

GESTIONE DELLE EMERGENZE IN CASO DI INCENDIO IN GALLERIA: UN CONTRIBUTO DAL SETTORE MINERARIO

Ing. Luciano Cadoni, Ispettore Antincendio Coordinatore Vice Comandante Comando Provinciale Vigili del Fuoco di Cagliari; 09100 Cagliari, Viale Marconi snc; tel. 070-4093313, fax 070-4093327.

Ing. Giuseppe Deriu, Direttore della Miniera di Monte Sinni della Carbosulcis S.p.a..

09010 Cortoghiana (CA); tel. 0781 4921, fax 0781 492400.

Per. Min. Gian Paolo Pinna, libero professionista già Responsabile del Servizio Sicurezza della Miniera di Monte Sinni della Carbosulcis S.p.a.; Studio tecnico, 09016 Iglesias, Via Sette Fratelli, 38 tel. 0781 42020.

SOMMARIO

I gravi incidenti verificatisi in Europa, a partire da quello nel traforo del Monte Bianco nel Marzo 1999 per arrivare fino a quello nella galleria del San Gottardo nell'Ottobre 2001, hanno riproposto con drammatica urgenza il problema di adeguare le gallerie stradali e ferroviarie, numerose soprattutto nel nostro paese, a standard di sicurezza accettabili, in relazione ai volumi di traffico in continuo aumento ed in linea con le attuali conoscenze in materia di sicurezza antincendio.

Un contributo alla ricerca di soluzioni impiantistiche e gestionali adeguate al problema, potrebbe venire dal settore minerario e in particolare da quello delle miniere di carbone.

In Sardegna la Carbosulcis S.p.a. è titolare della concessione di sfruttamento del grande bacino carbonifero del Sulcis, regione del sud ovest dell'isola.

L'incendio in una galleria mineraria ha caratteristiche differenti rispetto a quello che si può sviluppare in una galleria stradale o ferroviaria, ma presenta effetti e conseguenze molto simili: aumento delle temperature, riduzione progressiva dell'ossigeno, riduzione della visibilità, danni strutturali alla galleria e produzione di gas tossici.

La memoria riporta, oltre ad una descrizione del fenomeno dell'autocombustione in una galleria mineraria, l'analisi delle procedure di intervento adottate nella miniera della Carbosulcis, in occasione di combustioni del giacimento, compreso lo studio dell'organizzazione delle squadre di soccorso.

Particolare spazio viene dato alle modalità di addestramento ed alle dotazioni di protezione individuale delle suddette squadre, che costituiscono un elemento essenziale nel complesso sistema delle misure di sicurezza di qualsiasi galleria.

Nelle conclusioni vengono proposti gli elementi che potrebbero essere utili per la definizione delle norme e delle procedure di intervento nel settore delle gallerie stradali e ferroviarie.

1. INTRODUZIONE

In Italia, come noto, l'unica norma cogente di prevenzione incendi riferita alle gallerie è quella valida per le metropolitane, mentre per le gallerie stradali l'ex Ministero dei Lavori Pubblici ha emanato nel Dicembre 1999 un'apposita Circolare di indirizzo, in attesa della definizione di una norma che regolamenti le caratteristiche geometriche e funzionali per la costruzione e l'adeguamento delle gallerie stradali e dei relativi impianti di sicurezza. La Commissione Europea, dopo la tragedia del San Gottardo, ha deciso di predisporre una direttiva che dovrebbe armonizzare le norme già esistenti e fornire precisi criteri di progettazione e di esercizio da adottarsi nei paesi membri.

Fino ad oggi sono stati svolti studi, lavori di ricerca e sperimentazioni per iniziativa delle Università, del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e di alcune Società Concessionarie o proprietarie delle infrastrutture di trasporto; i risultati di tali lavori, tuttavia, non sempre sono stati uniformi mentre il dibattito sull'efficacia dei vari sistemi di protezione antincendio è piuttosto vivace.

Un contributo alla ricerca, come già detto in premessa, potrebbe venire dal settore minerario ed in particolare da quello delle miniere di carbone, che vanta una grande esperienza proprio nel settore della sicurezza ed in particolare nella lotta contro gli incendi derivanti dall'autocombustione del carbone.

1.1 La miniera di carbone di Monte Sinni della Carbosulcis.

La miniera di carbone "Monte Sinni" si trova nel Sulcis, Sardegna sud occidentale, ed è coltivata dalla Carbosulcis SpA, Gruppo EMSA, attuale concessionaria. Le strutture minerarie sono costituite da quattro pozzi principali realizzati a coppie di due a circa quattro Km di distanza, collegati da due gallerie di 29 mq di sezione, una di afflusso dell'aria e l'altra di riflusso, profondi circa 400 m..

Dal complesso dei quattro pozzi principali e delle due gallerie di afflusso e riflusso, collegate con l'esterno anche tramite una via inclinata al 14% lunga 3,5 Km, che costituisce la struttura principale della miniera, si dipartono le gallerie secondarie che dividono l'ammasso in aree di coltivazione.

Ogni area è servita dai pozzi di ventilazione (o pozzi secondari) sui quali sono installati i ventilatori principali. Complessivamente si ha uno sviluppo di gallerie di circa 30 Km.

La ventilazione primaria è realizzata con ventilatori aspiranti collocati nei pozzi di ventilazione in superficie che forniscono le portate necessarie a garantire le condizioni ambientali di sicurezza in tutte le aree di transito e di lavoro in sottosuolo. I fondi ciechi, gallerie in avanzamento, e/o i circuiti secondari sono realizzati con ventilatori assiali (secondari) montati in aspirazione lungo i circuiti principali che inviano l'aria attraverso condutture mobili.

La regolazione e taratura del complesso sistema di ventilazione è praticamente continua, data la variabilità dei circuiti conseguente alla mobilità dei cantieri di lavoro (avanzamento delle gallerie e trasferimenti dei tagli) ed è prima studiata tramite un software specifico di simulazione e quindi verificata con misure puntuali e continue in sottosuolo.

Le condizioni ambientali del sottosuolo sono monitorate in continuo attraverso stazioni di rilevamento dei valori di velocità dell'aria, del monossido di carbonio (CO), del biossido di carbonio (CO₂), del metano (CH₄), degli ossidi di azoto (NO_x) e della temperatura, collocate nei nodi del circuito di ventilazione e inviati ad una stazione di telecontrollo in superficie, presidiata 24 ore su 24 e 365 giorni all'anno.

1.2 Il metodo di coltivazione a lunga fronte (long wall)

I pannelli di coltivazione hanno dimensioni di 200 m di larghezza, 800 m di lunghezza e 3 m medi di altezza, pari ad un volume di 480.000 mc da cui si ricavano circa 450.000 ton di carbone mercantile. Il metodo di taglio è quello della lunga fronte (long wall) con franamento del tetto dietro il sistema di armamento marciante che segue lo spoglio dello strato di carbone.

L'area franata dietro l'armamento marciante (retrotaglio) può essere sede dei complessi fenomeni di ossidazione del carbone e dei materiali carboniosi che vi si depositano, fenomeni che in taluni casi rallentano l'attività di spoglio (forte produzione di CO, CO₂, CH₄) e, per fortuna più raramente, possono portare alla perdita del pannello e delle attrezzature (autocombustione con sviluppo di elevate temperature e fiamma) [1].

Molto più raro è il caso dell'autocombustione nelle gallerie di collegamento, che può verificarsi in caso di consistenti sgrottamenti a tetto, non opportunamente sigillati, dove la circolazione d'aria è tale da sviluppare la forte ossidazione del carbone, ma non tale da smaltire la conseguente produzione di calore.

2. IL FENOMENO DELL'AUTOCOMBUSTIONE NELLE MINIERE DI CARBONE

L'autoriscaldamento del carbone, conseguenza tecnica della sua ossidazione atmosferica e precursore della combustione spontanea, ha sempre comportato seri problemi di sicurezza nella produzione e nella manipolazione di questa importante fonte energetica.

In circostanze favorevoli il carbone può raggiungere la temperatura di autocombustione e dar luogo alla combustione spontanea. L'autoriscaldamento, nella sua globalità, è influenzato da svariati fattori, i quali possono essere raggruppati in due categorie: fattori intrinseci (proprietà presenti nel carbone) e fattori estrinseci (condizioni ambientali, modalità di deposito, ecc.). [2]

Come misure preventive è particolarmente importante il monitoraggio dei parametri ambientali, con riferimento ai valori della temperatura, del CO, del CO₂ e della portata d'aria.

L'osservazione dei valori, in particolare del CO e del CO₂ in assoluto e correlati fra loro e con l'ossigeno e l'azoto, o meglio l'osservazione delle loro variazioni, consente di capire rapidamente se si è o meno in presenza di un fenomeno di autocombustione e di apprezzarne le dimensioni. [3]

L'osservazione di una crescita tendenziale del CO, anche lieve, deve portare ad una intensificazione delle osservazioni ed alla adozione di misure operative tese a ridurre al minimo la circolazione di aria in retrotaglio.

Una buona pratica, sperimentata positivamente nel recente taglio, è quella di tenere in soggezione di azoto il retrotaglio, insufflandovi, attraverso una tubazione lasciata in frana, portate di azoto al 97% di circa 700 mc/h. Tale misura permette infatti di ottenere due importanti risultati: il primo di creare un ambiente senza comburente, il secondo quello di determinare una leggera sovrappressione che impedisce l'ingresso di nuovo ossigeno.

Di seguito vengono descritte le tecniche di intervento adottate nel caso di autocombustioni del carbone.

3. LE TECNICHE DI INTERVENTO

Nella miniera di Monte Sinni si sono fatte negli ultimi quindici anni, diverse esperienze interessanti di lotta agli incendi con l'impiego dell'azoto.

Si tratta di esperienze uniche in Italia e particolarmente significative anche in rapporto a quanto in proposito si è fatto e si fa nel mondo. Considerata la facile infiammabilità del carbone Sulcis, la Carbosulcis ha ritenuto necessario di dotarsi da tempo di mezzi appropriati per combattere le autocombustioni del carbone.

Il primo importante provvedimento è stato quello di dotare la miniera di un impianto di produzione di azoto gassoso in grado di erogare 800 mc/h di azoto al 99% di purezza. In caso di necessità tale portata può essere raddoppiata tramite un evaporatore collegato ad un serbatoio di 25000 litri alimentato con azoto liquido approvigionato con autocisterne dalla Air Liquide Sardegna (impianti di Sarroch). I cantieri in sottosuolo sono collegati all'impianto con un sistema di tubazioni fisse e mobili.

Si è ricorso all'utilizzo dell'azoto già nel mese di settembre 1989, quando nella coltivazione sperimentale di Seruci, a causa di una perdita nella tenuta del pilastro di separazione tra galleria di base e la zona della frana, si sono verificate alcune infiltrazioni d'aria che hanno dato luogo ad un fenomeno di autocombustione.

In linea di massima le tecniche di intervento comprendono le seguenti fasi:

- Blocco della ventilazione nella zona interessata dall'autocombustione;
- Costruzione di diaframmi di emergenza per delimitare la zona interessata dalla combustione ed impedire l'afflusso di ulteriore ossigeno;
- Iniezioni di azoto;
- Intervento delle squadre di salvataggio per il posizionamento dei materiali, per la costruzione dei diaframmi e di quant'altro necessario;
- Monitoraggio continuo dei parametri caratteristici della combustione quali la temperatura, le concentrazioni di CO e di CO₂, ecc.

Di seguito si espone, a titolo di esempio, un recente intervento di estinzione a seguito dell'autocombustione verificatasi nel pannello di spoglio denominato W1 nel periodo compreso fra il mese di Aprile e di Dicembre 1999.

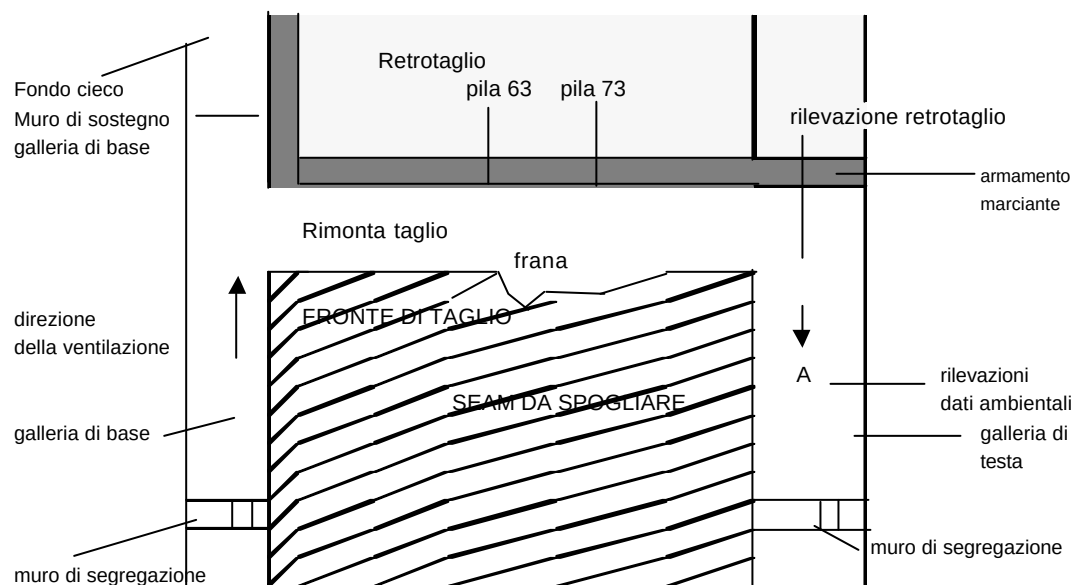
3.1 Descrizione dell'emergenza

L'autocombustione si manifesta dopo lo spoglio di circa 700 m di pannello ed è determinata dal verificarsi contemporaneo di diversi fenomeni non previsti (e non prevedibili nella loro contemporaneità) riassumibili come segue:

- circolazione d'aria in retrotaglio prima in una direzione e poi in quella opposta a causa della variazione del centro di depressione dovuto ad una modifica del circuito di ventilazione;
- presenza di una frana nella fronte del taglio che non ne consente l'avanzamento;
- mancanza di energia elettrica per un periodo di tempo lungo con ripresa a singhiozzo del sistema di ventilazione.

Vediamo come si manifesta il fenomeno attraverso la lettura dei dati ambientali con riferimento ai punti di prelievo indicati in Fig. 1.

Figura 1. Rappresentazione del fronte del taglio



In condizioni ordinarie i dati ambientali hanno valori del tipo di quelli indicati in Tab.1 e riferiti nella fattispecie al periodo Gennaio - Aprile 1999, letti nel punto A di Fig.1.

Mese	Temperatura °C	O ₂ %	CO ppm	CH ₄ %
Gennaio	26	20,8	6	0
Febbraio	23	20,8	6	0
Marzo	27	20,8	6	0
Aprile	26	20,8	6	0

Tabella 1. Valori ambientali in condizioni ordinarie

Con riferimento alla portata d'aria Q in rimonta taglio (vedi Fig. 1.) di 9 mc/sec, la produzione di monossido di carbonio in condizioni ordinarie, espressa in litri al minuto, è pari a:

$$CO = CO \text{ (ppm)} * Q / 1000$$

$$\text{ossia } CO = 6 \times 540 / 1000 = 3,24 \text{ l/min}$$

che può essere considerato il “valore di fondo” di sviluppo di CO in fase di spoglio.

La Tabella 2 indica alcuni dati sull'evoluzione del fenomeno nel mese di Maggio 1999.

	CO ppm	CO ₂ %	C ₂ H ₄ %	O ₂ %	CH ₄ %
giorno 17-ora 7.45	2000	2	100	19,3	0,3
11,45	1000	1	60	19,4	0,2
14,50	100	0,5	0	19,3	0,2
16,12	1300	1	20	14,4	17
18,10	1000	1,5	20	14,6	14
19,50	1200	1	100	15,5	12
20,20	1500	1	100	16	13
giorno 18-ora 1.45	1000	1	100	16	0,2
5,00	1200	1,5	50	14,7	0,4
8,00	1000	1	50	15,6	0,7
11,30	3000	1,5	60	15,5	0,7
20,30	2700	1	40	14,9	0,6
giorno 19 ora-3.50	2500	1,5	30	15	0,6
17,00	2800	1	100	16,6	0
20,20	3000	0,7	75	16,2	0,5
giorno 20- ora 17.00	2000	1	150	16,3	0
21,30	2300	1	120	16,2	0
giorno 21 ore 16,30	3000	1	50	16,4	2,6
giorno 22 ore 4.00	300	1		19,4	1,4
17,00	30	0,2	0	19,9	0
21,00	400	0,4	0	18,8	0
giorno 23-ora 2.00	1500	1,5	tr	17,6	1,4
10,10	800	1,5	tracce	10,6	0,1
17,30	2000	5	50	9,9	0,1
22,00	2500	6	50	6,8	2
giorno 24-ore 3.00	1500	0,7	80	7,1	0,5
10,00	1000	2	tracce	6,7	0,1
15,00	3000	4	50	6,8	0,1
21,00	1000	2	30	5	1,2

Tabella 2. Valori ambientali nel mese di maggio

Dal 16 Maggio si è iniziato a erogare azoto con portate intorno ai 1000 mc/h; dal 24 maggio il cantiere è stato completamente segregato attraverso i muri in galleria di testa e di base realizzati nelle posizioni indicate in Fig.1.

Nei diaframmi di segregazione sono stati lasciati soltanto i passi d'uomo per consentire l'accesso delle squadre di salvataggio e i condotti per il prelievo dei valori ambientali relativi all'area segregata.

Dopo la segregazione, ed in costanza di erogazione di azoto con portate medie di circa 1500 mc/h, l'autocombustione è andata progressivamente scemando fino ad ottenere i valori di riapertura dell'area segregata, avvenuta il 9 Luglio, indicati nella Tabella 3.

	CO _{ppm}	CO ₂ %	C ₂ H ₄ %	O ₂ %	CH ₄ %
Retrotaglio	7	2,3	0	0,3	0,79
Pila 63	9	2,7	0	0,2	0,68
Pila 73	7	3,7	0	0,3	0,86

Tabella 3. Valori ambientali dopo la riapertura dell'area

3.2 Operazioni durante la fase di segregazione

E' noto che nonostante l'assenza di ossigeno e la saturazione in azoto l'autocombustione non viene spenta, ma solo "addormentata".

In effetti dobbiamo pensare che la combustione non avviene in maniera diffusa in tutto il retrotaglio, ma interessa piccole zolle di carbone e rocce carboniose, fenomeno che via via, se non viene contrastato, si espande con una reazione che diventa sempre più veloce e irreversibile con l'aumento della temperatura, fino alla sua completa irreversibilità.

Questo spiega la presenza di valori differenti delle emissioni di gas nei diversi punti del retrotaglio: dove i valori misurati sono più alti, presumibilmente siamo in vicinanza di una zolla in combustione.

Occorre spegnere quei focolai per evitare che alla riapertura del cantiere, operazione necessaria per recuperare le attrezzature o per procedere con lo spoglio del pannello, si inneschi l'autocombustione.

Allo scopo, con cantiere segregato, si infilano nel retrotaglio, negli spazi fra una pila e quella adiacente, tubi da 1" lunghi dai 6 ai 10 m attraverso i quali si insuffla azoto direttamente sui punti dove maggiore è l'attività di emissione di gas. Con lo stesso criterio vengono predisposti tubi da 2" per l'iniezione di malt e cementizie pompate con acceleranti per cercare di soffocare definitivamente i focolai individuati.

Si cerca inoltre di realizzare la massima impermeabilizzazione fra il retrotaglio e la rimonta attraverso l'iniezione di resine a forte espansione negli spazi fra le pile.

Il successo dell'operazione è fortemente condizionato dalla corretta predisposizione delle misure su descritte e questo spiega l'importanza di avere squadre di minatori addestrati ad intervenire in situazioni di assenza totale di ossigeno, di scarsa visibilità e di alte temperature.

3.3 Operazioni dopo la riapertura

Con la riapertura del cantiere, che prima avviene con l'apertura dei soli portelloni dei passi d'uomo nei muri in galleria di base e di testa, si ventila la rimonta fino ad avere valori ambientali in cui sia possibile operare con la massima sicurezza per la ripresa delle operazioni di superamento della frana, smontaggio delle attrezzature, ecc.

Viene aumentata l'erogazione di azoto in retrotaglio attraverso i tubi infilati precedentemente e quelli nuovi che si rendessero necessari, con portate fino a 4500 mc/h. In questo modo si realizza un ambiente in leggera sovrappressione saturo di gas inerte, in modo da evitare il più possibile l'ingresso di aria che farebbe riprendere in breve tempo l'autocombustione.

Le portate d'aria in rimonta consentono di realizzare un ambiente idoneo all'operatività delle squadre dei minatori senza l'utilizzo degli autorespiratori. Tuttavia tutti gli addetti sono dotati di attrezzature idonee a superare situazioni di assenza di ossigeno o di presenza di gas tossici e ad evacuare il cantiere in tempi sufficientemente rapidi.

L'operazione di smontaggio delle attrezzature si è conclusa con successo e senza infortuni.

4. LE SQUADRE DI SALVATAGGIO NELLA MINIERA DI MONTE SINNI

Il D.P.R.128, del 9/4/59, all'art. 528, per le miniere classificate per gas infiammabili, tossici o altrimenti nocivi, prescrive la costituzione di Squadre di Salvataggio.

La formazione di queste strutture, non consente solamente il rispetto della normativa vigente, ma fornisce anche la garanzia di disporre di un gruppo in possesso di particolare preparazione fisica e tecnica, in grado di intervenire con immediatezza, ordine e competenza, secondo schemi d'intervento predisposti per fronteggiare situazioni di emergenza prevedibili, anche in situazioni di tipo non minerario.

La Squadra di Salvataggio viene impiegata per il soccorso e il salvataggio di uomini, la conservazione degli impianti, in caso di incendi e altri accadimenti che rendano l'ambiente altamente dannoso per la presenza di gas pericolosi o per l'impoverimento di ossigeno.

In occasione di un grosso incendio boschivo, i cui fumi hanno interessato una parte della città di Iglesias, la squadra di emergenza della Carbosulcis ha operato il salvataggio di persone rimaste bloccate all'interno delle abitazioni.

4.1 I componenti della squadra.

I componenti della squadra, sono dei lavoratori con un buon contenuto professionale, che prestano la loro opera volontariamente, organizzati in turni di reperibilità, sempre pronti ad intervenire, eventualmente con l'ausilio dell'autoprotettore, in tutte le condizioni di emergenza che dovessero verificarsi.

I componenti della squadra, inoltre, proprio per la loro formazione approfondita sulle tematiche di sicurezza, costituiscono uno strumento importante per la prevenzione, aiutando attraverso l'azione quotidiana, la crescita e la formazione alla sicurezza del resto del personale.

I componenti devono essere in possesso di idonei requisiti fisici e professionali; una visita medica annuale ed in ogni caso dopo una malattia grave o infortunio, permette di accertare le perfette condizioni fisiche.

L'idoneità fisica per far parte della Squadra di Salvataggio viene rilasciata dal Servizio Sanitario Aziendale, dopo particolari test psico-fisici.

L'età deve essere compresa fra i 24 e i 50 anni, aver prestato la propria attività lavorativa almeno un anno in sottosuolo, aver frequentato un corso formativo di base teorico - pratico, risiedere preferibilmente in zone non eccessivamente distanti dalla miniera.

4.2 La formazione

La formazione dei componenti della Squadra di Salvataggio è suddivisa in due parti:

- formazione di base per gli aspiranti;
- formazione ed esercitazioni per gli effettivi;

La formazione di base (formazione per gli aspiranti), è la preparazione che viene data al componente prima dell'inserimento nella squadra.

Il D.P.R. 128, del 9.4. 1959, art. 537, prevede per i componenti della Squadra di Salvataggio, 12 esercitazioni all'anno (una al mese); considerando però che la squadra è per l'azienda una struttura indispensabile, la formazione dei componenti continua oltre la fase svolta dagli aspiranti.

Vengono perciò effettuate, nell'arco di ogni mese, sedute di formazione teorica ed esercitazioni pratiche, con l'obiettivo di incrementare e migliorare la professionalità di ogni singolo componente e quindi della squadra. Ogni esercitazione pratica viene scrupolosamente eseguita con l'impiego dell'autoprotettore, occupa 4 ore e prevede lo sviluppo di alcune delle seguenti prove:

- percorso variabile di 6 km con estremo grado di difficoltà, con passaggi in punti particolarmente disagiati, della durata di almeno 2 ore;
- percorso di media difficoltà in abiti antifiama, della durata di 90 minuti;
- percorso di 5 Km, nella sala di esercitazione, all'esterno e in miniera, con variazione di clima, alta temperatura e umidità, della durata di 2 ore ;
- percorsi di 5 Km con variazione di clima e utilizzo dei sistemi di raffreddamento dell'autoprotettore, della durata di 2 ore;
- esercitazione in sottosuolo della durata di almeno 4 ore, con 2 turni di pausa di circa 10 minuti;
- percorsi con attraversamento di aree che simulino gallerie con vie particolarmente strette, franamenti, incluso passaggio attraverso tubi;
- esercizi particolari, abbassare e sollevare con l'aiuto di una fune e puleggia, per l'altezza di 1 m, un peso di 25 kg;
- trasporto di barelle cariche;
- posizionamento armature;
- recupero infortunati usando appropriati mezzi di rianimazione;
- stesura e utilizzo di dispositivi di comunicazione;
- utilizzo di strumenti per il rilevamento delle condizioni ambientali e il campionamento dei gas;
- utilizzo dei sistemi di estinzione incendi;
- costruzione e rimozione di sbarramenti;
- soccorso a componenti della squadra con particolari difficoltà;
- preparazione di un campo base e attivazione della comunicazione;
- operazioni di recupero di infortunati;
- prove di attraversamento in zone dove il passaggio con l'autoprotettore sulle spalle risulta di estrema difficoltà;

Una volta all'anno, oltre alle esercitazioni ed alla formazione, viene simulata un'operazione di intervento senza preavviso. I componenti della squadra messi in allarme (reperibili) devono raggiungere il Centro Operativo di Emergenza prima possibile, massimo entro 60 minuti dall'allarme.

L'elenco completo della Squadra di Salvataggio di reperibilità, deve essere esposto in tutti gli albi indicati dall'azienda, all'inizio di ogni settimana.

4.3 Composizione della Squadra di Salvataggio e strutture di supporto

Tutti gli elementi compreso il Capo Servizio, compongono la Squadra di Salvataggio.

Il numero minimo dei componenti della Squadra viene stabilito dal D.P.R. 128, del 9.4.1959, art.531 che indica un componente per ogni 25 addetti ai lavori in sottosuolo, nel turno più numeroso.

L'organigramma è il seguente:

Capo Servizio (Vice)			
Gruppo A	Gruppo B	Gruppo C	Gruppo D
2 Capigruppo	2 Capigruppo	2 Capigruppo	2 Capigruppo
5 operai	5 operai	5 operai	5 operai

I componenti sono suddivisi in modo equo nei vari turni di lavoro, per permettere che in caso di emergenza un gruppo possa essere immediatamente operativo.

Nei giorni non lavorativi sarà reperibile un gruppo di 12 componenti e un addetto per il Centro Operativo di Emergenza.

Le strutture di supporto alla Squadra di Salvataggio sono costituite dal Reparto Controlli Ambientali e dalla Sala Telecontrollo.

Il reparto "Controlli Ambientali Miniera" ha il compito di:

- gestire il Centro Operativo di Emergenza;
- eseguire l'addestramento teorico - pratico di tutti i componenti della Squadra, curare gli aspetti logistici e organizzativi, sia in caso di esercitazioni che di interventi;
- verificare costantemente che l'equipaggiamento, le attrezzature e i materiali siano sempre efficienti e conservati adeguatamente all'uso;
- eseguire la manutenzione e la verifica degli autoprotettori e degli autosalvatori, in dotazione;
- compilare e aggiornare i vari registri che riguardano tutta l'attività della Squadra;
- compilare e aggiornare l'elenco completo dei componenti della squadra, la ripartizione nei gruppi e, per ciascuno, una scheda dove vengono riportati i dati anagrafici, il numero telefonico, il reparto di appartenenza, il ruolo aziendale e la specializzazione.

Dalla Sala Telecontrollo, presidiata permanentemente, è possibile controllare tutti i dati ambientali del sottosuolo. Da questa struttura vengono coordinate tutte le operazioni di emergenza con o senza l'intervento della Squadra di Salvataggio.

4.4 Apparecchiature e attrezzature in dotazione alla Squadra di Salvataggio

Nel Centro Operativo di Emergenza devono essere disponibili, perfettamente funzionanti e pronte all'uso le seguenti attrezzature e materiali:

- n° 40 apparecchi autoprotettori BG 174 (ciclo chiuso ad ossigeno), autonomia 4 ore;
- n° 10 apparecchi autosalvatori OXY K30 (ciclo chiuso a produzione di ossigeno chimico), autonomia 1 ora;
- n° 10 indumenti antifiama;
- n° 10 badili, 10 picconi, 10 raminette, 10 seghe, 10 martelli strappachiodi;
- n° 3 metanometri;
- n° 3 rilevatori di gas (ossigeno, ossido di carbonio, anidride carbonica, etilene)
- n° 3 rilevatori di gas con fialette colorimetriche;
- n° 10 Kg di chiodi di varie misure;
- n° 10 Kg di filo di ferro cotto da mm2;
- n° 5 apparati fonici posizionati sul facciale dell'autoprotettore per comunicazione continua durante un intervento;
- m 200 di cavo telefonico da utilizzare con telefoni autogeneratori;
- m 100 di corda in canapa da mm 20,
- m 300 di tubazione flessibile per ventilazione;
- n° 60 cartucce (calce sodata) per autoprotettori BG 174;
- n° 60 bombole da 2 litri di ossigeno terapeutico, per autoprotettori BG 174;
- n° 10 tronchesine;
- n° 10 pinze;
- n° 2 motoseghe funzionanti ad aria compressa;

n° 2 perforatrici funzionanti ad aria compressa;
Bits e aste di perforazione per invio azoto e cemento;
Kit Pronto Soccorso;

4.5 Intervento della Squadra di Salvataggio

Al manifestarsi di avvenimenti di carattere eccezionale che possono comportare un pericolo per le persone, per gli impianti e le attrezzature sia in sottosuolo che all'esterno, o potenzialmente tali, viene messa in allarme la Squadra di Salvataggio. La conduzione delle operazioni avviene dalla Sala Telecontrollo, ed è coordinata dal Responsabile della Squadra di Salvataggio o da un suo sostituto.

In caso di situazioni particolari, il compito di Coordinatore può essere affidato dalla Direzione Aziendale ad altra persona.

Nella sede operativa (Centro Operativo di Emergenza) dove sono convocati tutti i componenti della squadra, il Responsabile illustra la situazione di pericolo che ha comportato l'allarme e la tipologia dell'intervento che si intende effettuare. Il Responsabile impartisce le istruzioni dettagliate ai Capigruppo che devono coordinare le operazioni in sottosuolo.

Il Capogruppo, prima della discesa in sottosuolo, deve assicurarsi che i componenti siano in condizioni di salute soddisfacenti, che abbiano l'equipaggiamento necessario e abiti appropriati, che abbiano tutti i materiali indispensabili per l'intervento; deve inoltre accertarsi della pressione dei dispositivi di protezione (autoprotettori – autosalvatori) dei singoli componenti.

Il capogruppo deve suddividere i componenti in gruppi di intervento, che saranno guidati da uno stesso capogruppo. Il gruppo in intervento è costituito da un numero minimo di 5 componenti, il capogruppo e 4 operatori, scelti per la loro specializzazione, in riferimento alla tipologia dell'intervento. Accompagnatori occasionali, come personale appartenenti alla struttura di controllo della miniera o componenti speciali, non vengono inclusi nel conteggio della composizione del gruppo.

Il Capo Servizio della Squadra di Salvataggio dopo aver valutato le condizioni del luogo dove si deve operare ed essersi consultato con il capogruppo, può decidere di operare con un gruppo ridotto nel quale in ogni caso ci deve essere sempre un capogruppo.

Raggiunta la zona indicata, il capogruppo responsabile nel campo base deve:

- stabilire il campo base, che sia opportunamente situato, che vengano garantite idonee comunicazioni (via telefono o in altro modo), che sia in situazione ambientale ottimale;
- attivare la comunicazione telefonica con la sala di telecontrollo, dove coordina il Responsabile della Squadra di Salvataggio
- assicurarsi che i dispositivi impiegati, inclusi gli autoprotettori, i dispositivi di rianimazione, di pronto soccorso e barella siano efficienti;
- condurre una riunione con i gruppi di intervento prima e dopo l'intervento, evidenziando i tempi di intervento.
- assicurarsi che il capogruppo in intervento non proceda con le operazioni senza un piano aggiornato di evacuazione.
- assicurarsi che il gruppo di supporto, sia in grado di essere operativo nel più breve tempo possibile; salvo il caso di pericolo di vita, questo gruppo non deve essere impiegato in altra attività;
- assicurarsi che eventuali infortunati ricevano il primo soccorso e siano trasportati fuori dalla miniera;
- durante la fase operativa, tenere la comunicazione continua con il gruppo in intervento, attraverso gli apparati fonici;

Il capogruppo, durante l'intervento deve:

- effettuare il controllo e registrare la pressione degli autoprotettori dei componenti il gruppo almeno ogni 15 minuti, in caso di problemi fare ritorno al campo base;
- eseguire il controllo dell'umidità, se necessario ridurre i tempi delle operazioni;
- verificare che la via del ritorno sia chiaramente segnalata ed eventuali diramazioni sbarrate, usare eventualmente un filo guida;
- verificare che tutti i membri della squadra lavorino in gruppo, tranne che in caso di pericolo di vita;
- verificare la situazione ambientale con strumenti idonei a lettura diretta;
- verificare affinché i membri del gruppo non tentino di entrare dove lo spazio per entrare con l'autoprotettore non è sufficiente;
- verificare affinché eventuali infortunati ricevano immediato soccorso e che il gruppo rientri immediatamente al campo base;
- osservare e annotare ogni evento rilevante relativo ad incidenti, incluse le condizioni del percorso.

Dopo l'intervento deve:

- relazionare dettagliatamente al capogruppo responsabile del campo base, sull'andamento dell'intervento;
- fornire al capogruppo che gli succede nelle operazioni, le informazioni necessarie al proseguimento degli interventi;

La durata degli interventi con l'ausilio degli autoprotettori ad ossigeno è in generale di 2 ore, nel caso d'uso degli indumenti ininfiammabili, di 90 minuti;

Quando si raggiungono i valori climatici stabiliti e riportati su apposita tabella, i tempi di intervento vengono ridotti in proporzione, in casi particolari viene stabilito anche il tipo di vestiario da indossare.

Per interventi particolari in zone con poco movimento d'aria (lavori in rimonta e pozzi ciechi), il normale tempo di intervento può essere accorciato anche se non previsto in tabella.

Dopo ogni intervento viene effettuata una pausa almeno pari alla durata dell'intervento effettuato.

4.6 Equipaggiamento della Squadra di Salvataggio

Per operare in ambienti irrespirabili in cui l'aria è inquinata da gas tossici, nocivi, infiammabili, o caratterizzata da basso tenore di ossigeno, è assegnato in dotazione alla squadra di Salvataggio l'autoprotettore Drager mod. BG 174 ad ossigeno.

Tale apparecchio rende l'operatore completamente indipendente dall'aria circostante, permettendo di prestare soccorso ad eventuali infortunati o di effettuare interventi tecnici in zone dove l'atmosfera è irrespirabile.

L'autoprotettore BG 174 è particolarmente indicato per i servizi antincendio e per il salvataggio nell'industria mineraria.

È un apparecchio leggero, ma robusto e resistente, quindi permette che gli interventi possano essere effettuati con il minimo impedimento e senza doversi preoccupare troppo di eventuali urti.

L'autoprotettore BG 174 è un apparecchio a circuito chiuso con rigenerazione dell'aria espirata, che viene depurata dall'anidride carbonica tramite una cartuccia di calce sodata, e quindi inviata in un sacco polmone.

L'ossigeno consumato durante la respirazione è reintegrato da quello contenuto nella bombola ed è erogato a 1,5 l/m. Qualora il fabbisogno di ossigeno fosse maggiore (lavoro pesante), entra in funzione una valvola a domanda che eroga la quantità supplementare di ossigeno necessaria.

Il componente della Squadra di Salvataggio, quando è in intervento, oltre l'autoprotettore BG 174 deve portare sempre anche un autosalvatore a produzione di ossigeno chimico, da utilizzare per la fuga, in caso di mancato funzionamento dell'autoprotettore BG 174.

L'autosalvatore di emergenza in dotazione è del tipo Drager mod. OXY K30. E' un autosalvatore autonomo, a circuito chiuso, che presenta la particolarità per cui l'ossigeno necessario per la respirazione si autogenera chimicamente a seguito della reazione fra l'anidride carbonica e l'umidità, in presenza di uno speciale composto chimico (superossido di potassio KO_2).

Questa apparecchiatura si è rivelata molto utile durante gli interventi in emergenza e, una volta, ha consentito di salvare la vita di uno dei componenti la squadra a cui si era guastato l'autoprotettore BG 174.

In interventi dove le condizioni ambientali sono al limite della sopportabilità, soprattutto a causa dell'eccessiva temperatura, e per evitare esposizioni che possono portare a problemi fisici, talvolta anche irreparabili, si ha inoltre la possibilità di disporre di giubbotti refrigeranti (panciotti), opportunamente confezionati, forniti di particolari tasche distribuite in tutti le parti dell'indumento, dove possono essere alloggiati dei sacchetti riempiti con acqua (in genere si usano i contenitori d'acqua potabile a corredo delle zattere di salvataggio della nautica da diporto) preventivamente ghiacciata. Il giubbotto è realizzato senza maniche, di facile adattamento alla vestizione e con chiusure rapide realizzate in velcro.

Durante un intervento a rischio per l'alta temperatura, il giubbotto in oggetto permette il raffreddamento dell'organismo e consente di sopportare meglio gli effetti del calore.

Per il congelamento dell'acqua, che deve essere eseguito immediatamente prima dell'intervento, si utilizza ghiaccio secco prodotto mediante una bombola di CO_2 ed un contenitore in legno in cui vengono alloggiati i contenitori da congelare.

Nella Tabella 4. sono riportati i tempi di intervento con e senza il giubbotto refrigerante, in funzione della temperatura dell'aria e dell'umidità relativa: in corrispondenza di ogni valore di umidità relativa e di temperatura secca, la prima colonna indica il tempo di permanenza senza l'utilizzo di indumenti refrigeranti, mentre la seconda indica il tempo di permanenza con l'impiego di questi indumenti.

Nella Figura 2., infine, è rappresentata la camera di simulazione a fumo dove le squadre di salvataggio della Carbosulcis si sono addestrate per lunghi anni.

TEMPI DI INTERVENTO (min) - Con abiti leggeri senza e con panciotto refrigerante

		Umidità relativa %													
T°	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	T°			
30	95											30			
31	65		80		105			Campo di interventi da 120 min.					31		
32	55	60	60		70		90					32			
33	50	60	50	60	55	60	60		80		110		33		
34	45	60	45	60	50	60	55	60	60		70		34		
35	40	55	40	60	45	60	50	60	50	60	55		35		
36	35	45	35	50	40	55	45	60	45	60	50		36		
37	30	40	35	45	35	50	40	55	40	60	45		37		
38	30	35	30	40	30	45	35	50	40	55	40	60		38	
39	25	30	25	35	30	40	30	40	35	45	35	55	40	39	
40	25	30	25	30	25	35	30	35	30	40	35	50	40	40	
41	20	25	20	25	25	30	20	35	30	35	30	45	35	41	
42	20	20	20	25	20	25	30	25	35	30	40	35	45	42	
43	15	20	20	20	25	20	25	25	30	25	35	25	35	43	
44	15	15	15	20	20	20	20	25	20	30	25	30	35	44	
45	15	15	15	15	15	20	15	20	20	20	25	20	25	45	
46	15	15	15	15	15	15	20	15	20	20	20	25	25	46	
47	10	10	10	15	15	15	15	15	15	20	20	20	25	47	
48					10	15	15	15	15	15	20	20	20	48	
49						10	10	15	15	15	15	20	20	49	
50							10	10	15	15	15	15	20	50	
51								10	10	15	15	15	15	51	
52									10	10	15	15	15	52	
53										10	10	15	15	53	
54											10	15	15	54	
55													15	55	

Temperatura asciutta

Temperatura asciutta (°C)

Misure eseguite con psicrometro

Misure eseguite con psicrometro

Tabella 4. Tempi di intervento con e senza il giubbotto refrigerante

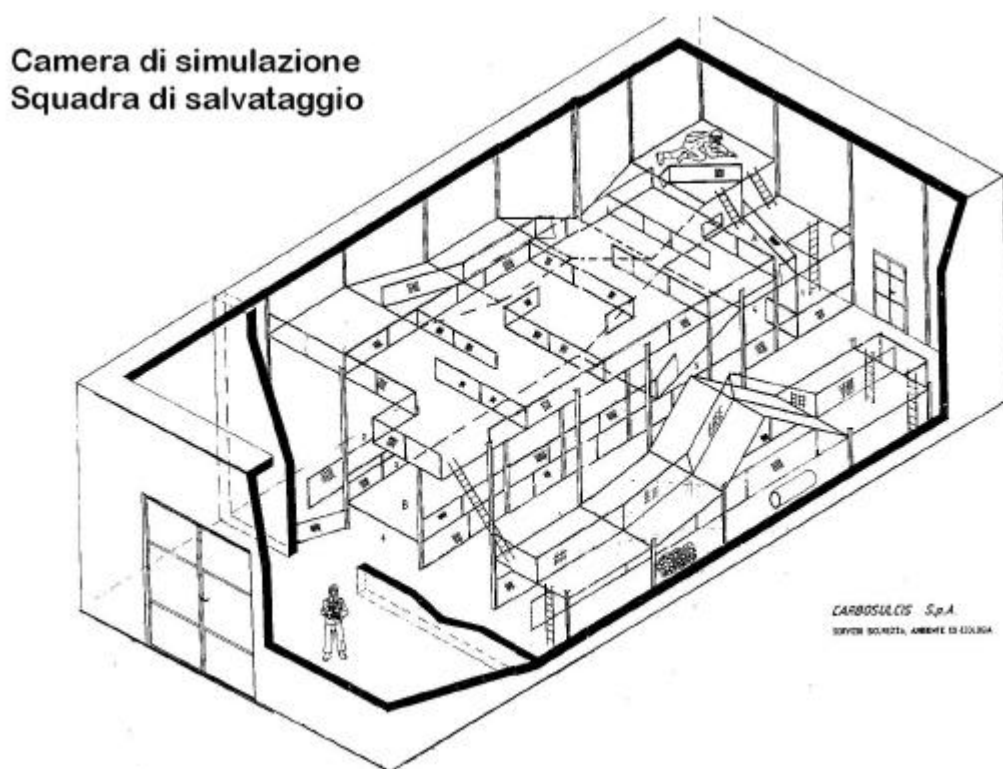


Figura 2. Camera per l'addestramento delle squadre di salvataggio

5. CONCLUSIONI

Gli incendi nelle gallerie stradali e ferroviarie, pur avendo una dinamica completamente differente, presentano, come abbiamo visto, effetti e conseguenze molto simili a quelli delle gallerie minerarie: temperature elevate, ridotta visibilità, basse concentrazioni di ossigeno e produzione di gas tossici e nocivi [4].

In particolare le gallerie minerarie simulano abbastanza fedelmente le condizioni che si realizzano nei tunnel stradali e ferroviari di grande lunghezza, per i quali gli effetti della ventilazione degli imbocchi sono praticamente trascurabili.

L'esperienza dei recenti gravi incidenti ha evidenziato la necessità di adottare un'insieme di provvedimenti che consentano di raggiungere alcuni obiettivi primari, tra i quali:

- la riduzione al minimo della probabilità di incidente in galleria;
- la rapida segnalazione dell'insorgenza dell'incendio;
- la messa in sicurezza delle persone presenti nella galleria;
- il controllo e lo spegnimento dell'incendio.

Il raggiungimento del quarto obiettivo contrasta, talvolta, con la necessità di evacuare rapidamente il tunnel: l'impianto di ventilazione, infatti, deve garantire l'allontanamento rapido dei fumi dell'incendio, al fine di consentire l'agevole percorribilità delle vie di esodo [5]; nel contempo, tuttavia, si fornisce alla combustione una massa di aria fresca tale da incrementare ulteriormente l'incendio, con la conseguenza di dilatare i tempi dello spegnimento [6]. Le 53 ore di tempo necessarie per mettere sotto controllo l'incendio nel tunnel del Monte Bianco, rappresentano un esempio del fatto che occorre meditare attentamente la strategia sul controllo della ventilazione nelle diverse fasi dell'intervento [7].

Tale problema è tanto più grande quanto più lunga è la galleria, come nel caso di alcune gallerie ferroviarie, nelle quali dimensionare gli impianti di ventilazione per controllare un eventuale incendio nel tratto centrale, comporterebbe la realizzazione di canali di sezione enorme, con costi proibitivi. Lo stesso dicasi per il dimensionamento di eventuali impianti idrici antincendio, manuali od automatici, che comporterebbero riserve idriche e sezioni di tubazioni non proponibili.

Occorre pertanto valutare, almeno nei tunnel di grande lunghezza, ipotesi di soluzioni alternative.

Sulla base dell'esperienza mineraria sopra esposta, si potrebbe pensare di controllare l'incendio riducendo la ventilazione fino a zero, una volta avuta la certezza della completa evacuazione della galleria; a questo punto si potrebbe segregare la zona d'innescò con setti o diaframmi appositamente predisposti e saturare il compartimento che si verrebbe a creare con iniezioni di azoto, od altro gas inerte. Il controllo dei parametri caratteristici della combustione (CO, CO₂, ecc.) consentirebbe di verificare l'avvenuta estinzione dell'incendio e quindi di stabilire il momento di riaprire il tratto di tunnel e, conseguentemente, ventilare lo stesso con aria fresca per le fasi di recupero e ripristino.

Altro elemento che si ritiene di poter ricavare dall'esperienza del mondo minerario, è quello relativo all'organizzazione delle squadre di soccorso, che rimane uno dei fattori fondamentali per la riduzione del rischio, insieme ovviamente alle misure di prevenzione e di protezione.

In Italia, come nel resto del mondo, non esistono, attualmente, squadre antincendio con una preparazione specifica per gli incendi in galleria; le stesse squadre che prestano servizio in modo esclusivo e continuativo nei più importanti tunnel stradali, non frequentano una scuola specialistica; lo stesso dicasi per i Vigili del Fuoco del Corpo Nazionale. Un contributo molto prezioso potrebbe, quindi, arrivare dal settore delle miniere di carbone, dove le squadre di salvataggio hanno una formazione ed un addestramento specifico per gli interventi in galleria e sono, inoltre, dotate di attrezzature certamente adeguate per i rischi relativi: parliamo, ad esempio, degli autorespiratori ad ossigeno, che sono certamente più indicati nelle gallerie, rispetto agli autorespiratori ad aria compressa, in dotazione alla maggior parte delle squadre antincendio pubbliche e private.

I panciotti refrigerati, infine, rappresentano sicuramente un'interessante novità, che può essere adottata anche nel settore delle infrastrutture civili, per consentire di intervenire, con il necessario confort, in situazioni ambientali nelle quali altrimenti sarebbe impossibile.

Si spera, pertanto, che tutto quanto esposto possa costituire un utile spunto di riflessione per migliorare ulteriormente i risultati finora raggiunti dalla ricerca, nel delicatissimo settore degli incendi in galleria.

RINGRAZIAMENTI

Un doveroso ringraziamento vada alla Soc. Carbosulcis per la cortese collaborazione e per aver messo a disposizione dati ed informazioni relative alla propria organizzazione; un altro ringraziamento vada all'Ing. Roberto Zanardi della Soc. Ansaldo Trasporti di Genova per aver fornito copia degli atti relativi al convegno di Genova del Maggio 2000 sugli incendi in galleria.

ELENCO SIMBOLI ED ABBREVIAZIONI

- art. = articolo;
- kg = chilogrammo;
- km = chilometro;
- l = litro;
- m = metro;
- mc = metro cubo;
- mc/h = metro cubo all'ora;
- min = minuto;
- mq = metro quadrato;
- ppm = parti per milione;
- sec = secondo;
- ton = tonnellata.

BIBLIOGRAFIA

- [1] W. Hermülheim, Klaus – Dieter Bech, Inertization as means for reducing down time and the explosion risk in cases of spontaneous combustion, Proceedings of the 6th international mine ventilation congress (1998).
- [2] G. Pinelli, Autoriscaldamento e combustione spontanea del carbone: cause e rimedi, La rivista dei Combustibili, Vol. 54, fascicolo 2 (marzo-aprile 2000).
- [3] L. Vielledent, Memento sur le feux et incendies dans les exploitations souterraines, Les Techniques, Industrie Minerale, Mines et carrieres, 4-87, volume 69 (avril 1987).
- [4] L. Mazziotti, Quando la galleria si riempie di fumo : un problema attuale, Antincendio (Marzo 2000).
- [5] G. Colla, R. Zanardi, Incendi in galleria : un sistema integrato per viaggiare sicuri, Antincendio (Maggio 2001).
- [6] G. Colla, R. Zanardi, Come garantire sicurezza ed affidabilità nei sottopassi e nelle gallerie, Antincendio (Settembre 2000).
- [7] F. Cuaz, Considerazioni sulla sicurezza nelle gallerie stradali, Convegno di Genova (Maggio 2001).