recupero di emergenza tramite sistemi di tipo alpinistico

4. Conclusioni

L'esercitazione ha contribuito a fornire spunti interessanti per i protocolli di formazione del personale dell'appaltatore TOTO SpA, dei VVFF, del 118 e delle altre figure professionali intervenute per l'occasione (AUSL, CSE, Direzione Lavori e Produttore dei Casseri).

L'esperienza, tra le prime nel suo genere, ha dimostrato come sia possibile, pianificando preliminarmente il Sistema di Gestione delle Emergenze, far convogliare ed integrare le esperienze dei vari soggetti deputati a garantire la corretta attuazione dell'emergenza, consentendo a tutti di crescere professionalmente ed innalzando i livelli di sicurezza, nel rispetto delle norme vigenti e delle buone pratiche adottate.

Altri elementi qualificanti dell'esercitazione sono le numerose attrezzature utilizzate per il recupero in quota del personale infortunato, tradizionalmente poco conosciute se non dai nuclei speleo-alpino-fluviali (SAF) dei VVFF e della Protezione Civile, dispositivi che consentono di operare in ambienti impervi ed altamente pericolosi per i soccorritori e per le vittime.

L'esperienza è stata molto utile anche per il personale del 118, costituito prevalentemente da volontari abituati ad operare in contesti ambientali "tradizionali", pur avendo in passato elevato il loro standard professionale nelle opere TAV BOFI, ma non su viadotti molto alti dove la particolarità dell'opera e le tecnologie adottate rendevano estremamente complessa la gestione dei soccorsi.

Anche le squadre specialistiche dei VVFF, impegnate quotidianamente a presidiare il cantiere grazie all'accordo tra la Regione Toscana ed Autostrade per l'Italia SpA, hanno potuto beneficiare del viadotto Aglio come campo di esercitazione ed addestramento, utile non soltanto per il cantiere ma anche per la collettività nel caso si verificassero delle emergenze nelle quali impiegare le squadre SAF.

Bibliografia

NIR n.18 "Sistema di Gestione delle Emergenze"

POS Variante di Valico a cura di GECA ASF 10 del 24/04/2008

APPLICAZIONE DELLA NIR 12 “CAMPI BASE” NEI CANTIERI VAV. ANALISI DELLE PROBLEMATICHE PROGETTUALI, ESECUTIVE E GESTIONALI.

Michelini, A., Cardin, M.
Galileo Ingegneria Srl

Abstract

Il presente contributo approfondisce alcuni aspetti applicativi della NIR 12 “Campi Base”, sulla base delle esperienze maturate da Galileo Ingegneria nella progettazione e nell’assistenza tecnica alle cantierizzazioni della Variante di Valico A1 e del Nodo AV di Bologna.

In particolare, saranno evidenziati alcuni aspetti di carattere procedurale, riscontrando una situazione estremamente diversificata nella istruttoria dei progetti da parte delle amministrazioni locali, e con tempistiche spesso incongruenti con le esigenze di allestimento delle aree.

Saranno inoltre affrontati alcuni temi per i quali vi sono problematiche interpretative, come ad esempio l’assoggettabilità alla normativa di prevenzione incendi delle strutture alloggiative (con riflessi sulle caratteristiche costruttive dei fabbricati, sui layout e sulle dotazioni impiantistiche), e come i parametri di confort acustico che le strutture devono assicurare, le cui indicazioni necessitano di maggior dettaglio tecnico.

1. Introduzione

Le strutture logistiche a servizio dei cantieri infrastrutturali sono state per molto tempo considerate come un aspetto marginale e secondario nell’ambito della complessa cantierizzazione delle c.d. “grandi opere”.

L’esperienza dei cantieri Alta Velocità prima, e ancor più della Variante di Valico A1 fino ad oggi, restituiscono invece una immagine ben diversa, dove il “Campo Base” rappresenta il centro nevralgico dell’intero cantiere, il fulcro attorno a cui ruotano non soltanto i servizi assistenziali alle maestranze, ma l’intera struttura tecnica e direttiva del cantiere, subappaltatori, fornitori, progettisti, Direzione Lavori, dove si svolgono riunioni, simulazioni, visite mediche, attività formative, ricreative.

Si tratta quindi di vere e proprie comunità, che per dimensioni e numero di occupanti spesso competono e superano i nuclei abitati e le frazioni dei comuni che li ospitano, e che permangono per molti anni sul territorio; una situazione ben lontana dall’idea di “provvisorietà” evocata dal concetto di Campo Base e regolamentata fino al 2000 solo attraverso le obsolete indicazioni dei DPR 303/56 e 320/56, e per la quale la nota inter-

regionale n° 12 ha dovuto costruire un quadro regolamentare ex novo.

Dormitori anche multipiano per centinaia di lavoratori, mense che lavorano ventiquattro ore su ventiquattro, locali ricreativi, sale riunioni e locali per la formazione, spogliatoi, servizi igienici, lavanderie, infermerie; uffici per imprese, direzione lavori, subappaltatori, laboratori materiali, archivi, per migliaia di metri quadri complessivi, che gravano su ampie aree dotate di parcheggi, piazzali, viabilità, magazzini e depositi di materiali, depositi di rifiuti, impianti di depurazione, opere di mitigazione, ma anche aiuole, alberi e corsi d’acqua; aree che necessitano di regolari utenze idropotabili, approvvigionamenti costanti di energia elettrica e gas, approvvigionamenti alimentari, servizi manutentivi, raccolta rifiuti, e di una viabilità a volte esclusiva e comunque potenziata; non vi è nulla di provvisorio o di temporaneo in una struttura di questo genere.

Le problematiche progettuali, costruttive, autorizzative e gestionali sono in tutto e per tutto simili a quelle di una urbanizzazione vera e propria e non hanno niente a che vedere con le “baracche di cantiere”, come invece ci si ostina a chiamarle.

Quindi, oltre ai richiamati decreti in materia di

igiene e sicurezza risalenti agli anni '50, che risultavano palesemente inadeguati anche solo per le mutate condizioni generali degli ambienti di lavoro, la realizzazione di queste strutture ha dovuto confrontarsi con la normativa edilizia, con la pianificazione territoriale, con le norme ambientali in materia di acque, di rifiuti e di acustica.

L'applicazione della nota interregionale n° 12 (emessa dalle Regioni Emilia Romagna e Toscana con PG 27965/PRC del 10 luglio 2000) ha in gran parte colmato questo vuoto normativo, stabilendo standard qualitativi adeguati alle condizioni lavorative tipiche delle grandi opere infrastrutturali e delle opere in sotterraneo, primi fra tutti l'obbligo di camera singola e di condizionamento estivo, e fornendo indicazioni operative di carattere igienico sanitario, ambientale e prevenzionistico, mostrando una particolare attenzione al benessere psicofisico dei lavoratori.

L'esperienza maturata da Galileo Ingegneria nella progettazione delle cantierizzazioni di numerosi cantieri della Variante di Valico, oltre che dell'Alta Velocità e di altre infrastrutture italiane, consente di formulare alcune riflessioni sull'applicazione della nota interregionale, evidenziandone gli aspetti progettuali, procedurali e gestionali e soffermandosi sulle tematiche meritevoli di approfondimento.

2. Le procedure autorizzative

Nella nota interregionale 12 non si fa cenno alle procedure di approvazione dei progetti delle strutture logistiche (campi base in particolare, ma anche – per estensione – campi operativi e campi industriali), per quanto al capitolo finale si produce un elenco completo e dettagliato degli elaborati progettuali e della documentazione "per la valutazione del progetto del campo base", intendendosi evidentemente da parte della ASL di riferimento.

Nelle premesse, inoltre, si fa esplicito riferimento alla "normativa nazionale" e agli "strumenti urbanistici locali", lasciando quindi intendere che il parere ASL, evidentemente obbligatorio per la verifica del rispetto dei requisiti igienico-sanitari stabiliti dalla NIR 12, possa trovare collocazione nell'ambito di un procedimento amministrativo, per quanto non definito a priori.

Un primo elemento da considerare è la collo-

cazione del campo; trattandosi di opere di competenza statale trovano applicazione le disposizioni derivanti dal combinato disposto – e dalle successive modifiche e integrazioni, dell'art 81 del DPR 616/77, del DPR 383/94 e dell'art 55 del D.Lgs 112/98, ovvero le opere possono andare in deroga alle normative urbanistiche locali (o meglio ne costituiscono variante); tale indicazione è stata estesa anche alle strutture logistiche temporanee necessarie alla realizzazione delle opere, che sono state nella maggior parte dei casi incluse nelle aree di cantiere perimetrate nel progetto definitivo, soggetto ad approvazione in conferenza dei servizi.

Poiché i progetti delle opere in esame sono stati approvati in via definitiva molto prima della redazione delle NIR, e comunque spesso senza un dettaglio costruttivo delle opere logistiche, alcuni campi sono stati realizzati in posizioni non particolarmente idonee da un punto di vista ambientale, per la vicinanza alle aree di lavorazione o alla viabilità di cantiere, o in prossimità di elettrodotti ad alta tensione, non trovando quindi piena applicazione il primo requisito richiesto dalla NIR12 (par 2.1 Requisiti generali – ubicazione dell'area), ovvero:

"Il campo base deve essere ubicato in un'area idonea ad evitare l'esposizione a fonti di inquinamento come quello derivante da traffico veicolare, cantieri lavorativi ed insediamenti produttivi, o altre situazioni di insalubrità ..."

Ciò ha causato in alcuni casi problematiche di impatto acustico, di polverosità o di interferenza con la viabilità di cantiere, e la necessità di opere di mitigazione o di layout progettuali elaborati e complessi.

La casistica in tal senso è assai varia, e, nell'esempio della Variante di Valico A1, si va dal campo base del lotto 5B, ubicato lontano dal cantiere principale e in area tranquilla e appartata, al campo del lotto 1, ubicato in adiacenza a un insediamento industriale a rischio di incidente rilevante, fino ai campi del lotto 6/7, ubicati lungo il tracciato dell'autostrada in costruzione e in prossimità degli imbocchi di galleria, e in pieno ambito fluviale.

Dal punto di vista strettamente edilizio, nelle esperienze svolte sui cantieri della Variante di Va-

lico, che si sono sviluppati nel corso di oltre un decennio e hanno interessato numerose amministrazioni locali, non vi è stato un unico indirizzo procedurale per l'istruttoria e l'approvazione dei progetti dei campi, che sono state lasciate alla scelta autonoma dei comuni, che si sono a volte trovati in difficoltà al riguardo; alcune amministrazioni hanno applicato integralmente la normativa edilizia, con il rilascio di veri e propri Permessi di Costruire, e con il relativo – notevole – carico di adempimenti e di specifiche tecniche, e con l'incongruenza di applicare tali norme a un insediamento temporaneo; altri comuni hanno autorizzato – con procedura SUAP – l'avvio di attività produttiva (esercizio di "struttura logistica a servizio di cantiere") comprensiva di autorizzazione alla realizzazione dei manufatti e delle opere correlate.

Mentre per la procedura di autorizzazione alla realizzazione dei campi sono evidenti le incertezze interpretative, non vi sono stati dubbi sulla applicabilità della normativa ambientale per quanto riguarda la regolamentazione delle acque di scarico, che rappresentano un aspetto fortemente problematico in quanto i cantieri e i campi sorgono quasi sempre in aree di tutela ambientale, in prossimità di corsi d'acqua, e ovviamente sprovvisti di reti di pubblica fognatura;

In tutti i campi è stato inoltre necessario attivare numerose procedure complementari per l'ottenimento di svincoli idrogeologici, per la realizzazione di opere e manufatti in area di tutela fluviale, per lo scavo di pozzi o per l'autorizzazione al prelievo di acque superficiali, per lo stoccaggio di carburanti o gas, l'approvvigionamento elettrico e per molti altri aspetti operativi che esulano dall'ambito della NIR12 ma che sono essenziali alla attivazione e alla vita dei campi.

Oltre al carico di oneri progettuali e di pratiche amministrative, e alle già citate incertezze di carattere procedurale, la principale criticità relativa agli aspetti autorizzativi risulta essere la tempistica di istruttoria e di approvazione dei progetti e delle istanze connesse alla realizzazione e attivazione dei campi; trattandosi di strutture complesse in aree montane e con emergenze ambientali soggette a tutela, le procedure di autorizzazione (spesso gravanti sugli uffici tecnici di piccoli comuni dell'Appennino, con organico non adeguato a sostenere un carico amministrativo

imponente e imprevisto) hanno spesso comportato istruttorie di molti mesi, incompatibili con le esigenze di immediata operatività dei cantieri; solo i contratti di alcuni lotti, relativi ad appalti integrati, hanno previsto – con lungimiranza – nel crono-programma generale delle opere un periodo di tempo a disposizione dell'impresa per le istruttorie amministrative di cantierizzazione e per la realizzazione dei campi base, prima dell'avvio vero e proprio delle lavorazioni.

Analogamente, si rileva che i campi, lungi dall'essere elementi statici e immutabili, sono sempre in costante evoluzione e adattamento alle esigenze di cantiere, riproponendo quindi le medesime criticità istruttorie evidenziate per la fase di allestimento del cantiere anche in occasione di ogni modifica e ampliamento in corso d'opera.

3. Gli adempimenti di prevenzione incendi

Dalla emanazione della NIR 12, la normativa di prevenzione incendi ha visto una significativa evoluzione, sia dal punto di vista procedurale, con l'emanazione di provvedimenti di riclassificazione e semplificazione delle pratiche amministrative e delle procedure istruttorie, sia dal punto di vista tecnico.

In questo contesto si inseriscono inoltre le modifiche normative e le semplificazioni procedurali introdotte dal DPR 151/2011.

La NIR 12 affronta il tema della prevenzione incendi dal punto di vista delle dotazioni impiantistiche e della gestione delle emergenze all'art. 2.15, ma rimanda – per gli aspetti autorizzativi – alle procedure del DM 16/2/82 con un breve ma esplicito richiamo al paragrafo 2.14.5 nell'ambito dell'articolo dedicato alla sicurezza degli impianti.

Nel contesto di tale quadro normativo, si sono evidenziate alcune difficoltà interpretative, relativamente all'attività soggetta, che in prima istanza vedeva assimilabili i prefabbricati ad uso dormitorio alla attività n. 84 "alberghi, pensioni, motels, dormitori e simili con oltre 25 posti letto", ovvero alla norma applicabile agli alberghi (ora sostituito dall'attività 66 nell'ambito delle recenti revisioni normative).

Tale apparentamento comportava la necessità di dotare i prefabbricati multi-piano (usualmente

realizzati per ospitare oltre 25 persone) di caratteristiche di resistenza al fuoco, di apprestamenti e di impianti che, nel contesto di cantiere, apparivano oggettivamente di difficile applicazione.

A tale situazione i progettisti hanno ovviato, in alcuni casi, intervenendo sulle partizioni orizzontali dei prefabbricati, realizzando dormitori con piani strutturalmente e funzionalmente separati, con accessi e impianti compartimentati dal punto di vista della prevenzione incendi e singolarmente con capacità ricettiva inferiore a 25 persone.

In questo modo, pur risultando intrinsecamente sicuri dal punto di vista prevenzionistico, non soggiacevano agli obblighi procedurali e ai conseguenti adeguamenti strutturali e impiantistici dell'attività 84 e al rilascio del certificato di prevenzione incendi.

Tale impostazione è stata ritenuta formalmente corretta dai comandi VVF di competenza territoriale dei cantieri soggetti alla NIR 12 nell'ambito di numerosi cantieri della Variante di Valico e del Nodo AV di Bologna; nel 2010, il comando VVF di Bologna si è però espresso in senso diverso, in relazione a un campo base del Nodo AV di Bologna, sulla base di un parere della Direzione Tecnica Centrale, stabilendo l'assoggettabilità al Certificato di Prevenzione Incendi dei dormitori con capacità superiore a 25 posti letto, indipendentemente dalle compartimentazioni interne.

Tale orientamento ha determinato la necessità di adeguare i progetti dei prefabbricati alla Regola Tecnica per l'esercizio delle attività ricettive di cui al DM 9/4/94 (regola tecnica di prevenzione incendi per la costruzione e l'esercizio delle attività turistico-alberghiere), ovvero, per le caratteristiche costruttive e di temporaneità delle installazioni di cantiere, a ricorrere all'istituto della deroga alle suddette prescrizioni, con aggravio di costi di costruzione, di allestimento delle opere di compensazione della sicurezza antincendio, di progettazione e istruttoria, e allungamento dei tempi di autorizzazione.

Gli apprestamenti tecnici e logistici dei campi base e dei campi operativi delle grandi opere, inoltre, presentano complessità operative ben note, determinate dalla necessità di compendiare esigenze operative diverse, che portano a una ampia casistica di situazioni assoggettate alla normativa di prevenzione incendi, come ad esempio lo stoccaggio di carburanti per autotrazione, il de-

posito di sostanze infiammabili (solventi, lubrificanti, additivi per le costruzioni) e numerose altre attività (cucine industriali, postazioni di saldatura, forni di essiccazione) ricomprese nella casistica di prevenzione incendi.

Da quanto sopra emerge la necessità che la realizzazione dei campi base e dei campi operativi venga correttamente pianificata e inquadrata fra le attività di progettazione, integrata con tutti gli altri aspetti di progettazione degli ambienti di vita e di lavoro, proprio in ragione di quella complessità richiamata nelle premesse e ribadita in tutti i capitoli del presente contributo.

4. Il comfort acustico

L'esperienza maturata in questi anni nell'allestimento dei cantieri ha evidenziato che il tema del "rumore" rappresenta una delle principali criticità dei cantieri infrastrutturali, sia dal punto di vista dell'impatto sul territorio, sia dal punto di vista dell'esposizione dei lavoratori, sia infine come requisito di qualità abitativa e di comfort nei campi base e logistici.

Le attività necessarie per la realizzazione di opere imponenti e complesse come la Variante di Valico sono tutte fortemente impattanti e rumorose. L'analisi delle sorgenti acustiche è un'operazione complessa, poiché nei cantieri è possibile trovare sorgenti acustiche diverse, ovvero:

impianti che funzionano senza interruzione ventiquattro ore al giorno, come ad esempio gli impianti di ventilazione delle gallerie;

impianti caratterizzati da cicli periodici, come quelli per la produzione del calcestruzzo;

mezzi d'opera, per le attività di trasporto, demolizione e scavo, caratterizzati da intensità variabili e fortemente dipendenti dall'avanzamento lavori.

Molto spesso i campi base sono collocati in prossimità delle viabilità di cantiere, se non addirittura all'interno del cantiere principale, o in prossimità degli impianti di produzione o degli imbocchi di galleria.

In queste situazioni, garantire il comfort acustico, essenziale al riposo e al benessere psicofisico dei lavoratori, che come noto lavorano su più turni per garantire il rapido avanzamento dei lavori, può essere un elemento problematico.

La NIR 12 tratta questo punto solo al par 2.10

“Inquinamento acustico e protezione dal rumore”, richiamando genericamente la normativa nazionale (segnatamente il DPCM 1.3.1991 e la L. 447/95) lasciando quindi intendere che, per l’insediamento del campo base, sia necessaria una istruttoria di carattere ambientale (prevista dalla L. 447/95) che tenga conto della classificazione acustica comunale (richiamata dal DPCM 1.3.91).

A tale richiamo non viene dato seguito in quanto il paragrafo prosegue evidenziando che “gli ambienti abitativi o comunque occupati da persone non devono essere realizzati in prossimità o contiguità di emissioni rumorose” ribadendo quindi i concetti espressi al par 2.1; conclude quindi stabilendo un parametro di comfort acustico specifico per i dormitori, 45 dB(A) a finestre chiuse.

La normativa acustica in realtà è assai complessa, regolamentata a livello regionale e comunale, e che la valutazione previsionale e il monitoraggio acustico sono attività tecnicamente complesse e regolamentate da normativa settoriale, riservate a tecnici specialisti iscritti ad apposito elenco ai sensi della L 447/95.

Anche i requisiti di isolamento acustico degli ambienti di vita sono regolamentati, in dettaglio dal DPCM 5.12.97, che fissa però parametri diversi e soprattutto valutati con diverso criterio tecnico, e dove non si trova riscontro del parametro di 45 dB(A) identificato dalla NIR 12 come riferimento prescrittivo.

Ne consegue che l’applicazione di questa specifica parte della NIR 12, in cantieri la cui complessità è stata ampiamente ribadita, si è rivelata spesso difficoltosa, non trovando pieno riscontro la prescrizione regolamentare con la normativa di settore; ciò ha costretto i progettisti dei campi a simulazioni complesse ma comunque spesso approssimative, per verificare se i requisiti di isolamento acustico dei prefabbricati utilizzati fossero adeguati al rispetto dei 45 dB, dipendendo però tale verifica non soltanto da garanzie fornite dal costruttore ma anche e soprattutto dal rumore esterno a cui il dormitorio risultava soggetto, come detto estremamente variabile, introducendo elementi di incertezza rilevanti nella valutazione.

Ciò mentre le amministrazioni locali, nell’istruttoria delle cantierizzazioni, chiedevano

l’applicazione della normativa di settore per quanto riguarda il rumore ambientale, con la produzione di valutazioni previsionali di impatto acustico a corredo dei progetti dei campi.

Pertanto, proprio per l’importanza del comfort acustico nel benessere psico-fisico e nel riposo dei lavoratori impegnati in queste opere, sarebbe auspicabile una revisione del punto 2.10 della NIR12, relativamente al requisito acustico richiesto, rendendo coerente tale richiesta con il quadro normativo nazionale, regionale e locale applicabile.

5. Conclusioni

Le procedure amministrative, la prevenzione incendi, il comfort acustico degli alloggiamenti sono solo alcuni degli aspetti tecnici della realizzazione dei campi base delle grandi opere infrastrutturali, strettamente connessi fra loro e con la pianificazione complessiva delle opere stesse.

La progettazione dei campi base, quindi, ben lungi dall’essere un mero esercizio di composizione logistica di elementi prefabbricati, si mostra come una attività di progettazione integrata, che impatta non solo sulla qualità dei servizi igienico assistenziali per le maestranze, ma sull’intera logistica di cantiere delle Grandi Opere.

In relazione alla NIR 12, che ha avuto il merito di aggiornare una normativa obsoleta e superata e garantire adeguati livelli di assistenza alle maestranze impegnate in lavori lunghi, logoranti e in condizioni operative spesso disagiate, è auspicabile che – in una prossima revisione – si possano approfondire in maggior dettaglio alcuni temi, fra i quali quelli trattati in questo contributo, che nella prima emissione sono stati inquadrati sommariamente o con unico riferimento agli aspetti igienico-assistenziali.

In coerenza con quanto sopra, è altresì auspicabile che le stazioni appaltanti prendano atto che le fasi di progettazione e di istruttoria di cantierizzazioni complesse possono costituire un elemento di criticità, sia in termini di crono-programma lavori, sia in termini economici, di cui deve necessariamente essere tenuto conto nella programmazione generale, tecnica ed economica, delle opere.

Nuove tecnologie per lo scavo in sotterraneo.

COMUNICAZIONE WI-FI E SISTEMI TECNOLOGICI IN AMBIENTE ATEX

Antonio Duccoli
Miretti S.p.A.

Abstract

Lo scavo in gallerie per l'ammodernamento della rete infrastrutturale ferroviaria, stradale ed autostradale, ha stimolato l'innovazione tecnica nell'ingegneria della sicurezza e degli scavi. In particolare sono stati realizzati sistemi automatici di misura in continuo, di registrazione ed analisi dei risultati, apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva, che rendono più sicuro il lavoro nei cantieri di scavo sotterranei che interferiscono con formazioni geologiche contenenti "Grisù", in conformità al D.Lgs.81/2008 ed alle direttive ATEX 94/9 CE e ATEX 99/92 CE. In questa nota vengono presentate alcune considerazioni tecniche e metodologiche per la costruzione delle linee Wi-Fi in gallerie soggette a potenziale presenza di atmosfere aria - metano.

1. Introduzione

Da oltre 40 anni la MIRETTI è impegnata nello sviluppo di soluzioni tecniche atte a rendere sicure macchine operatrici da impiegare in ambienti di lavoro con presenza di atmosfere esplosive. Negli anni '80 ha contribuito all'elaborazione di normative di sicurezza per macchine operatrici per la costruzione di gallerie con possibile presenza di grisù. All'epoca, per evitare l'inesco delle atmosfere esplosive i componenti elettrici venivano inglobati in custodie a prova di esplosione, l'avviamento dei motori diesel era pneumatico, le temperature dei gas di scarico venivano ridotte con scambiatori di calore, si utilizzavano marmitte ad acqua per ridurre l'emissione di inquinanti. Il controllo del tenore di grisù nell'atmosfera della galleria in costruzione era affidato a strumenti manuali con lettura puntuale.

A metà degli anni '90, con l'inizio dei lavori TAV nella tratta Bologna – Firenze, comprendenti 70 km di gallerie per lo più grisutose, l'urgente necessità di migliorare radicalmente l'approccio alla sicurezza ha portato alla redazione di specifici standard basati su approcci e soluzioni di carattere ingegneristico. Nella primavera del 1998 viene emanata, congiuntamente dalle due Regioni Emilia Romagna e Toscana, la prima Nota Interregionale (NIR) denominata "Scavo di gallerie in terreni grisutosi: standard di sicurezza. DPR

320/56 Capo X".

Questa "Best Practice" ha dato l'avvio ad un approccio alla sicurezza, inedito nel panorama italiano, basato su criteri, analisi e soluzioni proprie dell'ingegneria degli scavi e, per alcuni aspetti, mutate dall'ingegneria mineraria e dalle linee guida estere più moderne. La prima NIR grisù e ancor più la seconda edizione ("Standard di sicurezza per lo scavo di gallerie in terreni grisutosi nell'Appennino Tosco Emiliano. DPR 320/56 Capo X 2ª edizione", del 2002) e la terza edizione ("Lavori in sottoterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù 3ª edizione" del 2005) hanno promosso e sollecitato la ricerca e lo sviluppo di soluzioni tecniche e tecnologiche mirate al controllo sistematico della galleria con sistemi Multiplexer costituiti da:

- sensori di rilevamento del gas al fronte e lungo la galleria;
- gruppi semaforici lungo la galleria e all'imbocco per la segnalazione dei livelli di allarme;
- postazioni SOS ogni 500 m lungo la galleria;
- linee di trasmissione dati, da e per la galleria, con cavo a coppie twistate e schermate;
- Personal Computer in sala controllo posta all'esterno della galleria per l'acquisizione e la registrazione dei dati e la visualizzazione degli allarmi.

Nel 2003 con il recepimento della direttiva ATEX (DPR 126/98) si applicano sulle macchine operatrici nuove soluzioni tecniche per operare in ambiente grisutoso. L'impiego della sicurezza intrinseca e delle cabine pressurizzate sui Jumbo permettono di mantenere inalterata l'ergonomia della macchina originale facilitando le operazioni di comando.

Sui mezzi pesanti si installano, per la prima volta nel contesto dei cantieri di scavo, le prime telecamere associate a schermi posti in cabina così da rendere sicure le manovre in retromarcia. Vengono adottate le prime marmitte catalitiche per ridurre l'emissione di sostanze inquinanti in galleria.

Il primo radiocomando in esecuzione ATEX M2 viene installato sul posizionatore PSM, attualmente utilizzato nella galleria autostradale Lauria (PT), che permette all'operatore di muoversi liberamente senza collegamento fisico alla macchina.

Attualmente, lo sviluppo di nuove soluzioni tecnologiche da parte della Miretti è orientato:

- ad un sistema di comunicazione Wireless a doppia via tra galleria e sala di controllo per la trasmissione dei dati dei sensori del gas, dei parametri di ventilazione, per la ripetizione degli allarmi TVCC – Telecamera a circuito chiuso. Dalla sala di controllo tutti i dati del monitoraggio sono trasmessi a postazioni remote con una linea Ethernet;
- all'isolamento dei motori termici con avanzate soluzioni tecniche già impiegate nel settore aeronautico.

2. Rete Wireless per gallerie classificate gruppo I M2

La rete WILAN è un sistema aperto che può collegare più sistemi in galleria e permette la trasmissione verso postazioni remote esterne alla galleria, con rete Ethernet e con tutte le potenzialità del collegamento via internet.

Il livello di emissioni è tanto basso che sono da considerare intrinsecamente sicure per l'uomo cosicché la loro utilizzazione in ambiente di lavoro richiede una valutazione di rischio con procedura semplificata; inoltre è escluso qualsiasi effetto indiretto quale, ad esempio, l'innesco di detonatori elettrici. Il livello di energia è molto

inferiore ai limiti imposti per le zone con pericolo di innesco di miscele aria – metano (6 W per il gruppo I e 2W per il gruppo IIC).

L'adozione del sistema Wi-Fi riduce i tempi di progettazione ed i costi (assenza di cavi, infrastrutture limitate, sicurezza intrinseca, manutenzione ridotta). Inoltre, terminata la costruzione della galleria, il sistema può essere riutilizzato in altri cantieri.

2.1 Caratteristiche della rete Wi-Fi Mesh

La rete Wi-Fi Mesh è costituita da nodi di trasmissione, fissi e mobili, che comunicano tra loro in tempo reale. Ciascun nodo comunica con almeno un altro nodo, amplificando il segnale disponibile sulla rete. Con questa tecnologia, se nella stessa area sono presenti più nodi, la rete viene potenziata invece di essere frazionata su più utilizzatori. I nodi mobili autorizzati vengono automaticamente riconosciuti dal sistema e si integrano completamente nella rete wireless. Il segnale di ciascun nodo si autoregola in modo da evitare riverberi sulla rete, fermo restando il massimo valore di emissione di ciascun nodo. Infine, è possibile sfruttare la connessione di rete tramite un Personal Computer collegandosi con un cavo LAN.

2.2 Installazione nodi Mesh lungo la galleria. Considerazioni metodologiche, tecniche e gestione del software.

Prima di installare i nodi MESH bisogna verificare che siano visibili tra loro e ci sia campo libero. Le antenne del nodo devono essere posizionate considerando diversi parametri quali, ad esempio, la distanza da terra e tra le antenne, la distanza da parti metalliche (Figure da 1 a 4).

Tutte le antenne installate all'esterno galleria devono essere protette dalle sovratensioni tramite scaricatori collegati a terra. Analogamente, dovranno essere protetti i collegamenti (sempre e solo delle antenne) tramite adeguata nastratura di protezione (Figura 5).

Un apposito software consente di visualizzare, monitorare e gestire la rete MESH (Figura 6).

Evidenziando un nodo si verificano i livelli di segnale rilevati al refresh con il nodo più vicino ed i valori medi (Figura 7). In "RSSI (dm)" viene

indicato il valore di segnale della singola radio.

La tabella 1 fornisce l'equivalenza tra il livello di segnale e la quantità di dati che possono circolare.



Fig. 1 - Antenna installata all'imbocco della galleria.

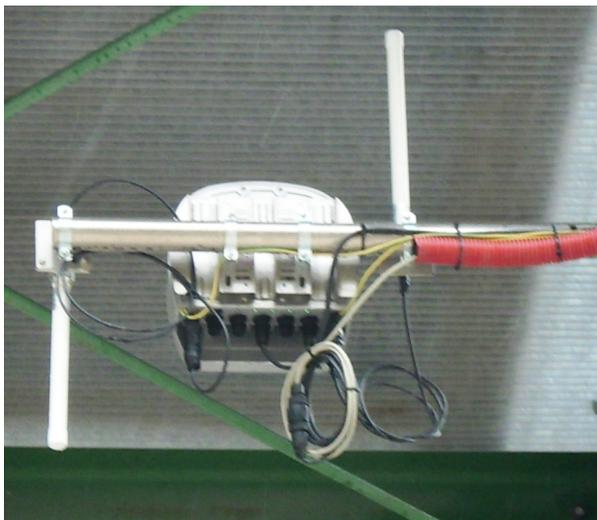


Fig. 2 - Antenna esterna.



Fig. 3 - Apparato di comunicazione in galleria.



Fig. 4 - Installazione telecamera e antenna su traliccio.

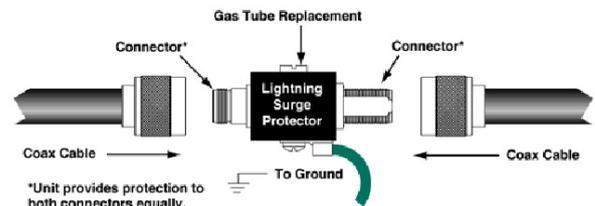


Fig. 5 - Lightning surge protector.

Il sistema descritto è stato posto in opera nei seguenti cantieri:

- Variante di Valico Discenderia di Roncobiallaccio, Castiglione dei Pepoli (BO), (lunghezza circa 800 m). Si tratta del sistema di trasmissione allarmi monitoraggio gas su veicoli in transito lungo la discenderia;
- Variante di Valico, Cantiere Lotto 13, Galleria classificata 1B Manganacci Nord, fornitura ed installazione telecamera e impianto WI FI in esecuzione gruppo I M2 - Località Scopicci - Barberino di Mugello (FI). Si tratta di una telecamera ad alta definizione su traliccio torre faro, (800 m dall'imbocco) completa di funzioni zoom e brandeggio tramite interfaccia di rete.

Nel primo cantiere è stata utilizzata una rete WI FI di tipo MESH con apparati a doppia radio che consente di eliminare la "latenza" dei punti mobili (Figura 8). Mentre la prima radio mantiene la comunicazione, la seconda cerca il nodo successivo; quando la potenza del segnale di questa supera quello della prima, avviene lo scambio di radio senza interrompere la comunicazione.

Le centraline WIFI nei mezzi di trasporto e scavo vengono collocati all'interno della cabina

di comando compatibilmente con gli spazi a disposizione, mantenendo la migliore ergonomia (Figura 9). Ciascun mezzo è connesso con la cen-

trale operativa e con il punto di sicurezza del cantiere, garantendo l'assistenza ed il coordinamento.

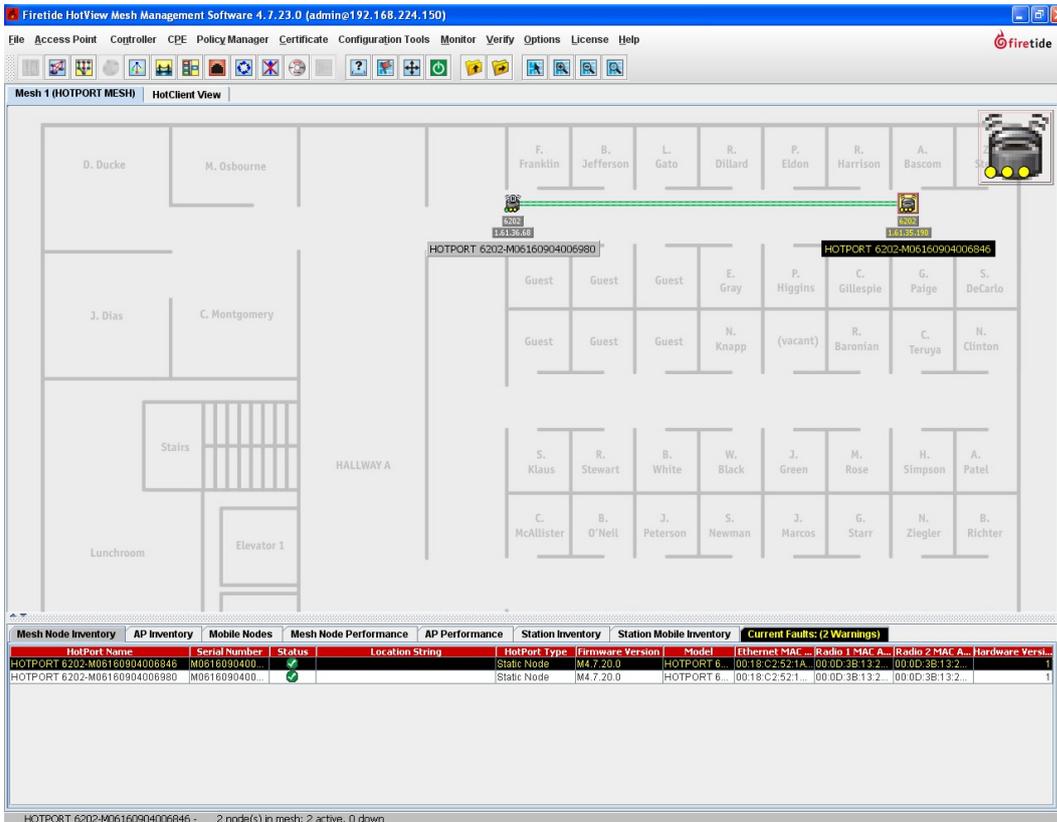


Fig. 6 - Schermata con i nodi presenti nella rete MESH.

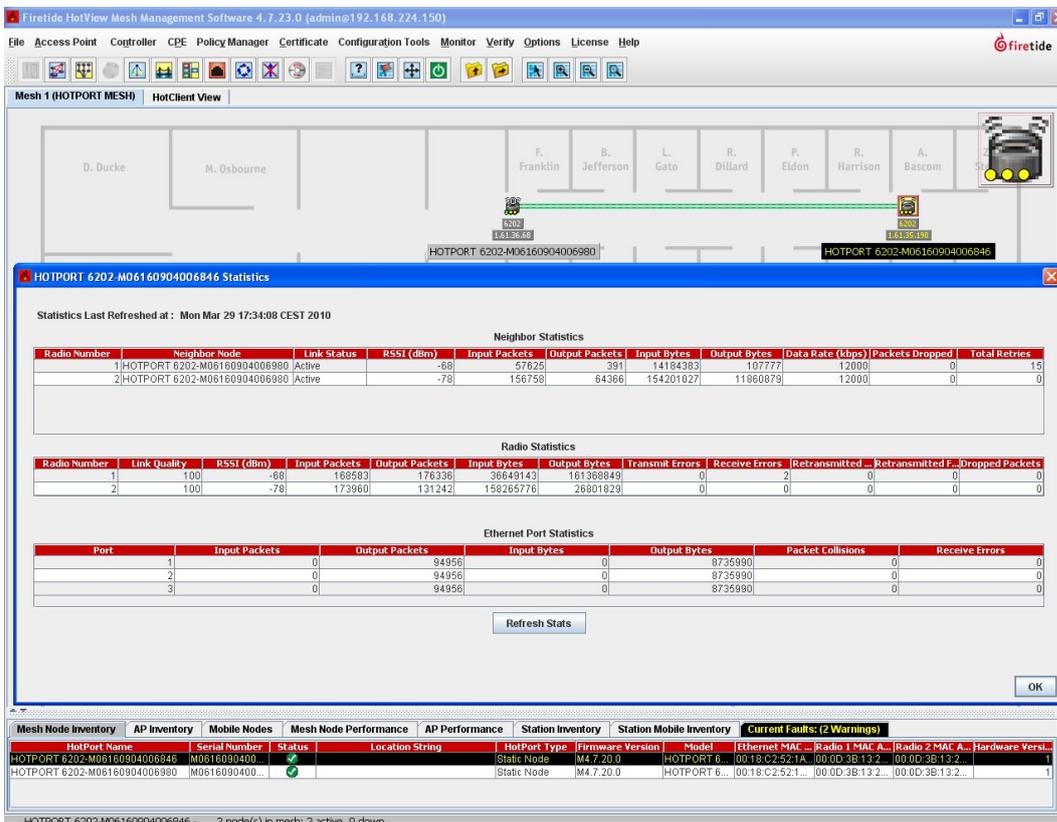


Fig. 7 - Informazioni sul nodo selezionato.

Tabella 1 - Livello del segnale e quantità di dati trasferibili dalle apparecchiature poste all'esterno della galleria.

Apparecchiature esterno galleria			
Livello di segnale ricevuto RSSI (dBm)	Quantità di dati (kbps)	Livello di segnale ricevuto RSSI (dBm)	Quantità di dati (kbps)
-73	54000	-73	48000
-75	48000	-75	36000
-79	36000	-79	22000
-82	24000	-82	12000
-85	12000	-85	4000
-87	9000	-87	<1000
-90	6000	/	/

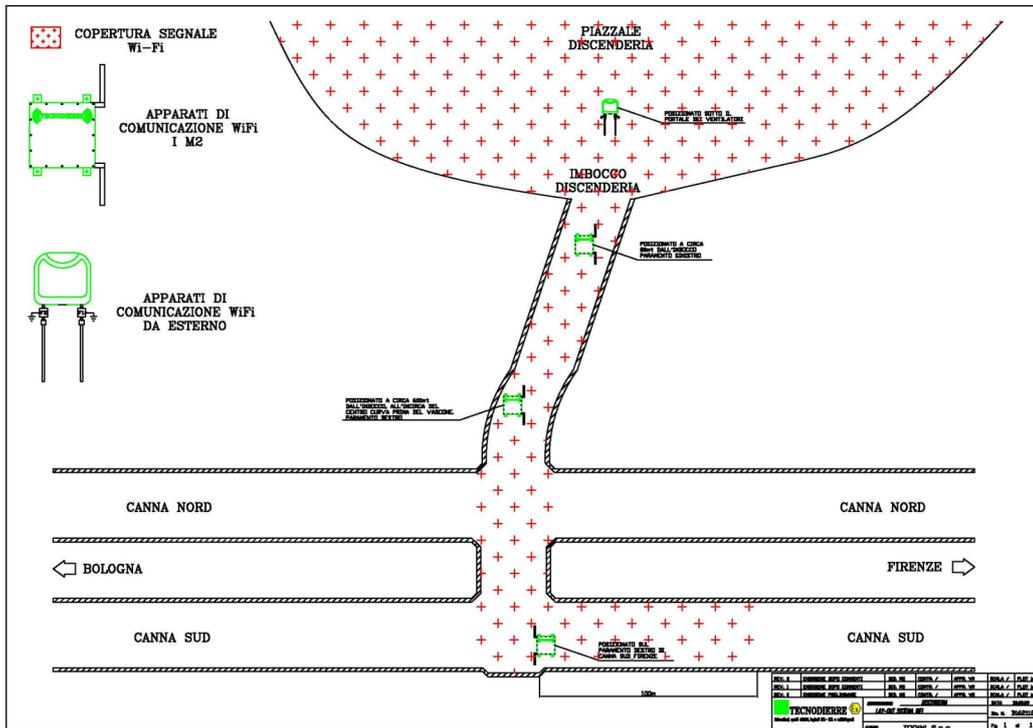


Fig. 8 - Layout discenderia di Roncobilaccio, Castiglione dei Pepoli (BO).

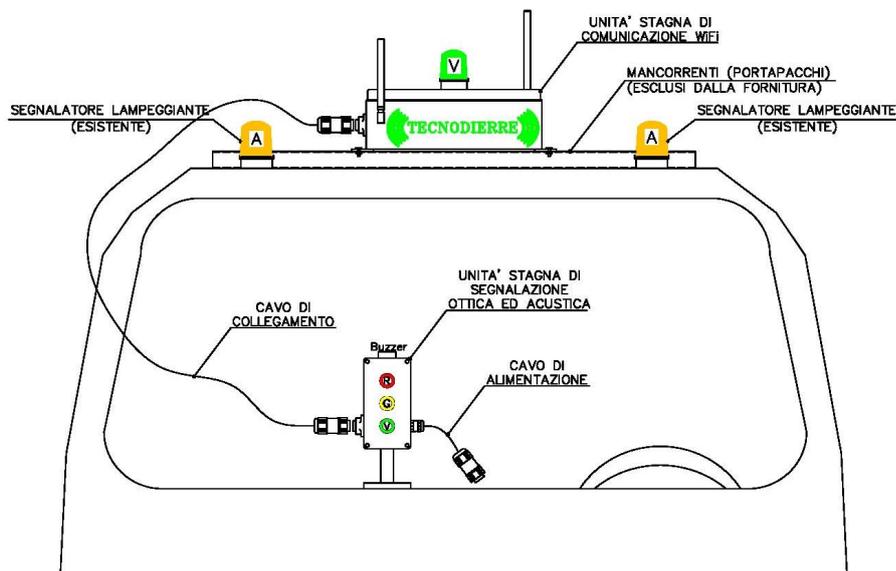


Fig. 9 - Esempio di collocazione apparati Wi-Fi.

3. Conclusioni

Lo sviluppo del modello con tecnologia Wi-Fi ha permesso di ottimizzare la produzione, controllando le fasi di lavoro, i consumi dei mezzi, i tempi ed i metodi di lavorazione. L'analisi dei dati raccolti consente una precisa programmazione delle fasi operative, riducendo i costi di gestione dei mezzi di scavo e trasporto, con livelli di sicurezza elevati.

Bibliografia e risorse on line

<http://www.miretti.org/>
www.iee802.org
www.infomonitor.it
www.AUSLBologna.it/asldipartimenti-territoriali
www.regione.toscana.it/documents
<http://www.firetide.com/>
<http://it.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>
<http://www.autostrade.it/variante-di-valico/photogallery/gallery6/index.html>
<http://www.osservatoriovariantedivalico.it/home.asp?c=intro>
http://www.todini.it/variante_di_valico.asp?imv=17&ord=10&lng=
http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/atex/index_en.htm
http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/documents/legislation/atex/index_en.htm

LA BLACK BOX PER I MEZZI DA CANTIERE ATEX.

Bertinelli, P., Moioli, D.

Bertinex Srl

Abstract

La scatola nera, dispositivo diffuso da decenni nel settore dell'Industria Aeronautica, è utilizzato per monitorare in tempo reale qualsiasi comando, manovra, evento che riguarda l'aeromobile sul quale è montata.

I dati registrati dalla "black box" sono scaricati con regolarità e frequenza periodica per verifiche e controlli oltre che per risalire alle cause dei disastri che coinvolgono gli aerei.

Da alcuni anni il concetto si è esteso a molteplici applicazioni ed un dispositivo di registrazione dati è installato su una serie infinita di veicoli, mezzi d'opera, attrezzature ed impianti di ogni tipo, per registrare i dati, relativi al loro funzionamento, utili per fini statistici, di verifica, di controllo, di sicurezza.

Nel caso di lavori in ambienti potenzialmente interessati da atmosfere esplosive, vi è l'esigenza di controllare e registrare, senza soluzione di continuità, il funzionamento di tutti i sistemi, i dispositivi e le soluzioni di sicurezza installati.

I cantieri di scavo sotterranei devono essere ventilati con portate di aria che dipendono da numerosi parametri quali il numero di operatori impegnati in ciascun turno, la potenza dei motori diesel delle macchine operatrici, le condizioni climatiche nel sottoterraneo, ecc. Nelle gallerie grisucose la ventilazione svolge l'importante e costante funzione di diluire, fino a raggiungere ampi margini di sicurezza, il tenore di metano in aria.

La temporanea inefficienza del sistema di protezione antideflagrante di una qualsiasi macchina operatrice può coinvolgere l'intero sottoterraneo. In questa ottica, è stato studiato e messo a punto un dispositivo che fa capo ad un processore industriale che rileva con continuità i dati e memorizza il funzionamento delle sicurezze antideflagranti e, in funzione dei segnali che rileva, indica all'operatore i malfunzionamenti.

Al pari del sistema monitoraggio gas della gallerie con rilevatori fissi, il dispositivo permettere di accedere alla sequenza storica di dati, relativa ad un determinato periodo, ed i dati possono essere esportati con diversi sistemi. È da sottolineare che il sistema memorizza anche l'identità degli operatori che si sono succeduti nella conduzione del mezzo, l'intervallo di tempo in cui hanno lavorato con il mezzo e le modalità operative.

1. Introduzione

Alla base della Black Box Bertinex si trova la Direttiva Europea ATEX 94/9/CE, la quale normalizza le apparecchiature destinate all'impiego in zone a rischio di esplosione. È stata recepita il 1° marzo 1996 e il 1° luglio 2003 è diventata obbligatoria per tutti gli Stati Membri dell'Unione Europea, imponendo la certificazione ATEX ai prodotti commercializzati all'interno dell'Unione stessa, quale che sia il luogo di produzione, nel

momento in cui essi vengono installati in luoghi a rischio di esplosione.

La normativa definisce con chiarezza le modalità progettuali e costruttive delle apparecchiature, precisando che:

“Gli apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva devono essere progettati secondo il principio della sicurezza integrata contro le esplosioni.”

2. La black box applicata all'ATEX

È fondamentale garantire l'efficienza di tutti i sistemi di controllo delle macchine per l'intera durata del loro utilizzo, al fine di mantenere un ambiente di lavoro sicuro. In particolare, in galleria grisutosa e all'interno di una miniera un incidente, dovuto alla temporanea inefficienza del sistema di protezione antideflagrante, comprometterebbe la sicurezza di buona parte del cantiere.

Ai sistemi di sicurezza originali montati di serie sui mezzi d'opera, Bertinex aggiunge la propria trasformazione antideflagrante, marchiata ATEX. La Black Box (Figura 1) è volta a monitorare tutti quelle parti del mezzo d'opera che potrebbero innescare una detonazione o una deflagrazione (per temperatura elevata, dispersioni elettriche, ecc.) in presenza di miscela esplosiva e costituisce, per questo, un controllo e monitoraggio delle due sicurezze sopra citate.

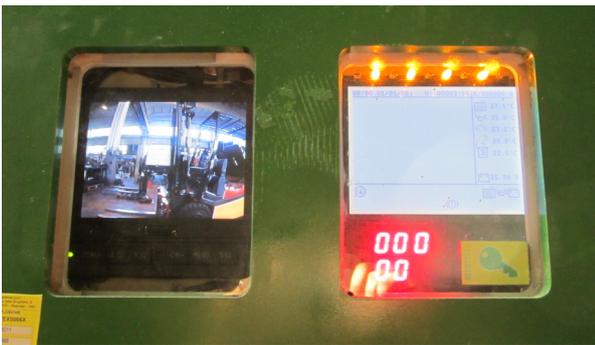


Fig. 1 - Esempio di display Black Box Bertinex integrato con videocamera posteriore.

3. Caratteristiche della black box

Tra le varie configurazioni di questo apparecchio, personalizzabili secondo le necessità dei clienti, le funzionalità più ricorrenti sono:

- lettore di schede RFID per il riconoscimento dell'operatore (manutentore, operatore, controllore, ecc.), che si identifica e può accendere il quadro del mezzo;
- visualizzazione in tempo reale delle informazioni rilevate dai sensori ATEX (pre-allarmi, allarmi, temperature, tensione batteria, ecc.), oltre alle normali spie di segnalazione presenti sul mezzo originale;
- contatore per le ore di lavoro della macchina (sia complessive che parziali per ogni operato-

re), che permette di creare uno storico di utilizzo con data e ora;

- programmazione della manutenzione da parte del costruttore, con relativo avviso all'operatore per mantenere la macchina in sicurezza;
- registrazione allarmi temporanei con la possibilità di consultarli successivamente;
- controllo di manomissione dei componenti tramite test di coerenza sui sensori;
- scaricamento dei dati della macchina tramite connettore specifico o wireless per la consultazione dello storico macchina.

4. Campi di applicazione della black box

La scatola nera trova già impiego da alcuni anni sugli impianti fissi, come gli impianti di gestione della ventilazione e impianti di monitoraggio gas.

L'innovazione introdotta da Bertinex è la possibilità di implementare questo sistema su una ampia gamma di mezzi d'opera di usso diffuso, quali:

- autobetoniere;
- equipaggiamenti carrellati (pompe calcestruzzo, generatori elettrici, centrali idrauliche);
- pale gommate ed escavatori;
- furgoni e dumper;

e tutte le altre tipologie di mezzi presenti in cantiere. Si può aggiungere il dispositivo in un secondo momento, persino su macchine già trasformate ATEX, anche se l'inclusione della scatola nera direttamente in fase di progettazione di una trasformazione offre maggiori opportunità per l'inserimento di nuovi parametri di controllo e di personalizzazione.



Fig. 2 - Impianto di monitoraggio gas Bertinex.

5. Struttura della Black Box Bertinex

La flessibilità della scatola nera Bertinex è data dalla struttura modulare della stessa. Nella configurazione standard è presente una parte predisposta alla gestione degli ingressi per sensori digitali (sensori di temperatura, fine corsa, di prossimità) e una parte che gestisce i sensori analogici (termocoppie, trasduttori, sensore tensione batteria pressione). Un display consente di visual

izzare le informazioni, ed una memoria conservate tutte le storicizzazioni, scaricabili attraverso una porta di trasferimento dati. Un lettore RFID consente il riconoscimento dell'operatore.

La struttura lineare appena descritta (Figura 4) può essere personalizzata ed essere dotata di moduli per servizi aggiuntivi quali, ad esempio, la connessione wireless per lo scaricamento dei dati, un sistema GPS per la localizzazione del mezzo.

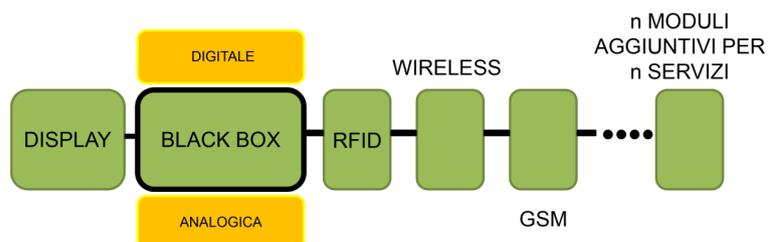


Fig. 3 - Schema Black box con possibili configurazioni.

6. Usabilità per gli operatori finali

Gli standard ISO utilizzano una definizione specifica circa il concetto di usabilità di un prodotto, ovvero:

“l’efficacia, l’efficienza e la soddisfazione con le quali determinati utenti raggiungono determinati obiettivi in determinati contesti.”

L’usabilità è qui intesa come processo di interazione tra classi di utenti, prodotto e finalità. Le trasformazioni che Bertinex effettua si integrano con le strutture originali cercando di mantenere un buon livello di ergonomia e alterando il meno possibile le caratteristiche originali dei componenti della macchina. Grazie all’esperienza maturata nel settore, la Società cerca di utilizzare un

modello di usabilità che faccia riferimento direttamente a quello dell’utente finale, in questo caso l’operatore di cantiere. Le informazioni fornite sul display sono dirette e di immediata consultazione e comprensione.

Il display è stato progettato per dare rilevanza alle informazioni fornite in funzione della loro importanza. La porzione maggiore dello schermo è dedicata a tutti quei messaggi di pre-allarme / allarme provenienti dai sensori ATEX. La restante parte dello schermo riporta:

- data e ora in alto a sinistra;
- indicazioni analogiche dai sensori;
- riconoscimento utente (operatore/manutentore/controllo);
- spie macchina originali e velocità e giri motore in basso a sinistra.



Fig. 4 - Esempi di scatole nere Bertinex integrate su mezzi da cantiere.



Fig. 5 - display Black Box Bertinex.

Bibliografia

Klepsch E., Pangalos Th.: *Direttiva Europea ATEX94/9CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 marzo 1994, L100, Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea, Bruxelles, 19 aprile 1994, pagina 11.*

ISO 6385:2004: *Ergonomic principles in the design of work systems.*

7. Possibili applicazioni future

Apriamo, infine, una finestra sulle possibili evoluzioni future dell'apparato Black Box che abbiamo presentato in queste pagine.

Utilizzando il wireless si potrebbe creare una rete di scambio dati che possa interfacciare veicoli ed impianti fissi, al fine di migliorare le condizioni di lavoro e la sicurezza. Tutti i sistemi di impianti ATEX, porterebbero ad una integrazione tra le informazioni provenienti dai sensori gas installati sulle macchine per creare una rete capace di segnalare una emergenza in maniera rapida ed capillare.

Una ulteriore evoluzione ipotizzabile è la localizzazione del mezzo, all'interno e all'esterno della galleria, analogamente a quanto già avviene con i moderni sistemi di sicurezza per il personale. Il nostro sistema Black Box, interfacciato con l'impianto di ventilazione forzata, sarebbe in grado di regolarne la portata in funzione delle macchine diesel attive e delle loro potenze (la portata d'aria del sistema di ventilazione è determinata dalla potenza delle macchine attive, dal personale presente e dalle condizioni climatiche all'interno della galleria).



Fig. 6 - Schema di rete integrato.

AMPLIAMENTO DELLA GALLERIA MONTEDOMINI. NUOVE TECNOLOGIE PER LO SCAVO IN PRESENZA DI TRAFFICO.

Mazzeo, F.
Ghella SpA

Abstract

L'intervento, da attuarsi presso la Galleria Montedomini, prevede la realizzazione dell'ampliamento della galleria attraverso l'utilizzo della tecnica di scavo del metodo "pretaglio". Tale tecnica, consente di effettuare l'ampliamento della Galleria in sede, lasciando inalterato il traffico veicolare sulle due corsie autostradali.

Nell'ambito del presente articolo, si vogliono evidenziare le migliori tecniche in termini di sicurezza apportate all'impianto di scavo, a quasi 12 anni di distanza dall'unica esperienza precedente di applicazione del metodo, l'esperienza della "Galleria Nazzano".

L'ultimo decennio è stato caratterizzato da uno sviluppo significativo nell'ambito del settore delle tecnologie e dell'informatica, sviluppo che ha trovato molti campi di applicazione, tra cui il settore delle costruzioni e infrastrutture. L'attrezzatura multifunzione della Galleria Montedomini rappresenta un esempio di tali influenze, che hanno portato ad un impianto molto differente rispetto a quello in uso nella Galleria Nazzano.

Sempre nell'ultimo decennio si è rilevata, inoltre, una crescita della sensibilità legata ai temi della sicurezza e della prevenzione sui luoghi di lavoro, anche con la nascita di figure professionali mirate al perseguimento di tali obiettivi. Questa maggiore consapevolezza ha quindi portato l'appaltatore progettista, la Ghella SpA, a considerare la sicurezza, in larga e minima scala, fin dalle fasi di progettazione dell'impianto. In particolare, si è portata avanti una progettazione parallela tra quelli che sono le caratteristiche tecniche della galleria, dell'attrezzatura Multifunzione e degli aspetti di sicurezza connessi. Questa sinergia ha portato all'individuazione mirata delle misure di sicurezza necessarie e, in particolare, alla modifica radicale della misura di mitigazione e sicurezza dell'interferenza del traffico veicolare e le aree di cantiere, situazione peculiare del metodo di scavo in questione, individuando quale misura l'adozione di uno scudo in calcestruzzo per l'intera lunghezza della galleria esistente.

1. Inquadramento generale dell'intervento

La galleria Montedomini facente parte dell'Autostrada A14 è ubicata tra le progressive Km 215+085,70 e 215+531,30 per la carreggiata Sud e tra le progressive 215+084,16 e 215+491,10 per la carreggiata Nord. Il progetto prevede l'ampliamento dell'attuale sede stradale della galleria da due corsie di 3,50 m a tre corsie di 3,75 m più la corsia di emergenza di 3,00 m.

2. Concetti generali del Metodo Pretaglio

Il metodo "Pretaglio" prevede che lo scavo di allargamento venga eseguito previa esecuzione di un intervento di consolidamento in avanzamento al

contorno dello scavo utilizzando la tecnologia del pretaglio. Tale metodo consiste nell'effettuare un vero e proprio taglio nell'ammasso roccioso, attraverso l'utilizzo di una lama appositamente progettata, riempiendo subito lo spazio scavato con spritz-beton. Così facendo, si realizza il "guscio" di protezione che garantirà il contenimento del terreno durante le attività di scavo.

Il rivestimento definitivo è realizzato mediante la posa, a seguito di ciascun sfondo di scavo, di conci prefabbricati in calcestruzzo secondo lo schema statico della "volta attiva".

Durante tutte le operazioni di allargamento è dunque garantita la circolazione su due corsie per senso di marcia, pertanto si prevede la predisposizione di un sistema di protezione del traffico

veicolare installando un sistema di mitigazione e separazione del traffico autostradale dall'area di cantiere, costituito da uno scudo all'interno del

quale far transitare gli utenti autostradali, proteggendoli da quelli che sono i rischi legati alle fasi di lavoro.

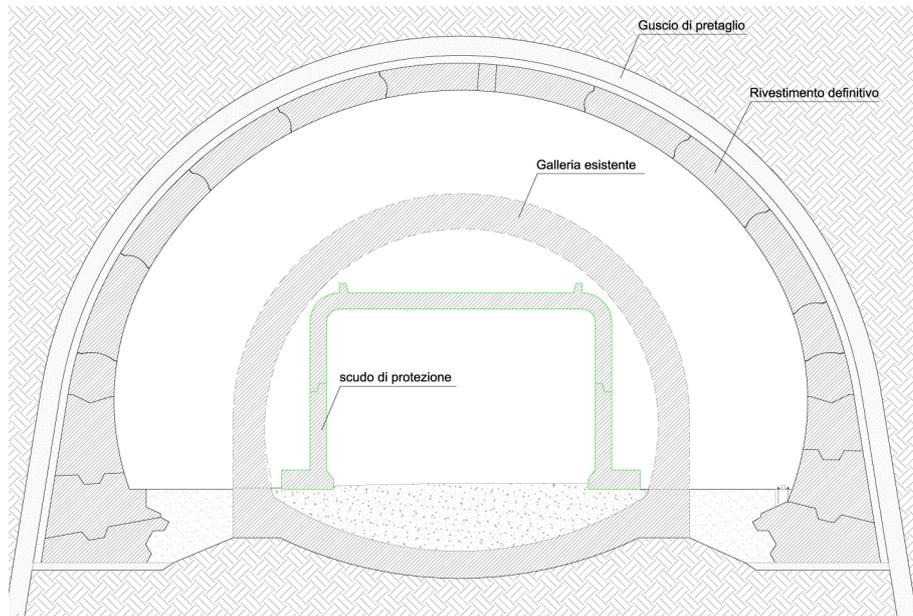


Fig. 1 – Configurazione Galleria con disposizione conci Volta Attiva.

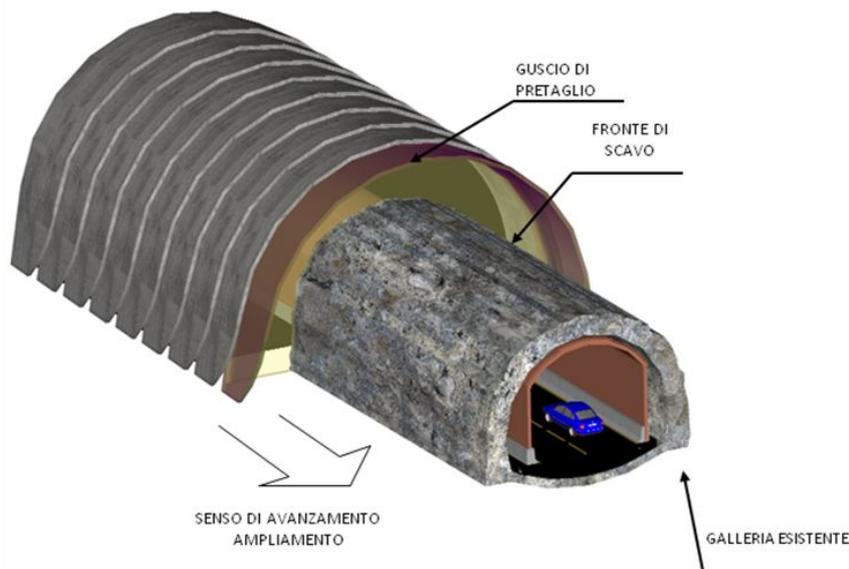


Fig. 2 – Configurazione spaziale Galleria.

3. L'attrezzatura multifunzionale (AM)

La tecnologia del pretaglio prevede l'uso di una Attrezzatura Multifunzionale tecnologicamente avanzata che esegue, secondo moduli ripetitivi, le operazioni di precontenimento del cavo mediante pretaglio e posa del rivestimento definitivo dei conci.

L'attrezzatura progettata per la realizzazione dell'allargamento della galleria Montedomini è costitui-

ta da due strutture completamente indipendenti: un "Gruppo pretaglio" e un "Gruppo erettore posa conci"; su queste strutture metalliche alloggieranno tutte le attrezzature necessarie per lo svolgimento delle funzioni richieste.

Le due macchine sono autonome, dall'alimentazione al sistema di traslazione e posizionamento, e sono dotate di un'impiantistica elettrica ed idraulica dedicata. Le unità sono collegate ad un unico sistema di controllo wireless ridondante a

tre punti, configurato in modo da consentire il collegamento fra la macchina 1, la 2, e la control room.



Fig. 3 – Schematizzazione dell'Attrezzatura Multifunzione.

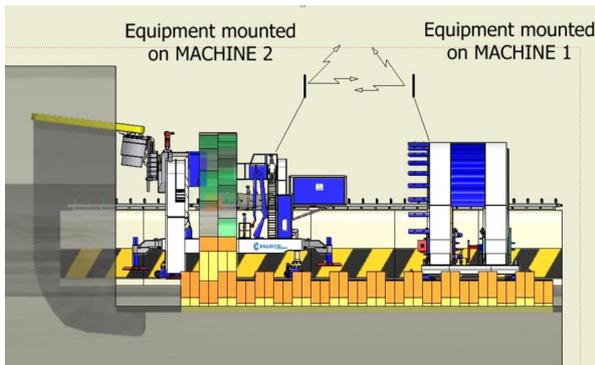


Fig. 4 – Macchina pretaglio – Attrezzatura Multifunzione.

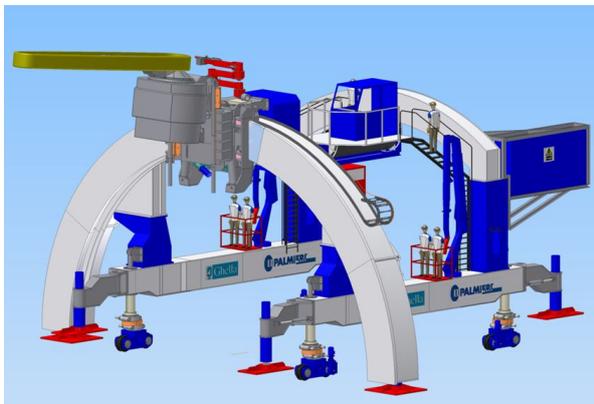


Fig. 5 – Gruppo pretaglio.

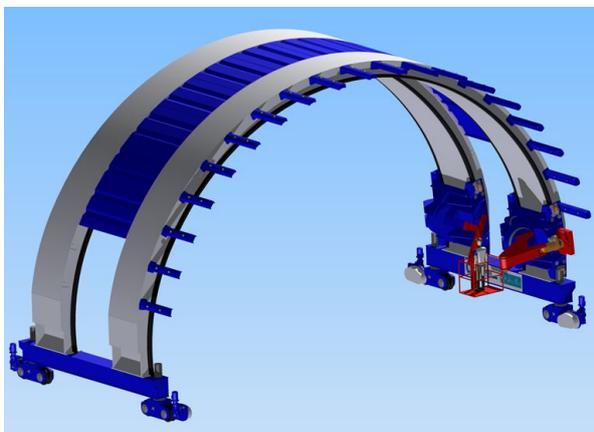


Fig. 6 – Gruppo erettore.

Avere due macchine separate permette una maggiore versatilità durante lo svolgimento delle lavorazioni, ma soprattutto garantisce la possibilità di poter effettuare le operazioni di manutenzione sulla singola attrezzatura a completamento del proprio intervento. Tali interventi di controllo e messa a punto rappresentano una garanzia di funzionamento e di sicurezza per le maestranze coinvolte.

4. L'importanza della sicurezza nella progettazione della macchina

In fase di progettazione della macchina, lo sforzo principale è stato quello di riuscire ad ipotizzare, il più compiutamente possibile, tutti gli scenari di utilizzo della macchina, con l'obiettivo di ricercare delle soluzioni tecnologiche che risolvessero in maniera definitiva le problematiche riscontrate.

Lo studio di approfondimento sopra descritto ha condotto all'individuazione di specifiche dotazioni della macchina, quali:

- pulsanti a CONSENSO CONTINUO: tale pulsante di avvio deve essere azionato dagli operatori per traslare la macchina, al suo rilascio vi è l'arresto immediato della stessa;
- pulsante "DELL'UOMO DORMIENTE": sulle piattaforme è installato un pulsante che a cadenza di tempo predefinito, dovrà essere attivato dagli addetti, in caso contrario vi è l'arresto immediato della macchina;
- pulsanti di emergenza su tutti i dispositivi di comando, fissi e mobili;
- piattaforme certificate con sensori di carico massimo e di finecorsa: i rilevatori fanno scattare l'arresto del cestello in caso di avvicinamento alla copertura o all'arco di taglio (con riferimento alla macchina del pretaglio);
- interdizione dell'uso congiunto delle due piattaforme: la singola piattaforma può essere utilizzata solo se l'altra si trova in posizione di riposo.
- recupero dell'operatore: in caso di mancanza di alimentazione elettrica, la struttura è dotata di un verricello manuale per il recupero della piattaforma;
- controllo della stabilità: tutti gli stabilizzatori delle macchine sono dotati di trasduttori di pressione per il controllo della distribuzione

dei carichi, il superamento dei valori di settaggio provoca l'arresto delle macchine.

- divisione della struttura della lama di taglio in due parti: qualora, in caso di rottura di un organo di trasmissione, sia necessario estrarre la lama dal taglio, tale accorgimento semplificherà le procedure di recupero dell'attrezzatura.

5. Sistema di sicurezza traffico veicolare: lo scudo in calcestruzzo

Il metodo del "pretaglio" rappresenta un'importante innovazione nel settore delle infrastrutture in quanto permette di eseguire i lavori di allargamento mantenendo il traffico autostradale in esercizio, a condizione di adottare delle adeguate misure di sicurezza a protezione degli utenti autostradali.

Infatti, per quanto concerne la valutazione dei rischi, con l'utilizzo della tecnica del "pretaglio", se da un lato si minimizzano quelli che sono i rischi normalmente presenti durante lo scavo di una galleria (frane a ridosso del fronte, posa delle centine, posa del rivestimento provvisorio e definitivo, ecc.), facendo, al contempo, nascere l'esigenza di dover gestire la presenza del traffico autostradale transigente nelle aree di lavoro.

La zona in prossimità dello scavo richiede,

quindi, il posizionamento di una protezione del traffico veicolare, che in questo caso è costituita da uno scudo da installare all'interno della galleria esistente, e deve garantire l'incolumità degli utenti anche durante le operazioni di scavo e di demolizione della galleria attuale.

La tipologia di scudo previsto nel progetto, definitivo prima ed esecutivo poi, ripropone fondamentalmente quanto già attuato durante i lavori della galleria "Nazzano", unico precedente storico dell'utilizzo della tecnica del pretaglio. In particolare, in quell'occasione la stazione Appaltante operò con uno scudo metallico di lunghezza 60 m posizionato a cavallo della linea di scavo e procedendo, ogni 10 m di avanzamento dello scavo, alla movimentazione dello stesso tramite un sistema di martinetti che ne permetteva la traslazione sui New Jersey precedentemente installati.

Nel caso in esame l'Impresa Affidataria, Ghella SpA, a seguito delle analisi e degli approfondimenti condotti sulle varie fasi di lavoro, nonché riguardo le caratteristiche tecniche dell'Attrezzatura Multifunzione, ha studiato un sistema alternativo per la protezione del traffico che consiste nel predisporre uno scudo in calcestruzzo all'interno della galleria esistente e per l'intero sviluppo della stessa, quindi per una lunghezza complessiva totale di circa 360 m.

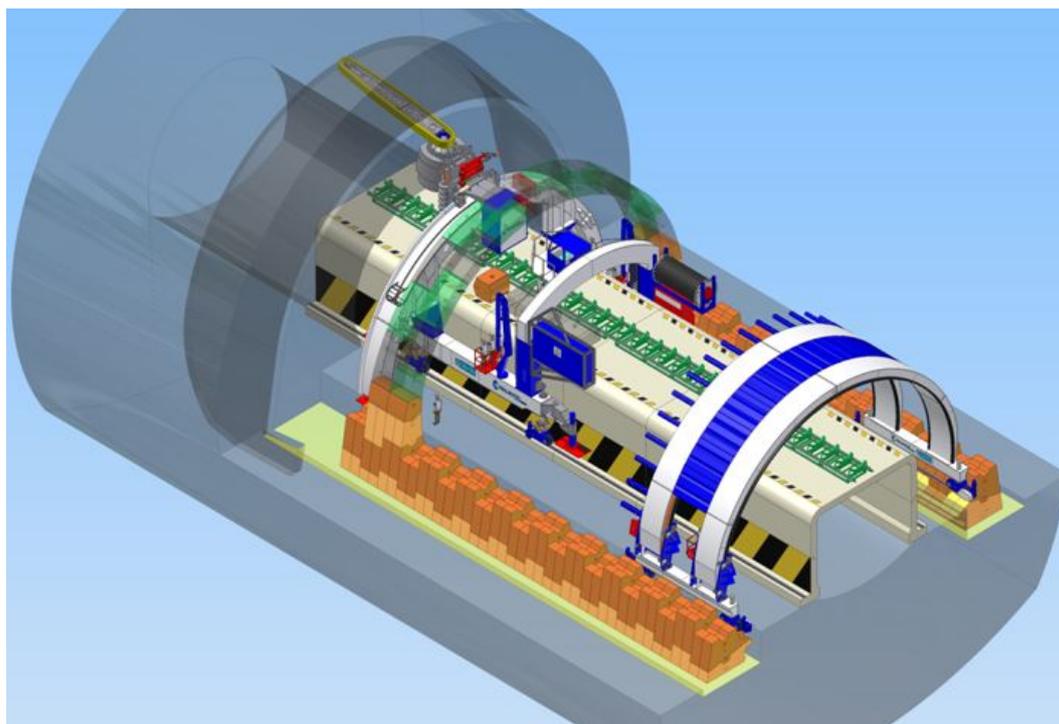


Fig. 7 – Vista d'insieme dello scudo e dell'Attrezzatura Multifunzione sovrastante.

5.1 Galleria Montedomini: Classe 1a secondo la NIR 30

La peculiarità della galleria Montedomini, rispetto alla galleria Nazzano, derivata dal fatto che sia stata classificata come “classe 1a” secondo la NIR 13277 del 31/03/2005. Tale condizione ha rappresentato una criticità rilevante in particolare per le ripercussioni nei confronti del traffico veicolare, prima fra tutte la difficoltà di gestire gli utenti autostradali in caso di venuta di gas.

Da questa criticità nasce l'idea di creare una segregazione idraulica tra i due condotti: una galleria sottostante di pertinenza degli utenti autostradali e una galleria sovrastante adibita interamente ad area di cantiere. Ciò ha di fatto permesso di garantire la sicurezza delle maestranze e degli utenti, semplificando le procedure di emergenza in caso di fuoriuscita di metano.

5.2 Vantaggi in termini di sicurezza con lo scudo in c.a.

Con la soluzione dello scudo in calcestruzzo lungo tutta la galleria, il rischio di interferenza tra

il cantiere e la viabilità autostradale viene di fatto annullato permettendo di risolvere gli altri rischi connessi, tra cui:

- la presenza di gas in fase di scavo ed in presenza di traffico con veicoli anche a benzina;
- la possibile distrazione degli automobilisti dalla guida;
- le possibili interferenze dei mezzi d'opera con il traffico veicolare;
- la presenza di polveri nella carreggiata in fase di scavo o di demolizione del rivestimento;
- l'esposizione del personale di cantiere a continui spostamenti d'aria;
- l'impossibilità, per i mezzi di soccorso, di accedere rapidamente al fronte di scavo.

5.3 Ottimizzazione delle fasi di lavoro con l'uso dello scudo in c.a.

Infine, grazie alla presenza di nastri trasportatori e carrelli per l'approvvigionamento concii, vengono ottimizzate e risolte le criticità legate agli angusti spazi a disposizione, consentendo di mitigare quello che rappresentava il più elevato fattore di rischio: l'investimento.

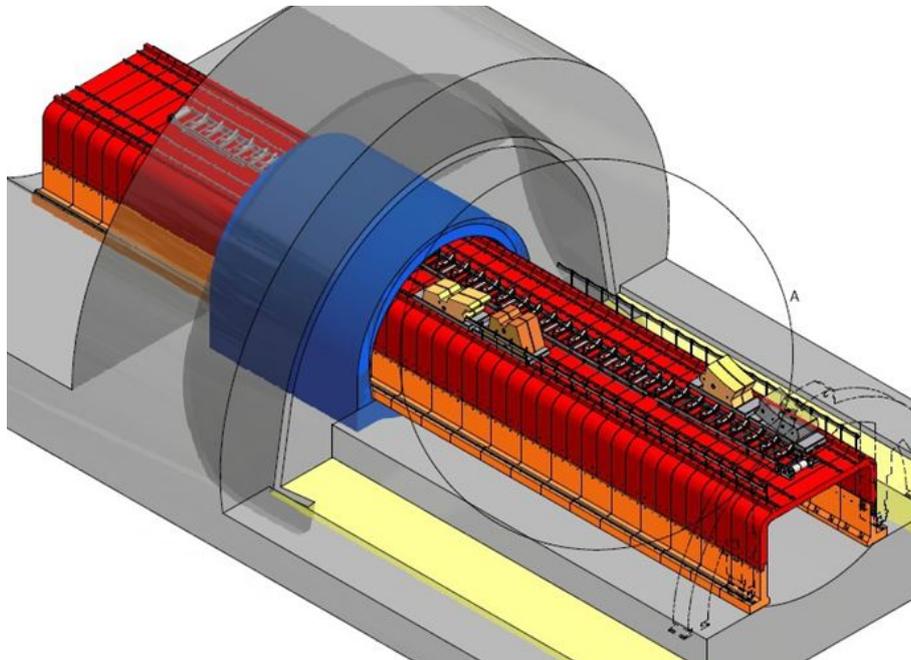


Fig. 9 – Schema di funzionamento delle piattine di trasporto concii.

NUOVO SISTEMA PER IL MONTAGGIO DI CENTINE IN GALLERIA SENZA LA PRESENZA DI PERSONALE AL FRONTE.

Palchetti, F.

Direttore Tecnico Ghella SpA

Abstract

Tra le tecniche di scavo in galleria, la cui scelta deriva da vari fattori (la lunghezza, la sezione, il contesto geologico e ambientale, ecc.), quella più diffusa è sicuramente la cosiddetta “tecnica di scavo tradizionale”, in cui la presenza dell’uomo è preponderante rispetto alle tecniche di scavo “meccanizzato” o “semi-meccanizzato” (fresa puntuale, sistemi di pretaglio, ecc), in cui le macchine assumono un ruolo dominante.

Negli ultimi anni lo scavo in tradizionale, pur cedendo il passo a tecniche che garantiscono maggiori livelli di sicurezza, si è dimostrato insostituibile in tutti quei casi in cui la logistica o gli alti costi di investimento non consentono l'utilizzo di soluzioni alternative.

Pertanto, sono stati promossi studi e ricerche per soluzioni atte a ridurre i rischi associati alle attività prossime al fronte, portando la tecnica di scavo tradizionale ad una forma più evoluta, soprattutto per quanto riguarda la realizzazione del pre-rivestimento con centine metalliche e spritz-beton.

Dallo studio di questa importante fase (la più critica per numero di addetti e tempo di esposizione al rischio), è nata una soluzione tecnologica innovativa per la messa in opera di centine metalliche di qualsiasi raggio e profilo (complete di rete elettrosaldata e catene), che utilizza uno specifico dispositivo posizionato a distanza di sicurezza dal fronte. Un unico operatore, in cabina e senza l’ausilio di personale a terra, esegue le operazioni di aggancio della nuova centina alla precedente già posta in opera. Questa tecnologia consente di ridurre drasticamente i tempi di esecuzione ed una miglior gestione del cantiere e della sicurezza dei lavoratori.

L'innovativo sistema è stato realizzato a partire da una richiesta dell’Ing. Tozzi, Direttore Progetti Infrastrutturali Atlantia SpA, che ha proposto a Ghella SpA, esecutrice di un lotto per la realizzazione della 3ª corsia sull’Autostrada A14, di studiare un sistema di posa delle centine che evitasse il rischio di portare al fronte le maestranze necessarie al montaggio delle centine.

La stretta collaborazione tra Ghella SpA, Autostrade per l’Italia SpA e Spea Ingegneria Europea SpA, che ha curato le fasi di sperimentazione in galleria, ha portato al brevetto della CENTINA SICURA, del quale sono oggi titolari Ghella SpA e SPEA Ingegneria Europea SpA.

1. Introduzione

La costante ricerca dello scrivente rivolta ad individuare nuove soluzioni atte a garantire la sicurezza nelle attività di scavo delle gallerie realizzate con tecnica tradizionale, lo ha portato a progettare, promuovere, seguire la realizzazione e sperimentare sul campo il sistema descritto in questa memoria. Il sistema incide positivamente su una delle fasi più delicate e pericolose dell’intero processo produttivo: la realizzazione del rivestimento di prima fase (posa delle centine, rete elettrosaldata, catene e spritz – beton).

La pericolosità di questa operazione è rappresentata da diversi fattori, quali ad esempio:

- la necessità di portare il personale addetto alla posa della centina a diretto contatto con il fronte di scavo, potenzialmente instabile alla

scala di elementi di roccia o terra di dimensioni limitate;

- l'esposizione del personale alle instabilità puntuali del fronte durante le operazioni in quota.
- il possibile distacco di porzioni di roccia, anche di notevoli dimensioni, al contatto tra centina e perimetro del cavo;
- il serraggio imperfetto dei bulloni, per incuria o per la fretta di allontanarsi dal fronte, con conseguente convergenza del cavo.
- la non corretta saldatura della piastra di accoppiamento in chiave, che a seguito della sollecitazione dovuta alla presa del posa - centina può portare alla rottura dell'elemento;
- la non uniforme distribuzione del pre - spritz;
- l'imperizia di personale non adeguatamente formato.

Tali problematiche sono affrontate dalla Nota Interregionale n°41, “Standard di sicurezza contro il rischio di infortunio da caduta gravi nei lavori a ridosso del fronte di gallerie scavate con tecnica tradizionale”, che recita:

“Tra tutte le azioni necessarie per conseguire l’avanzamento, variabili in dipendenza delle caratteristiche geomeccaniche e geostrutturali del mezzo da attraversare, alcune impongono la presenza di lavoratori a ridosso del fronte appena scavato, per l’esecuzione di attività prevalentemente manuali quali: la posa in opera della centina, il suo collegamento alla precedente con le cosiddette catene ed i controlli del corretto allineamento, la posa in opera del puntone e di elementi strutturali per il consolidamento di prima fase, il caricamento dell’esplosivo nei fori da mina, ecc.

Durante queste operazioni i lavoratori sono esposti al pericolo di caduta gravi o di porzioni di ammasso. Per annullare questa tipologia di rischio, occorre indirizzare risorse ed energie per individuare soluzioni alternative rivolte a sostituire il lavoro manuale con sistemi meccanizzati e/o robotizzati, tenuto conto che molte di queste operazioni a prevalente carattere manuale sono ancora svolte con le stesse modalità di alcune decine di anni fa, quando l’avanzamento era realizzato con il metodo a sezione parzializzata.

Occorre considerare che, con l’adozione di rilevanti altezze di scavo, nel metodo a piena sezione, l’energia di impatto a terra associata a caduta di gravi ha subito un notevole incremento. Ad esempio, nel caso di una galleria autostradale a 3 corsie, l’altezza della sezione di scavo raggiunge generalmente i 13 m (ove si tenga conto anche dello scavo per l’arco rovescio). Si tratta di dimensioni confrontabili con quelle di un edificio a più piani.”

Negli ultimi anni, molti di questi rischi sono stati attenuati utilizzando mezzi, materiali ed attrezzature sempre più sicuri e specifici e “best practices” comportamentali, dettate e imposte dalle Regioni Emilia Romagna e Toscana.

Migliorare la sicurezza sul lavoro comporta anche un notevole beneficio per la produzione. Sulla base di questo assunto si è realizzato un sistema di installazione della centina che coniuga al meglio questi obiettivi.

2. Tecnologie innovative sviluppate

Il primo obiettivo degli studi è stato quello di

realizzare un “attacco rapido” tra la calotta ed i piedritti della centina, in sostituzione dell’accoppiamento tradizionale con piastre e bulloni. Oltre a garantire una giunzione sicura e corretta, questo dispositivo fa sì che la centina assuma la sua configurazione finale in pochi secondi, in assenza di personale prossimo al fronte. Lo sgancio e l’apertura del piedritto rendono automaticamente operativo il dispositivo di tenuta dell’elemento di unione (anima) tra il piedritto e la calotta.

La continuità strutturale degli elementi della centina è stata verificata attraverso prove di carico in laboratorio e simulazioni numeriche (Figura 1 e Figura 2).

Per annullare i pericoli associati al posizionamento della centina ed all’applicazione delle catene e della rete elettrosaldata, è stato messo a punto un sistema che prevede la posa in opera di due centine pre-accoppiate tra loro con profilati metallici su cui viene montata la rete elettrosaldata (Figura 3).

La centina è assemblata fuori dalla galleria e dal percorso critico del ciclo di avanzamento e trasportata a ridosso del fronte, una volta terminata la fase di scavo, utilizzando un sollevatore progettato ad hoc per orientare la centina in ogni direzione e sollevarla (Figura 4).

Grazie al prezioso contributo del Prof. Berry, Ordinario della Scuola di Ingegneria ed Architettura dell’Università di Bologna, e dell’Ing. Calzolari dell’Azienda USL di Bologna, il sistema di messa in opera della centina è stato sensibilmente migliorato con l’introduzione di fari di profondità, telecamere con visualizzazione su schermo in cabina ed un comando di sgancio automatico delle pinze che sorreggono i piedritti durante il trasporto, sgancio che è azionabile dall’operatore nella cabina del sollevatore (Figura 5 e Figura 6).

Una volta al fronte, la centina viene sollevata fino all’aggancio in chiave (Figura 3) favorendo, durante l’ascesa, l’apertura dei due piedritti che, azionando la molla di sgancio dell’elemento di giunzione (anima), consentono l’accoppiamento alla calotta evitando l’utilizzo di piastre e bulloni (Figura 7).

L’aggancio all’ultima centina posta in opera avviene su sei diversi punti: due, con configurazione a sella, in chiave di volta; due, ad incastro rapido, alle reni; due direzionali alla base, con supporti maschio – femmina adeguatamente dimensionati (Figura 8).

Infine, in assenza di operai al fronte, si procede con l’applicazione dello spritz, riempiendo il vuoto tra il piede della centina ed il terreno per poi continuare dal basso verso l’alto.

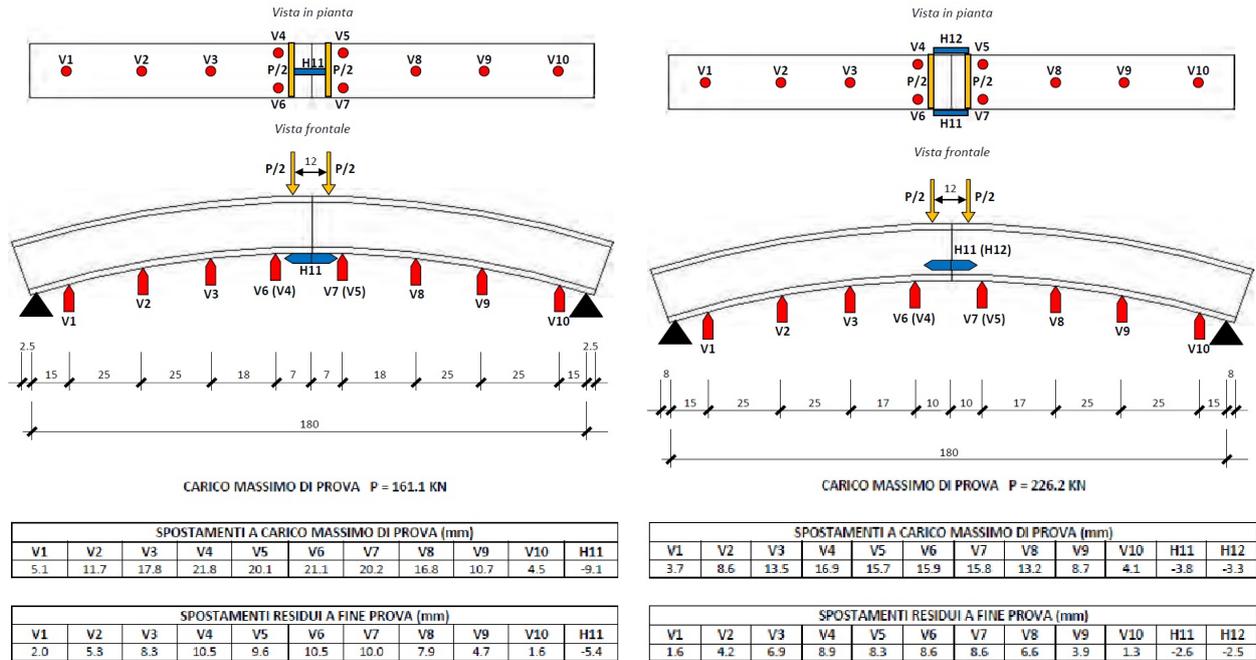


Figura 1 - Raffronto tra due differenti dispositivi di giunzione a parità di carico. A sinistra, centina tradizionale. A destra, centina sicura.

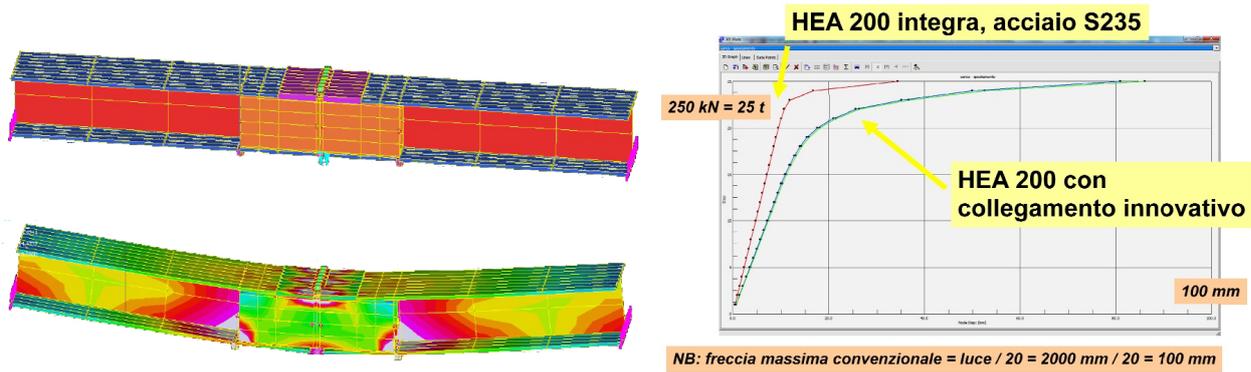


Figura 2 - Modellazione numerica del dispositivo di giunzione. Modello della centina sicura nelle configurazioni indeformata (in alto a sinistra) e deformata (in basso a sinistra) e diagramma carico - spostamento (a destra)

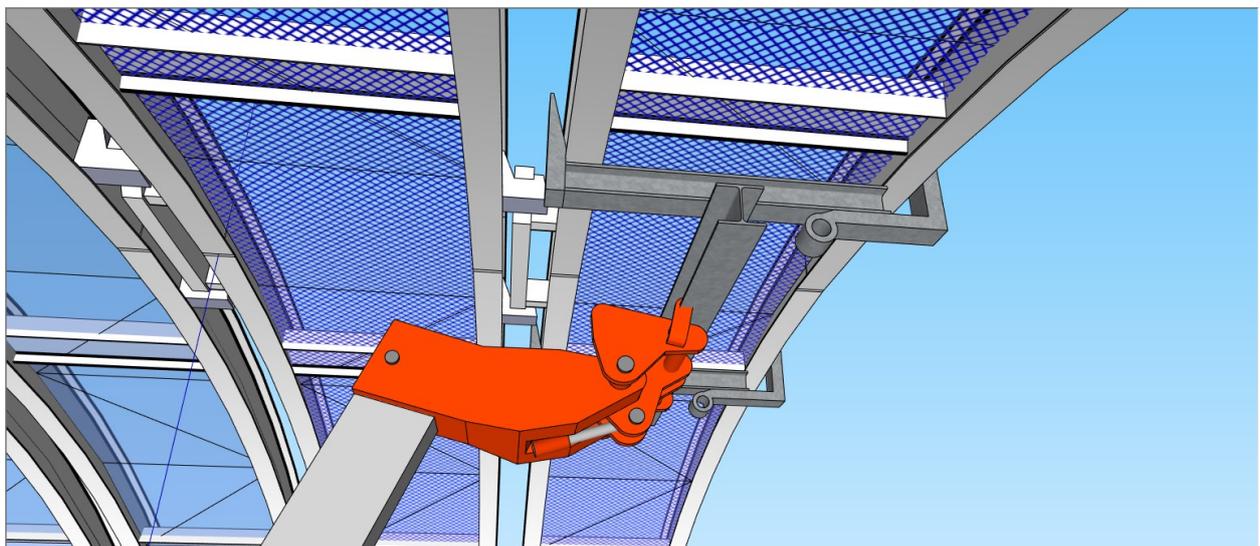


Figura 3 - Sistema di messa in opera della doppia centina con profili di accoppiamento e rete elettrosaldata



Figura 4 - Sollevatore posa centina

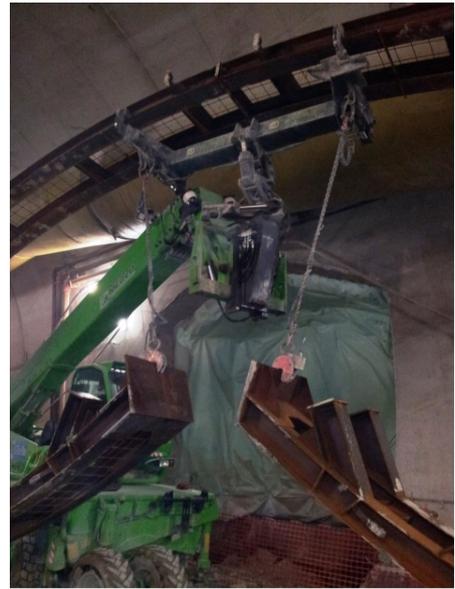


Figura 5 - Pinze di sgancio



Figura 6 - Fari di profondità (a sinistra) e telecamere (a destra)

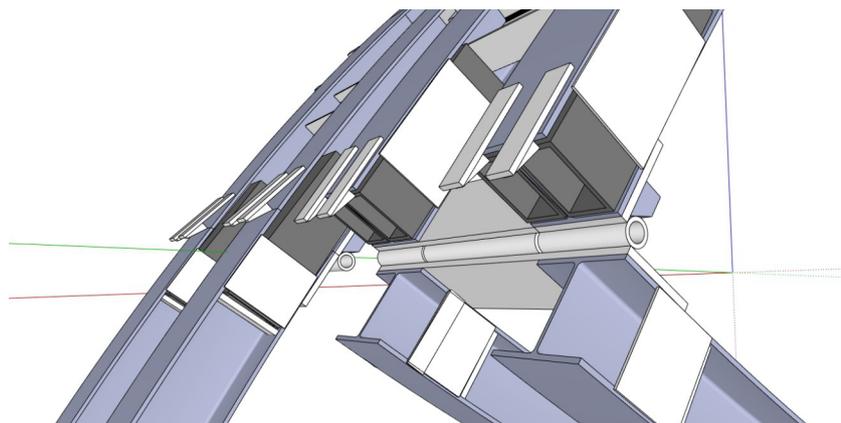


Figura 7 - Sistema di serraggio tra piedritti e calotta

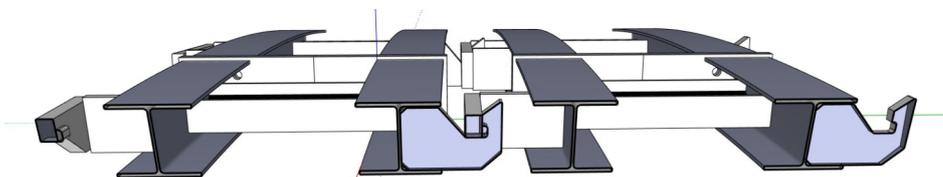


Figura 8 - Sistema di collegamento delle centine poste in opera

3. Validazione in situ dei dispositivi sviluppati e realizzati

Per verificare l'efficacia del sistema sono state eseguite numerose prove su diverse tipologie di attacchi tra le centine e ricercando il mezzo più idoneo alla movimentazione.

Il campo prova per la "centina sicura" è stato realizzato nella canna Sud della galleria Sappanico, ottemperando alle indicazioni della NIR n. 41 e secondo le prescrizioni della Direzione Lavori di SPEA - Ingegneria Europea.

Sono stati rilevati ed elaborati i dati delle seguenti indagini:

- indagini sul rivestimento di prima fase:
 - carotaggi nello spritz beton;
 - rilievo con georadar;

- modalità e tempi di messa in opera delle centine:
 - personale e mezzi impiegati (Tabella 1);
 - tempi di messa in opera (Tabelle 2 e 3);
- indagini sul comportamento statico della centina e del rivestimento (Figura 9):
 - misure di tensione eseguite in continuo su due centine strumentate con estensimetri a corda vibrante e celle di carico;
 - misure di deformazione eseguite in continuo su due sezioni attrezzate con mire topografiche;
 - prove di laboratorio a scala reale sul comportamento del giunto a baionetta.

Tabella 1 – Risorse necessarie alla posa in opera della centina con sistema tradizionale e con il sistema brevettato

Risorse impiegate	Centina tradizionale	Centina sicura
Personale	5	2
Caposquadra	1	1
Operatore	2	1
Minatori	2	0
Macchine operatrici	2	1
Posacentine	1	1
Sollevatore	1	0

STRUMENTAZIONE CENTINE C7 e C11

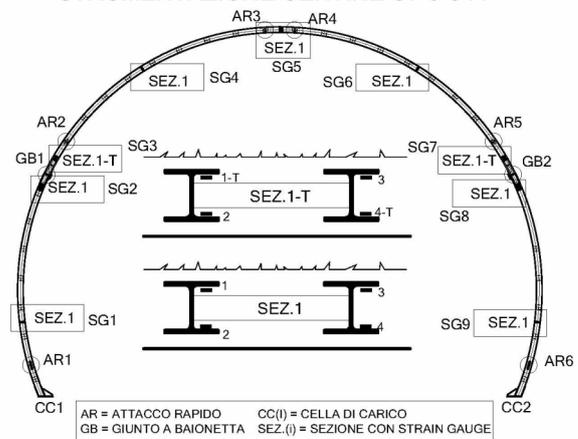


Figura 9 - Schema dei punti di misura dei carichi sulle centine strumentate.

Tabella 2 – Tempi di posa della centina con il sistema brevettato per il primo campo sperimentale (campo 25). I tempi misurati nei campi successivi sono stati progressivamente e sensibilmente ridotti.

FASI ESECUTIVE		CAMPO 25 (tempi di esecuzione in minuti)												
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	Media
1	Scavo Campione di 1m	240	235	220	250	240	280	250	230	240	230	240	240	241,3
2	Movimentazione da area di stoccaggio al fronte	20	16	12	13	10	16	18	20	18	20	11	13	15,6
3	Aggancio in calotta	4	5	5	4	4	4	5	3	4	4	5	3	4,2
4	Cambio utensile	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	4,6
5	Aggancio attacco rapido rene sx	5	5	4	5	6	4	6	5	6	5	5	4	5,0
6	Aggancio attacco rapido piede sx	5	2	6	2	3	1	5	4	4	5	6	2	3,8
7	Aggancio attacco rapido rene dx	4	3	4	5	4	4	4	5	5	5	4	4	4,3
8	Aggancio attacco rapido piede dx	5	5	4	6	5	4	5	5	6	5	4	5	4,9
9	Tempi morti attesa spritz beton	5	6	10	8	7	7	12	8	10	11	10	9	8,6
10	Esecuzione spritz beton	95	70	80	95	65	60	70	70	83	95	74	70	77,3
Totale ciclo centina (fasi 2 - 8)		47	40	40	40	37	37	47	47	48	49	39	36	42,3
Totale ciclo completo (fasi 1 - 10)		382	345	340	385	342	377	367	347	371	374	353	346	360,8

Tabella 3 – Tempi di posa della centina con il sistema brevettato per il secondo campo sperimentale (campo 26).

FASI ESECUTIVE		CAMPO 26 (tempi di esecuzione in minuti)												
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	Media
1	Scavo Campione di 1m	210	230	220	250	220	280	210	250	230	240	240	235	234,6
2	Movimentazione da area di stoccaggio al fronte	12	13	15	12	10	15	12	15	16	13	18	15	13,8
3	Aggancio in calotta	3	3	4	5	4	4	3	3	4	4	4	5	3,8
4	Cambio utensile	4	5	5	5	6	3	4	4	4	5	4	4	4,4
5	Aggancio attacco rapido rene sx	6	5	3	5	6	4	6	5	3	4	6	4	4,8
6	Aggancio attacco rapido piede sx	5	5	4	3	4	5	3	4	5	4	5	4	4,3
7	Aggancio attacco rapido rene dx	4	5	5	4	4	3	4	3	5	5	4	4	4,2
8	Aggancio attacco rapido piede dx	4	3	5	3	4	5	4	4	4	3	5	4	4,0
9	Tempi morti attesa spritz beton	6	20	5	8	4	7	8	7	9	11	10	10	8,8
10	Esecuzione spritz beton	60	90	65	70	80	70	65	60	65	60	85	70	70,0
Totale ciclo centina (fasi 2 - 8)		38	39	41	37	38	39	36	38	41	38	46	40	39,3
Totale ciclo completo (fasi 1 - 10)		308	359	326	357	338	389	311	348	336	338	371	345	343,8

4. Conclusioni

Nella sua lunga esperienza lavorativa lo scrivente ha maturato la convinzione che, contrariamente ad alcuni pregiudizi, molte soluzioni tecniche volte a migliorare la sicurezza sul lavoro comportano automaticamente anche un notevole beneficio per la produzione. Il sistema descritto nei capitoli precedenti rappresenta il migliore esempio della positiva correlazione tra sicurezza e benefici organizzativi ed economici.

Le soluzioni tecnologiche sviluppate e realizzate consentono di soddisfare diversi aspetti di primaria importanza:

- sicurezza (assenza di personale al fronte);
- flessibilità (adattabile a tutti i tipi di sezioni, anche a raggio variabile);
- semplicità di applicazione (utilizzo di mezzi d'opera standard manovrabili da personale qualificato);
- rapidità di applicazione (tempo di messa in opera compreso tra 10 e 20 minuti).

La centina sicura costituisce una soluzione tecnica innovativa ed efficace che annulla i pericoli connessi ad una delle lavorazioni più critiche nello scavo di gallerie di grande sezione.

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti gli attori che a vario titolo hanno incoraggiato e collaborato con lo scrivente nelle varie fasi di sperimentazione ed attuazione del processo che ha portato all'adozione ed al brevetto della CENTINA SICURA, ed in particolare: Prometeo Engineering; Merlo S.p.A.; Prof. Ing. Franco Bontempi; Ing. Juan Debenedetti; Ing. Antonio Gregori; Ing. Andrea Belfiore.

S-574. PROGETTAZIONE, COSTRUZIONE E PRIMI RISCONTRI DI UNA FRESA IDONEA AD OPERARE IN AMBIENTI GRISUTOSI

Selleri, A.¹, Berry, P.², Messina, L.¹, Bandini, A.², Cormio, C.²

¹ *Spea Ingegneria Europea*

² *Università di Bologna, Dip. di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM)*

Abstract

Prima dell'introduzione dell'approccio NIR, non si era potuto adottare lo scavo meccanizzato con TBM nel progetto Variante Autostradale di Valico (VAV) perché mancavano indicazioni normative sui principi realizzativi di un sistema idoneo ad operare, in totale sicurezza, in ammassi grisutosi e non erano disponibili soluzioni tecniche compatibili con la potenziale presenza di gas metano.

La realizzazione della TBM "a prova di metano", che ha coinvolto progettisti, costruttori, ricercatori dell'Università di Bologna (CSRIM – DICAM) e l'AUSL di Bologna, è basata sul principio che impone di impedire la contemporanea presenza di miscela potenzialmente esplosiva e sorgenti di innesco. Per progettare una TBM in grado di attraversare indenne serbatoi di grisù, sono state identificate tutte le vie di possibile ingresso del metano nel cantiere sotterraneo (scudo, back-up e galleria rivestita) e sono state adottate soluzioni tecniche sia per impermeabilizzarla rispetto al gas, sia per intrappolare ed isolare da potenziali sorgenti di innesco il gas che penetra insieme con il marino nello scudo e nel back-up, sia per evitare esplosioni nella camera di scavo e nella coclea. Le soluzioni adottate per attraversare senza pericolo di esplosioni serbatoi di gas riguardano la camera di scavo, la coclea ed il trasportatore a nastro della macchina. In particolare quest'ultimo è stato isolato idraulicamente dallo scudo e dal back-up con un mini tunnel che lo "avvolge" e che è dotato di una doppia parete con intercapedine pressurizzata per l'isolamento del volume di gas che si libera dalla coclea e dal marino lungo tutto il back-up.

Per garantire le condizioni di sicurezza e l'uso efficiente delle soluzioni ingegneristiche adottate, sono state concepite specifiche procedure operative da applicare durante la realizzazione della galleria Sparvo. I tenori in gas registrati con continuità dal sistema di monitoraggio mettono in evidenza che la TBM ha attraversato indenne e senza interruzioni nella progressione dell'avanzamento, un massiccio contenente notevoli quantità di gas grazie all'efficienza delle soluzioni tecniche adottate per l'isolamento dei volumi di gas trasportati all'interno della TBM dal marino. Inoltre, l'analisi delle produzioni (metri di avanzamento per giorno) e degli eventi critici collegati ad emissioni gassose testimonia l'ottimo risultato in termini di attraversabilità in condizioni di sicurezza totale di formazioni contenenti serbatoi di metano.

Il lavoro di progettazione ed i dati acquisiti sul campo durante i primi metri scavati hanno, di fatto, costituito la base per l'emissione della NIR 44, che fornisce tutte le indicazioni per progettare e realizzare una fresa idonea a scavare gallerie di grande diametro in ambiente grisutoso.

L'articolo illustra i criteri di progettazione e le soluzioni adottate per la realizzazione della TBM S-574 utilizzata per scavare la Galleria Sparvo. Sono quindi descritte le procedure operative ed i riscontri del sistema di monitoraggio nello scavo delle due canne, evidenziando l'incidenza degli eventi legati alle problematiche del gas e il loro costo temporale.

1. Principali aspetti progettuali

La Sparvo fa parte del progetto "Variante Autostradale di Valico A1 MI – NA" il cui tracciato è composto per più del 75% da gallerie,

per una lunghezza totale di 28,6 km per ciascuna direzione di marcia. La galleria oggetto di quest'articolo, costituita da due canne, ciascuna delle quali è lunga 2,5 km circa, è stata realizzata con quella che, ad oggi, è la TBM – EPB più

grande del mondo, avendo un diametro di 15,7 m.

Il tracciato della Sparvo ha interessato (Figura 1) formazioni tipiche della catena Appenninica quali le Argille a Palombini (APA), le Breccie argillose poligeniche (BAP), le Arenarie Scabiazza (SCB) dell'unità tettonica di Sestola – Vidiciatico, e corpi ofiolitici (OFI). Tra l'altro, le APA e le BAP contengono notevoli quantità di metano.

Le Regioni Emilia-Romagna e Toscana hanno congiuntamente emesso, sin dal 1998, Best Practice, indicate come Note Interregionali (NIR), per la realizzazione, in condizioni di massima sicurezza, delle gallerie scavate nel loro territorio. Tra l'aprile 1998 ed il marzo 2005 sono state emanate tre edizioni delle NIR (NIR 1, NIR 5 e NIR 28) rivolte a gestire il problema metano, che caratterizza gran parte degli scavi sotterranei nelle due Regioni, nella realizzazione di gallerie di grande sezione scavate con tecnica tradizionale.

La necessità di contrarre i tempi di esecuzione della Sparvo ha indotto Autostrade per l'Italia a promuovere studi specifici rivolti a verificare la possibilità di adottare lo scavo meccanizzato in ammassi rocciosi con presenza di metano accertata su tutto il tracciato. L'iniziativa si è concretizzata formando un ristretto gruppo di lavoro costituito dai progettisti, costruttori, AUSL di Bologna ed il Centro Studi e Ricerche in Ingegneria Mineraria (CSRIM – DICAM) dell'Università di Bologna, dedicato all'analisi preliminare dei problemi e ad individuare soluzioni progettuali per la TBM che consentissero l'attraversamento di formazioni grisucose senza il pericolo di provocare esplosioni nel cantiere sotterraneo e senza interruzione della produzione. Una volta stabilita la fattibilità tecnico economica, l'appaltatore ha dato l'avvio alla costruzione della TBM affidata alla Herrenknecht GmbH.

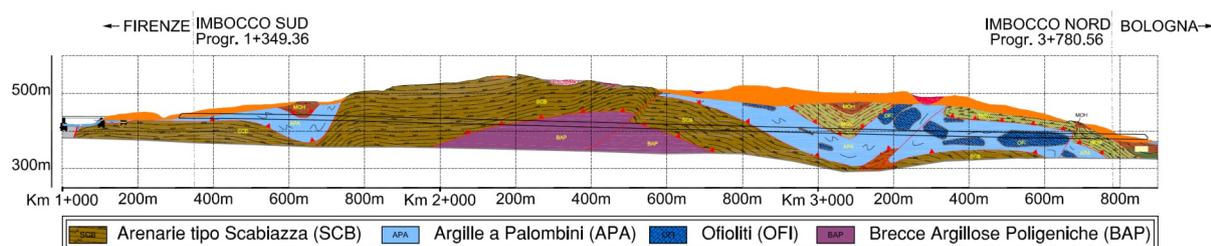


Figura 1 – Sezione Geologica lungo il tracciato della Sparvo

1.1 Definizione delle linee progettuali

I principali attori coinvolti nell'iniziativa, partendo dalle loro specifiche esperienze e competenze, dai risultati più avanzati di studi e ricerche scientifiche e tecnologiche nazionali ed internazionali, hanno affrontato l'analisi della fattibilità tecnica di progettare e costruire una TBM "a prova di metano" a partire da due approcci nettamente distinti:

- (a) per l'AUSL di Bologna ed il suo consulente DICAM – CSRIM, l'eliminazione del pericolo di esplosione all'interno della galleria si ottiene con soluzioni multibarriera rivolte ad impedire la contemporanea presenza, in qualsiasi punto del sottterraneo, di miscele esplosive e di sorgenti d'innesco;
- (b) per Herrenknecht il pericolo di esplosione può essere contrastato con il monitoraggio della

qualità dell'atmosfera e con la ventilazione artificiale.

L'approccio (a) comprende, ovviamente, sistemi avanzati di monitoraggio automatico, integrati da monitoraggio manuale, ed un efficiente circuito di ventilazione.

Posto che è impossibile applicare l'antideflagranza integrale a impianti complessi come le TBM, la soluzione (b) adottata da tutti i progettisti e costruttori di TBM scudate e aperte, non ha e non può garantire la sicurezza contro l'innesco di miscele esplosive (Copur et al., 2012; Kitajima, 2010a; Kitajima, 2010b; Lockyer e Howcroft, 1997; Proctor, 2002).

Conseguentemente è stata adottata la (a) anche in considerazione del fatto che la normativa vigente offriva due alternative per la certificazione di macchine, di impianti e di

strumenti idonei ad operare in un sotterraneo con possibile presenza di metano:

(A) adozione di una macchina conforme alla Direttiva 94/9/CE (ATEX) secondo la quale il Costruttore applica un'unica marcatura CE Ex sull'intera macchina;

(B) il sotterraneo è suddiviso in zone distinte tra loro in base alla valutazione dei livelli di pericolo e, quindi, alla necessità di utilizzare macchine ed apparecchiature antideflagranti (ATEX).

L'alternativa (B) implica l'assunzione della piena responsabilità delle scelte costruttive adottate (zonizzazione, antideflagranza, ecc.), da parte dell'utilizzatore (costruttore della galleria). Infatti, spetta al Datore di Lavoro (D.Lgs. 81/08) valutare il livello di pericolo di esplosione di ciascuna porzione del sotterraneo che, conseguentemente, deve essere suddiviso in zone artificialmente segregate le une dalle altre, ed in quelle con pericolo di esplosione devono essere installate attrezzature e/o macchine compatibili con la presenza di metano.

Per l'alternativa (B) la TBM non è un unicum, ma un assemblaggio di macchine, impianti ed attrezzature. Il Datore di Lavoro si assume l'onere di "zonizzare" il sotterraneo, avvalendosi anche della documentazione tecnica fornita dal Costruttore della TBM, individuando le aree con possibile presenza di metano e quelle in cui il pericolo è ridotto o nullo. In altri termini la TBM non è dotata di certificazione ATEX nel suo complesso, ma sono installate nelle diverse zone, potenzialmente soggette alla presenza di miscela esplosiva, attrezzature dotate di certificazioni ATEX.

Questa soluzione implica il coinvolgimento, oltre che del Datore di Lavoro, di un ampio ventaglio di figure che a vario titolo ed in diverse fasi sono coinvolte (progettazione e costruzione della macchina, progettazione e realizzazione dello scavo):

- il Progettista dell'opera e quello degli impianti;
- l'Utilizzatore/acquirente delle attrezzature;
- la Committenza;
- i Coordinatori per la progettazione ed esecuzione dei lavori.

Si è ritenuto che l'alternativa B, pur essendo in

disarmonia con l'applicazione della Direttiva 2006/42/CE, ("Direttiva macchine"), che impone al Costruttore di fornire una sola certificazione valida per l'intera macchina, fosse l'unica concretamente percorribile. Inoltre, si è valutato che il più elevato livello di sicurezza potesse essere conseguito con l'approccio (a) nell'ambito della soluzione B.

1.2 Definizione delle zone di penetrazione del gas nel sotterraneo ed interazioni con la fresa

In conformità con le linee definite nel precedente paragrafo e sulla base dei disegni di progetto preliminari, sono state identificate le seguenti vie di ingresso del gas nel cantiere sotterraneo:

- (i) dal massiccio nella camera di scavo durante l'avanzamento e le soste per manutenzione, la messa in opera dei conci, ecc.;
- (ii) liberazione del gas nell'atmosfera del cantiere sotterraneo dal marino durante lo scarico della coclea e durante la sua manutenzione, durante il trasporto del marino verso l'imbocco;
- (iii) dai fori da sonda eseguiti dall'interno della TBM;
- (iv) dal contatto tra lo scudo e rivestimento definitivo attraverso le spazzole metalliche;
- (v) dai giunti tra i conci del rivestimento definitivo della galleria.

In altri termini il gas può fluire dal massiccio alla galleria attraverso i cinque punti sopra elencati, che sono stati selezionati considerando che dal punto di vista progettuale dovrebbero essere considerati impermeabili al gas i seguenti elementi della TBM e della galleria:

- lo scudo;
- la paratia dello scudo, che separa la camera di scavo dal resto della TBM;
- la coda dello scudo;
- i fori di sondaggi eseguita dalla TBM;
- i giunti del rivestimento definitivo.

Infatti, in linea teorica la zona di strisciamento tra lo scudo e gli anelli del rivestimento definitivo, corredata di spazzole metalliche, dovrebbe impedire il passaggio del gas ma, per diverse cause, la sezione terminale dello scudo

contenente le spazzole può risultare localmente e temporaneamente permeabile.

Analogamente può caratterizzare il sistema di tenuta a bocca foro dei sondaggi eseguiti a partire da alloggiamenti predisposti nello scudo ed il rivestimento definitivo che, per cause legate al non corretto affiancamento dei conci di un anello ed alla tenuta delle guarnizioni, può risultare localmente permeabile.

Queste considerazioni e l'analisi dell'architettura di base della TBM e delle principali fasi e modalità operative per la realizzazione della Sparvo (Tabella 1) hanno portato a definire la seguente suddivisione del sotterraneo in 8 volumi:

a) camera di scavo e coclea durante la fase di avanzamento. Se la TBM attraversa un serbatoio di gas, il metano è certamente presente nella camera di scavo e nella coclea e non è possibile adottare alcuna soluzione per impedirne la presenza;

b) camera di scavo e coclea durante le operazioni di manutenzione. Per la presenza di gas nella camera vale quanto scritto al precedente punto a.;

c) scudo e back-up a tergo della camera di scavo. Se non si adottano opportune soluzioni, il gas è presente per quanto esposto nei punti (i), (ii), (iii), (iv) del precedente elenco;

d) scudo e back-up a tergo della camera di scavo durante le manutenzioni della coclea che determinano il decadimento delle compartimentazioni per quanto esposto nei punti (i), (ii), (iii), (iv) del precedente elenco;

e) scudo e back-up a tergo della camera di scavo durante l'esecuzione di perforazioni dallo scudo;

f) sistema di trasporto del marino all'interno della fresa lungo tutto il back-up durante la fase di avanzamento;

g) fase di manutenzione del nastro macchina;

h) galleria, rivestita con anelli, a tergo del back-up.

Tabella 1 – Principali fasi e modalità operative per la realizzazione della Sparvo con TBM – EPB

Configurazione di lavoro	Descrizione
Modalità avanzamento	la TBM scava l'ammasso ed estrae il materiale dalla camera di scavo per mezzo di una coclea e trasporta il materiale con l'uso di nastri trasportatori.
Modalità Costruzione Anello	al termine dello scavo viene realizzato il rivestimento definitivo con l'installazione dei conci prefabbricati.
Modalità di perforazione di sondaggio	realizzata da una posizione "protetta" all'interno della galleria, con aste di perforazione passanti attraverso lo scudo.
Manutenzione della Testa di scavo	necessaria per garantire l'efficienza degli utensili di scavo, in possibili condizioni normobariche ed iperbariche.
Manutenzioni ordinarie	pulizia delle camere di iniezione del bi-componente a tergo dei conci.
Manutenzioni straordinarie	sostituzione delle spazzole o pulizia della coclea.

In Figura 2 è rappresentata l'impostazione generale della suddivisione in volumi del cantiere sotterraneo Sparvo.

La zonizzazione e le procedure di sicurezza associate a ciascun volume sono il risultato dell'identificazione delle aree con possibile presenza di gas, delle potenziali sorgenti di innesco (fiamme libere, attriti e urti roccia – metallo e metallo – metallo, temperature dei motori maggiori di 400 °C, circuito, componenti, macchine ed impianti elettrici) e dell'applicazione dei principi di fisica della detonazione, della deflagrazione e più in generale della propagazione della fiamma. Infatti, la

detonazione o deflagrazione non si propagano in contenitori di piccolo diametro o spessore (quenching) e nel caso di discontinuità nel flusso. Questo principio è alla base della progettazione dell'antideflagranza (Davy, 1817; Linan e Williams, 1993).

Il fronte di scavo è la principale sorgente di immissione del gas o l'unica, nelle condizioni ideali di lavoro. Il gas che entra nella camera di scavo si libera in galleria durante lo scarico del marino dalla coclea sul sistema di allontanamento (il nastro macchina, nel caso della Sparvo). Considerato che è problematico, se non impossibile, rendere antideflagrante il Volume A

di Figura 2, è vincolante “intrappolare” il metano all’uscita dalla coclea e impedirne la diffusione dal nastro trasportatore nel Volume A mantenendolo segregato da potenziali sorgenti di innesco fino alla sezione terminale del back-up.

Il flusso di metano in galleria dai punti (iii), (iv), (v) può essere ostacolato (iii e iv) con soluzioni e procedure mirate, e con un sistema di controllo dell’atmosfera (monitoraggio) basato sui fenomeni che generano la locale permeabilità al gas; per quanto riguarda il punto (v) l’impermeabilità al gas è determinata dalle guarnizioni e dalla corretta messa in opera dei conchi.

La Figura 2 evidenzia 4 degli 8 volumi elencati in precedenza (a. – h.) poiché i volumi 4 volumi, in dipendenza delle attività svolte (avanzamento, messa in opera del rivestimento manutenzione e perforazioni) sono assoggettati a diverse procedure di sicurezza:

- la zona A è il volume nel quale non deve essere presente il gas, in quanto sono presenti potenziali sorgenti di innesco;
- nella zona B è presente il metano contenuto nella formazione che si sta scavando. La soluzione che genera la zona o volume B è rivolta all’intrappolamento e segregazione del gas rispetto allo scudo ed al back-up. La zona contiene impianti ed attrezzature antideflagranti, è sottoposta ad un

monitoraggio automatico ed è attraversata da notevoli quantità di aria proveniente dall’esterno. Il volume B offre una limitata resistenza al flusso d’aria, impedisce il layering e, più in generale, l’accumulo localizzato di miscela esplosiva che, in ogni caso, non potrebbe essere innescato per l’assenza di sorgenti efficaci;

- nella camera di scavo e nella coclea è presente tra i vuoti del marino e nei pori dei clasti del marino il metano contenuto nella formazione che si sta scavando. Considerando che la detonazione e la deflagrazione sono fenomeni che si propagano solo se c’è continuità nella miscela e se le dimensioni della sezione trasversale alla direzione di propagazione sono sufficientemente ampie, nella camera di scavo e nella coclea non si determinano condizioni favorevoli all’esplosione della miscela quando i due volumi sono completamente riempiti (avanzamento “closed mode”) impedendo, conseguentemente, il layering determinato dalla liberazione del gas dai pori;
- il volume che comprende gli ultimi carri del back-up e la galleria rivestita è assimilato ad una galleria di classe 2, a cui si applicano le procedure valide per la gallerie scavate con metodo tradizionale (NIR 28, “Grisù 3^a edizione”).

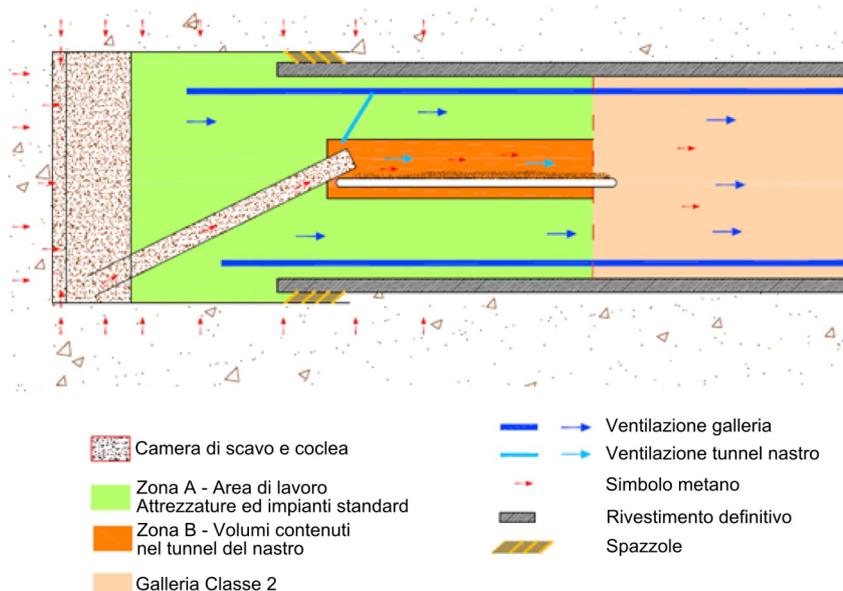


Fig. 2 – Identificazione dei volumi della Galleria

2. Soluzioni costruttive adottate

La suddivisione nei volumi sopra descritti si è concretizzata con la progettazione e realizzazione di una TBM caratterizzata da soluzioni del tutto innovative e da significativi miglioramenti di soluzioni già adottate in precedenti TBM. A seguire si descrivono sinteticamente le soluzioni adottate al fine di permettere l'attraversamento di formazioni grisucose in condizioni di massima sicurezza.

Il rivestimento definitivo è costituito da anelli di tipo "universale" (per il quale ogni anello è uguale all'altro, e nel quale sono previste particolari geometrie per garantire il rispetto del progetto del tracciato plano-altimetrico della galleria) ciascuno dei quali è composto da 9+1 conci prefabbricati. Ogni concio è corredato di due guarnizioni, la prima più esterna, di tipo hydrofiller e la seconda, principale, di tipo perimetrale realizzata con elastomero EPDM che garantisce una tenuta ad una pressione di 10 bar (Figura 3).

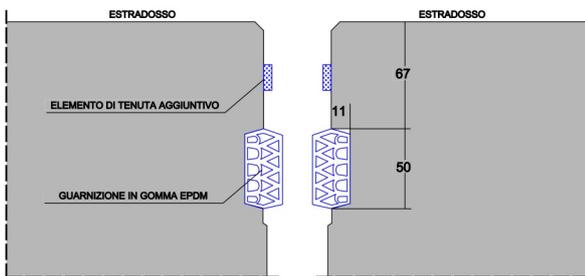


Fig. 3 – Conci prefabbricati ed accessori di tenuta

Una delle zone più critiche per l'impermeabilizzazione al gas del volume interno della galleria è la zona di strisciamento dei conci prefabbricati sullo scudo metallico della TBM.

Il gap tra estradosso dell'anello di

rivestimento e perimetro di scavo viene intasato con una malta bi-componente con tempo di presa compreso tra 5 e 15 s (Figura 4). Per evitare l'ingresso della malta, di acqua o di gas all'interno dello scudo, sono state installate quattro file di spazzole (3 file di spazzole metalliche ed una fila di lamine di acciaio, Figura 4) che creano 3 camere anulari continuamente colme di grasso biodegradabile.

L'intrappolamento e la segregazione del gas che esce dalla coclea insieme con il marino è ottenuto con una soluzione assolutamente innovativa.

La vite senza fine del sistema di trasporto "coclea" è contenuta in un tubo metallico rettilineo, ad essa aderente, provvisto di due sezioni: quella di ingresso del marino posta alla base della camera di scavo e quella di evacuazione del frantumato posta all'altra estremità della vite. Questa sezione è completata da un cassetto, sul quale sono installate 2 ghigliottine a comando idraulico, che, una volta chiuse, rendono impossibile la fuoriuscita dal tubo del gas contenuto nei pori del frantumato.

Questa sezione terminale della coclea, il sistema di conferimento del marino al nastro macchina ed il nastro per tutta la sua lunghezza sono racchiusi in una struttura scatolare metallica a doppia parete, con connessioni flessibili nelle zone di passaggio tra un carro e l'altro (Figura 5). La doppia parete va a costituire una camera pressurizzata con pressione continuamente controllata per garantire l'efficace impermeabilità al gas tra l'interno e l'esterno del contenitore che, in breve, può essere definito come il tunnel del nastro. Si tratta di una soluzione unicamente rivolta a garantire l'assoluta sicurezza da esplosioni di metano.

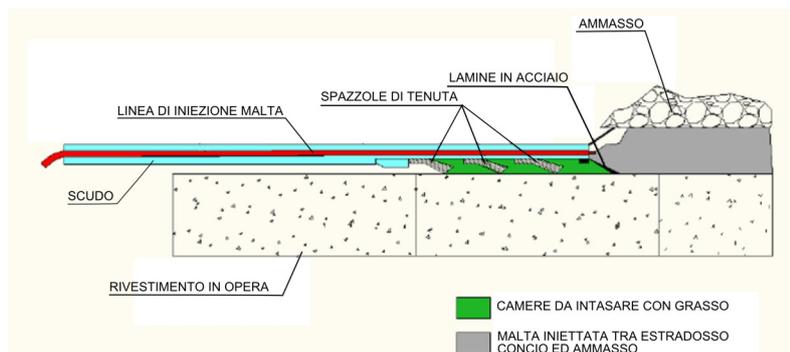


Fig. 4 – Spazzole di tenuta



Fig. 5 – Tunnel del nastro

Sono stati progettati e realizzati due sistemi di ventilazione soffiante primaria, indipendenti.

Il primo sistema è dedicato alla ventilazione del tunnel del nastro macchina. I risultati di approfondite analisi hanno stabilito che si doveva garantire una portata minima pari $17 \text{ m}^3/\text{s}$ per assicurare la velocità di avanzamento del fronte ottimale sotto il profilo tecnico ed economico. Il tunnel – nastro è stato corredato di “air mover” per generare un regime di flusso turbolento mirato ad impedire la formazione di layering.

Il secondo sistema è dedicato alla ventilazione dello scudo e del back-up. Il riflusso dei due sistemi converge nella sezione terminale del back-up e percorre tutta la galleria rivestita, classificata con indice 2.

La rete di ventilazione è stata studiata anche per impedire flussi di gas nel volume B durante le operazioni di manutenzione nella camera di scavo e nel tunnel nastro e durante le perforazioni.

Per impedire la formazione di layer di metano nella porzione sommitale della camera di scavo, questa deve essere sempre piena al colmo (avanzamento “closed mode”). Il grado di riempimento è controllato con 3 sistemi Radar per la lettura dell’altezza del materiale in camera di scavo e 2 ventole idrauliche per il controllo della densità del materiale nella parte superiore della camera di scavo (Figura 6).

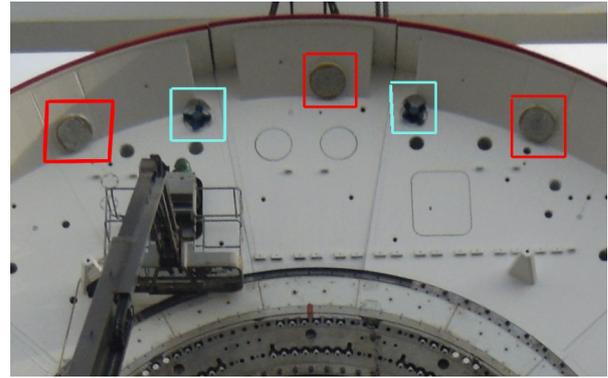


Fig. 6 – Sistemi di controllo del riempimento in camera di scavo. In rosso è indicata la posizione dei tre radar, in azzurro quella delle due ventole idrauliche

3. Monitoraggio gas e procedure di scavo

Le soluzioni costruttive, rivolte ad impedire la contemporanea presenza di miscela esplosiva e di sorgenti di innesco, descritte nei paragrafi precedenti brevemente e solo in parte, sono state associate a procedure che regolano tutte le operazioni in cantiere e ad un efficiente sistema di monitoraggio del gas.

Per ogni zona sono stati definiti livelli di soglia di concentrazione di metano ed i relativi livelli di allarme (Figura 7):

- nella galleria rivestita (classe 2 per la NIR 28), si può svolgere normale attività fino a concentrazioni di metano in aria pari a 0,30% (colore verde). Superata questa concentrazione si attivano i seguenti livelli:
 - “attenzione”, per concentrazioni comprese tra 0,30% e 0,70% (colore blu);
 - “pre-allarme”, per concentrazioni comprese tra 0,7% e 1% (colore giallo);
 - evacuazione del sotterraneo, se le concentrazioni superano l’1% (colore rosso);
- nella Zona A non è previsto il livello di “attenzione” poiché se le concentrazioni superano lo 0,15% si attiva il livello “pre-allarme”, e per valori oltre lo 0,35% (colore rosso) è prevista l’evacuazione;
- nella Zona B la normale operatività è permessa fino a concentrazioni dello 0,35%, il livello di “attenzione” si ha per concentrazioni comprese tra lo 0,35% e il 3% (regolamentato da particolari procedure); il “preallarme” si ha per concentrazioni comprese tra il 3% ed il 3,5%; oltre il 3,5% (colore rosso) si deve evacuare il sotterraneo.

In generale, con il raggiungimento del livello di pre-allarme (colore giallo) lo scavo viene interrotto ed, al passaggio all'allarme rosso, avviene lo sgancio dell'alimentazione elettrica per le attrezzature standard. In ogni caso oltre il valore di concentrazione del 3,5% per ogni zona vi è lo sgancio di tutte le alimentazioni, standard ed emergenza.

Nelle procedure di scavo è stato definito il valore massimo di velocità di avanzamento in funzione del livello di concentrazione del gas (in

particolare per quanto riguarda la Zona B): il controllo della velocità di avanzamento influenza la quantità di marino da smaltire nell'unità di tempo, di conseguenza si può controllare indirettamente la quantità di metano immesso all'interno del volume del canale del nastro e quindi all'interno della galleria. Contemporaneamente l'operatore TBM regola la portata della ventilazione in modo da garantire la diluizione della concentrazione di gas in aria.

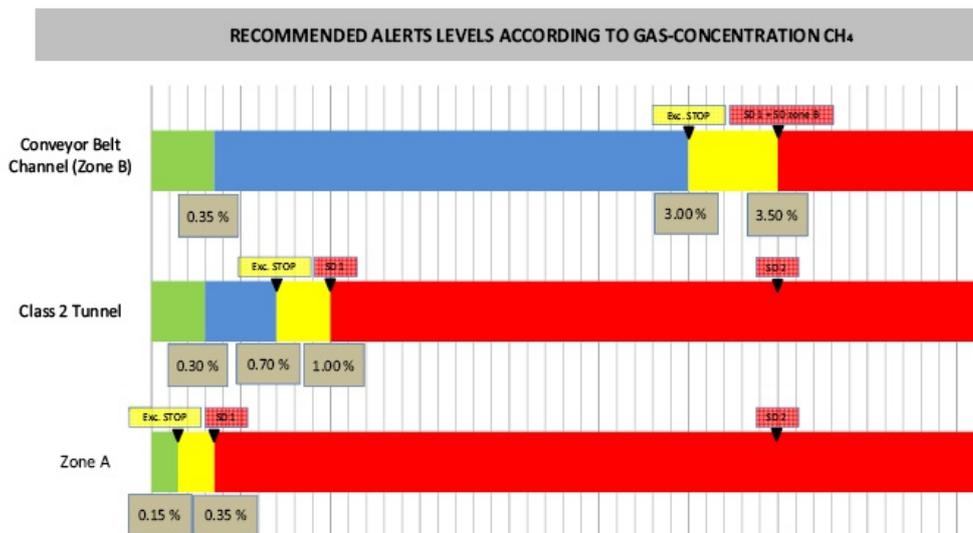


Fig. 7 – Livelli di allarme e procedure operative

2.1 Letture dei monitoraggi

I grafici in Figura 8 e Figura 9, relativi rispettivamente allo scavo della Canna Nord e della Canna Sud, rendono evidenti le dimensioni del problema metano affrontato e risolto senza penalizzare le velocità di avanzamento; in particolare mostrano che in tutte le formazioni scavate era presente con continuità il gas.

I grafici relativi alla Zona A ed alla Zona B ben evidenziano l'efficacia del sistema tunnel-nastro e del sistema di tenuta delle spazzole.

3. Conclusioni

La necessità di accelerare i tempi di realizzazione di un'opera critica per crono programma e condizioni geologiche, nel massimo rispetto delle condizioni di sicurezza delle maestranze contro il pericolo di detonazione o deflagrazione di miscela aria – metano, ha portato

a coinvolgere il CSRIM (DICAM) dell'Università di Bologna e l'unità dell'AUSL di Bologna dedicata alle grandi opere nelle scelte progettuali che hanno portato a costruire il prototipo di TBM-EPB che ha realizzato lo scavo delle due canne (lunghezza totale di circa 5 km) della galleria Sparvo. Tale prototipo è ancora oggi la soluzione più avanzata in termini di sicurezza e di capacità produttiva per scavi meccanizzati di grande sezione in formazioni grisucose. Alcune tappe temporali sottolineano l'efficienza del processo di progettazione e della TBM e le prestazioni conseguite nella costruzione della galleria:

- dicembre 2008: vengono formalizzate le prime ipotesi per l'utilizzo della tecnologia di scavo meccanizzato, in applicazione al progetto Sparvo, facendo partire il processo di progettazione che ha coinvolto tutti gli attori (Committenza, Appaltatore, Direzione Lavori, Progettista, Organismo di vigilanza, Università

- degli studi di Bologna, Costruttore);
- dicembre 2009: firma del contratto di progettazione e fornitura tra la società costruttrice Herrenknecht e l'appaltatore Toto Costruzioni Generali SpA;
- dicembre 2010: completo assemblaggio, collaudi e consegna in officina della TBM S-574, inizio del trasporto in cantiere;
- agosto 2011: inizio dello scavo della Canna Nord della Galleria Sparvo;
- luglio 2012: fine dello scavo della Canna Nord ed inizio fase di roto-traslazione;
- dicembre 2012: inizio dello scavo della Canna Sud;

- luglio 2013: fine dello scavo della Canna Sud.

I circa 5 km circa di galleria sono stati completati in un arco di tempo pari a circa 19 mesi.

Rispetto alla notevole consistenza e continuità del problema gas, grazie alle soluzioni tecnologiche ed alle procedure di scavo e di gestione messe a punto, si sono registrati, durante lo scavo delle due canne, solamente 2 allarmi rossi e 25 allarmi gialli, con un costo temporale complessivo irrisorio per i fermi legati alla gestione del gas pari a circa 6 ore.

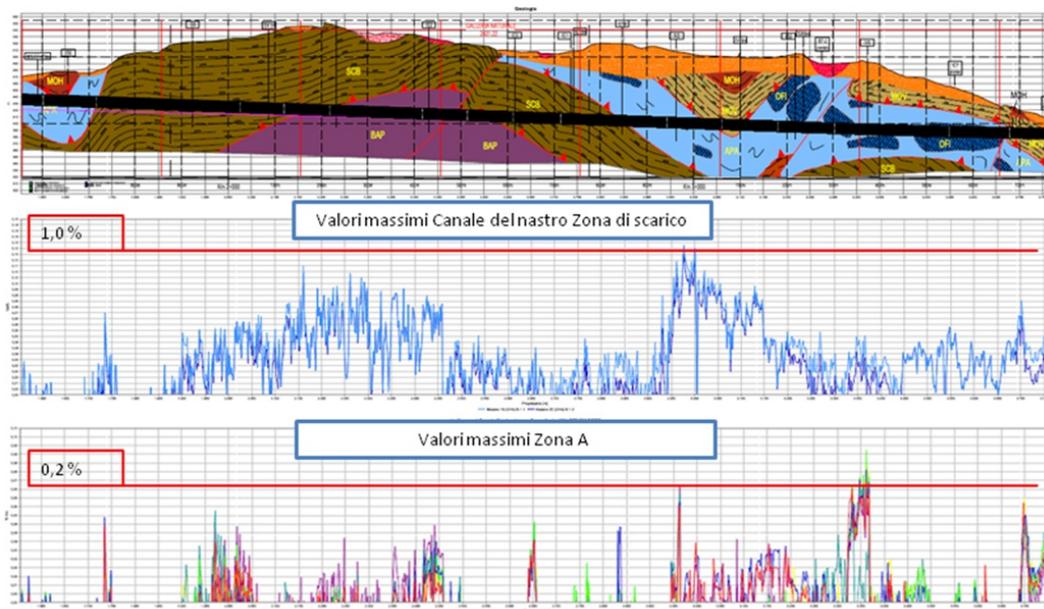


Fig. 8 – Letture del sistema di monitoraggio – Canna Nord

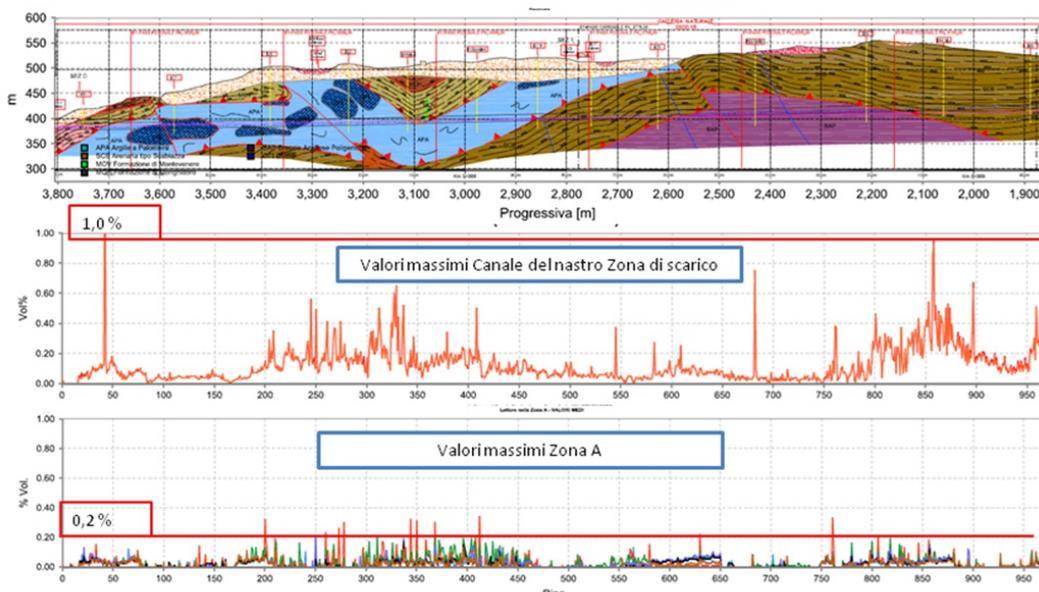


Fig. 9 – Letture del sistema di monitoraggio – Canna Sud

Bibliografia

- Copur, H., Cinar, M., Okten, G., Bilgin, N., A case study on the methane explosion in the excavation chamber of an EPB-TBM and lessons learnt including some recent accidents. *Tunnelling and Underground Space Technology* 2012, 27, 159 – 167.
- Davy, H., Some researches on flame. *Transactions of the Royal Society of London*, 1817, 107, 45 – 76.
- Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81. Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- Direttiva Europea 23 marzo 1994, n. 9. Ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative agli apparecchi e sistemi di protezione destinati a essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva.
- Direttiva Europea 17 maggio 2006, n. 42. Direttiva macchine.
- Kitajima, M., Methane gas explosion hazard during construction of headrace tunnel for agriculture. 2010a, <http://www.sozogaku.com/fkd/en/cfen/CD1000099.html> (accessed on 02-10-2013).
- Kitajima, M., Methane gas explosion hazard of an earth pressure type shield tunnel. 2010b, <http://www.sozogaku.com/fkd/en/cfen/CD1000098.html> (accessed on 02-10-2013).
- Linan, A., Williams, F.A., *Fundamental aspects of combustion*. Oxford University Press, New York, 1993.
- Lockyer, J.W., Howcroft, A., The Abbeystead Explosion Disaster. *Annals of Burns and Fire Disasters*, 1997, 10, September 1 – 4.
- Proctor, R.J. 2002. The San Fernando tunnel explosion. *Engineering Geology* 2002, 67, 1 – 3.

**MARTINA, LA TBM / EPB PIÙ GRANDE AL MONDO.
CONSUNTIVI ED APPLICAZIONI TECNOLOGICHE INNOVATIVE.**

Bandieri, S., Scolavino, L., Acquista, C., Comin, G., Pepino, M., Di Cara, A.
TOTO Costruzioni Generali SpA

Abstract

La Galleria Sparvo che fa parte del progetto "Variante di Valico", è scavata a piena sezione con una TBM – EPB (HK S-574) che con il diametro di 15,615 m, è una delle più grandi, se non la più grande, del mondo.

Il gruppo TOTO ha affrontato questa sfida tecnica acquistando una TBM tecnicamente all'avanguardia e raccogliendo i maggiori esperti nel campo delle TBM per garantire una elevata e costante produzione e un controllo completo della macchina. La S – 574 è dotata di un sistema automatico di monitoraggio del gas e predefinite zone ATEX. A causa della presenza di metano, la TBM è compartimentata in 3 zone per garantire un sicuro ambiente di lavoro. Il nastro trasportatore sul back – up è posizionato all'interno di un canale pressurizzato, inoltre la coclea è caratterizzata da un'interruzione delle eliche per assicurare la formazione di un "tappo" di materiale e quindi limitare l'ingresso del gas. Inoltre i 13 sensori di gas e un'acquisizione dati/segnalazione di allarme gestita da software specialistico antideflagrante, consentono un monitoraggio continuo.

Dopo il completamento della carreggiata Nord la TBM è stata roto-traslata con un innovativo sistema di 10 culle in acciaio costruite ed equipaggiate con 80 cuscini ad aria compressa. Questa soluzione tecnica è stata concepita dalla TOTO SpA e realizzata dalla società Palmieri SpA di Bologna con l'applicazione dei cuscini AeroGo/AeroCaster di produzione statunitense, mentre la superficie di scorrimento è stata realizzata direttamente dalla TOTO, combinando una soletta in cemento con un pavimento in lamiera d'acciaio di 2000 m². Questo intervento espone i risultati "a consuntivo" delle produzioni raggiunte.



Vista aerea dell'imbocco nord della galleria Sparvo

Postfazione

I contributi tecnici e scientifici presentati al “Workshop NIR 2013” ad oltre 250 partecipanti provenienti da gran parte delle Regioni italiane, così come le analisi di importanti “Casi di Studio” e l’illustrazione delle più recenti soluzioni tecnologiche ed organizzative hanno definito il panorama dei positivi risultati conseguiti applicando le “Best Practice” contenute nelle Note Interregionali (NIR), un moderno e, per l’Italia, inedito approccio alla tutela della sicurezza.

Le Relazioni invitate al Convegno, esposte da dirigenti e tecnici delle principali Committenti, Società di progettazione ed Imprese di costruzione di opere infrastrutturali autostradali e ferroviarie, da ricercatori e da ingegneri specialisti nella previsione e nelle misure e controlli di fenomeni quale, ad esempio, l’emissione di metano, hanno richiamato l’attenzione anche su problemi ancora irrisolti e sulla necessità di attivare nuove linee di ricerca e sviluppo, suscitando un ampio dibattito con numerosi interventi dalla platea.

Come è noto le NIR hanno avuto origine in uno scenario assolutamente singolare, descritto in alcune relazioni del Workshop, e sono state elaborate per fare fronte a specifici contesti, fasi lavorative, metodi e tecniche di scavo quali, ad esempio, le NIR dedicate a contrastare i pericoli derivanti da presenza di metano negli scavi con tecnica tradizionale, quella rivolta a rendere possibile lo scavo con TBM in terreni grisutosi, quella mirata ad annullare i pericoli associati ai lavori al fronte.

Queste Note sono state concepite per gallerie aventi rilevanti dimensioni del fronte e scavo a piena sezione; sarebbe del tutto improprio adottarle per gallerie di piccolo diametro che presentano problemi di sicurezza assolutamente diversi che andrebbero affrontati con “Buone Pratiche” elaborate ad hoc. Inoltre, molti aspetti di sicurezza associati alla costruzione di gallerie di grande diametro non sono stati considerati dalle NIR perché assenti o presenti marginalmente nelle gallerie TAV e VAV. Qui di seguito si citano alcuni di questi.

Per la realizzazione dei due importanti progetti (TAV e VAV) raramente si è fatto ricorso alla tecnica della perforazione e sparo. Conseguentemente l’uso dell’esplosivo in condizioni di sicurezza, con presenza o meno di grisù, è stato trattato marginalmente (NIR n. 16); per contro, andrebbero definite “Buone Pratiche” dedicate all’abbattimento con esplosivo considerando, nel caso di presenza di metano, che le attuali caratteristiche dei prodotti esplodenti attualmente in commercio (ad esempio quelle degli inneschi) non coniugano adeguatamente produttività e compatibilità con la presenza di metano; le buone pratiche dovrebbero contenere indicazioni tecnico scientifiche per superare questi limiti. Un altro tema che andrebbe affrontato, elaborando appropriate linee guida, è quello relativo al caricamento pneumatico dell’esplosivo nei fori della volata o al pre-confezionamento, della carica di ciascun foro. Le attuali tecnologie di perforazione frontale, per la realizzazione di gallerie aventi diametro superiore a 10 metri, permettono di realizzare sfondi superiori a 6 metri ma, l’elevato numero dei fori e la loro lunghezza pongono seri problemi di fattibilità economica dello scavo e di sicurezza associata all’elevato tempo di permanenza dei fochini a ridosso del fronte. La rilevanza di questo tema è tanto più evidente se si considera che il caricamento pneumatico di esplosivo sfuso è del tutto usuale all’estero anche in Paesi confinanti con l’Italia.

Nell’arco dei 17 anni di attività di prevenzione, cadenzati dall’emissione delle 44 Note Interregionali, è emersa l’importanza di includere tra i costi della sicurezza soluzioni progettuali ed esecutive caratterizzanti, ad esempio, il rivestimento di prima fase. Questo tema, che è stato affrontato nelle grandi linee con la NIR 41, andrebbe approfondito con linee guida più dettagliate soprattutto per quanto riguarda il contenuto del sesto capitolo “Ruolo della progettazione riguardo agli aspetti connessi alla sicurezza dei lavoratori” e del capitolo ottavo “Sistema di controllo, di verifica e di responsabilizzazione dei lavori al fronte”, con particolare riferimento alle competenze culturali, a carattere tecnico, del Preposto al fronte. Il

passo delle centine o la maglia, la geometria ed il tipo di bullonamento, la scelta tra spritz-beton con rete elettrosaldata o rinforzato con fibre devono essere definiti tenendo conto che le soluzioni adottate devono essere rivolte anche a tutelare la sicurezza dei lavoratori in prossimità del fronte.

Gli interventi dalla platea ed alcuni Relatori hanno manifestato profondo interesse ad affrontare e risolvere, a favore della qualità dell'opera e della sicurezza, lo stretto legame tra i margini economici ed il livello di efficacia delle soluzioni progettuali ed esecutive a tutela della sicurezza. In altri termini, è quanto mai evidente che tanto minore è il ritorno economico atteso, tanto più basso è il livello della sicurezza nel cantiere. Ne discende che un appalto ottenuto con un'offerta ad elevato ribasso sarà caratterizzato da importanti problemi di sicurezza che si amplificano quando si ricorre al subappalto di fasi elementari o dell'intera opera. Questo tema è stato affrontato solo in parte dal capitolo quarto della NIR 37 "Sicurezza della fase di scavo" che afferma " ... il subappalto anche di una sola di queste azioni elementari non garantisce l'unicità del governo e la correlazione tra le diverse azioni ed introduce un rischio infortunistico inaccettabile. La fase di scavo deve essere, quindi, eseguita direttamente dall'impresa che detiene la direzione del cantiere – galleria ...".

Questi ed altri importanti temi andrebbero affrontati con l'approccio che ha generato le NIR.

La Regione Marche ha fatto proprie le NIR con adattamenti alla specificità dei cantieri in attività. In altre Regioni d'Italia, per autonome scelte dei Committenti, delle imprese esecutrici o dei Coordinatori in fase di Progettazione o Esecuzione, hanno progressivamente trovato applicazione alcune NIR (in buona sostanza, quelle riguardanti il grisù e, subordinatamente, quella sui lavori al fronte). Per contro, ad oggi, non si hanno riscontri di altre iniziative rivolte alla redazione di "Buone Pratiche" a tutela della sicurezza nei lavori di scavo. Pertanto, allo stato dei fatti, appare poco probabile la diffusione dell'approccio "Buone Pratiche" alla sicurezza che porterebbe l'Italia ai livelli dei Paesi più avanzati.

La prospettiva di trasferire il livello tecnico delle Note Interregionali in ambito statale nazionale appare quanto meno remota, come si evince dalle seguenti circostanze che si sono risolte con un nulla di fatto.

Come è noto, all'avvio dei lavori del progetto TAV era in vigore il capo X del DPR 320/1956, "Scavi in terreni grisutosi e misure di sicurezza contro le esplosioni". Per tutelare al massimo livello la sicurezza contro esplosioni di gas, le Regioni Emilia Romagna e Toscana, nell'aprile del 1998 e nel marzo del 2000, emanarono le prime due Note Interregionali "Grisù", con valore di riferimenti tecnici non vincolanti.

Nel giugno del 2000, la "Commissione consultiva permanente per la prevenzione degli infortuni e per l'igiene del lavoro" inviò segnali tendenzialmente ostativi nei confronti delle Note, ritenendo che le Regioni non potessero legiferare in merito. Vale la pena sottolineare che le Regioni Emilia Romagna e Toscana non hanno mai inteso dare valore di Legge o di Norma alle Note.

Di conseguenza, le due Regioni avviarono la procedura per ottenere il "decreto di pari efficacia", e fu attivato un apposito gruppo di lavoro all'interno della suddetta Commissione. Nonostante questa fosse stata sollecitata a procedere speditamente con i lavori, dal Sottosegretario al lavoro dell'epoca, i conflitti tra i rappresentanti del Ministero del Lavoro e quelli del Ministero dell'Industria dettero luogo ad una vera e propria azione dilatoria ed ostruzionistica, caratterizzata da infinite e snervanti discussioni su questioni quanto meno insignificanti. Il processo avviato sotto i migliori auspici non giunse mai a conclusione.

Una seconda circostanza è di questi ultimi anni. Le attività di scavo con tecnica tradizionale, nei cantieri TAV e VAV, avevano messo in evidenza che la delicata fase in cui i lavoratori sono a contatto con "fronti freschi di scavo" era passata da un controllo diretto della direzione di cantiere ad un affidamento "de facto" al caposquadra del turno lavorativo. Alcuni gravi incidenti, prodotti da distacchi di roccia dalle pareti fresche di scavo, erano attribuibili anche a questo depauperamento di competenza tecnica del sovrintendente ai lavori al fronte. Pertanto le due Regioni proposero nel 2010, alla "Commissione consultiva permanente per la salute e sicurezza sul lavoro" (D.Lgs. 81/08), la Nota Interregionale n° 41, "Lavori al fronte", del novembre 2009 di validare il documento come "buone prassi in materia di salute e sicurezza del lavoro".

L'esame della Nota Interregionale fu affidato al 3° sottogruppo del gruppo di lavoro "Cantieri temporanei o mobili e D.P.I." che dal settembre 2010 all'ottobre 2013 ha "centellinato" in quattro diverse date, richieste di modifiche al documento che sono state tempestivamente apportate.

Nell'ottobre 2013 è stata compilata la scheda, appena predisposta dal Ministero, per la richiesta di adozione di buona prassi. Dopo quasi un anno non si sono avute ulteriori notizie.

Questi due episodi confermano la bontà dell'approccio "NIR" alla sicurezza, caratterizzato da rapidità di elaborazione e di applicazione, ampia condivisione dei principi, delle soluzioni tecniche e delle procedure da parte di tutti i soggetti coinvolti nella progettazione e realizzazione delle gallerie. D'altra parte, la lentezza del processo burocratico alla redazione di Norme e leggi mal si concilia con la rapidità dell'innovazione tecnica e tecnologica.

Paolo Berry

Presidente del Comitato Organizzatore, Università di Bologna, DICAM

Fausto Calzolari

Vice Presidente del Comitato Organizzatore, AUSL Bologna-Montagna

