



CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

---

**LINEE GUIDA**

**SCAVI IN SOTTERRANEO  
CON METODO A PIENA SEZIONE  
E TECNICA TRADIZIONALE  
IN TERRENI GRISUTOSI**

*Luglio 2014*

Il documento contiene indicazioni per la progettazione e l'esecuzione in sicurezza di scavi in sotterraneo in terreni potenzialmente soggetti ad emissioni di metano e quindi interessati al pericolo di esplosione di miscele aria – metano.

## **PREMESSA**

Queste linee guida sono state redatte dal gruppo di lavoro Grandi Opere del Coordinamento Tecnico Interregionale PSAL delle Regioni e delle Province Autonome. Alla redazione hanno contribuito anche operatori dei Servizi PSAL delle Regioni rappresentate nel gruppo di lavoro, e l'Ordinario di Ingegneria Mineraria del DICAM – Scuola di Ingegneria – Università di Bologna.

Il documento è stato ratificato dal Coordinamento Tecnico Interregionale della Prevenzione nei luoghi di lavoro e approvato dalla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano (D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., art. 2, lettera z).

## **0. INTRODUZIONE**

La Direttiva 1999/92/CE, per la prevenzione e la protezione dall'esplosione in ambiente industriale, non è rivolta ai lavori in sotterraneo ove è presente o si prevede che possa venire a determinarsi un'atmosfera esplosiva. Per contro, il legislatore italiano l'ha recepita (D.Lgs. 233/03) estendendo il campo di applicazione a tale fattispecie. L'estensione, ripresa successivamente dal D.Lgs. 81/08, ha portato all'abrogazione del Capo X del D.P.R. 320/56.

Questa scelta, se da una parte ha permesso di superare una normativa per certi versi anacronistica ed inadeguata, d'altro canto ha dato origine ad una serie di problemi applicativi in quanto le modalità di definizione del rischio, proprie dell'industria, non sono applicabili al contesto dei lavori in sotterraneo.

Il sistema di classificazione tecnica del sotterraneo, introdotto dalla presente Linea Guida, individua, con riferimento alle dimensioni del cantiere sotterraneo, al metodo, alla tecnica ed all'organizzazione dello scavo, le problematiche in materia di igiene e sicurezza del lavoro proponendo soluzioni tecniche ed organizzative, legate alla presumibile presenza di miscele metano – aria ed al potenziale innesco della loro esplosione, in tratti di galleria realizzati con tecnica tradizionale, a piena sezione e di grande diametro.

Il sistema di classificazione non si limita "sic et simpliciter" a definire la presenza o meno di metano nelle Formazioni Geologiche che interferiscono con lo scavo (una tale classifica sarebbe priva di senso tecnico) ma considera un insieme di parametri, di elementi di giudizio, di fattori tecnici relativi alla realizzazione dello scavo, costituito essenzialmente (ma non solo) da:

- potenziali sorgenti di immissione del metano nel cantiere (trappole strutturali, fratture, contenuto diffuso di metano nei pori della roccia o del terreno, ecc.);
- presunta capacità volumetrica del potenziale serbatoio;

- meccanismi e caratteristiche fisiche del flusso (previsioni riguardanti pressione e portata, qualora il serbatoio sia intercettato o interferisca per connessione idraulica con la galleria in costruzione);
- dimensione del cantiere e sue caratteristiche tecniche (sezione della galleria, ingombri, distanza del rivestimento definitivo dal fronte, sistema di impermeabilizzazione, ecc.);
- metodo di scavo (piena sezione, sezione parzializzata);
- tecnica di scavo (meccanizzata o tradizionale);
- tipologia e posizione nella galleria delle potenziali sorgenti di innesco dell'esplosione.

## 1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Questa Linea Guida é stata redatta per le gallerie di grande sezione di scavo ( $\geq 70 \text{ m}^2$ ), realizzate con metodo a piena sezione e con tecnologia di scavo tradizionale. Nel caso di opere ad esse connesse ma di minore sezione (by pass, finestre, nicchie, ...) e per scavi aventi sezioni medio – piccole o di opere realizzate con metodo a sezione parzializzata occorre definire specifiche soluzioni di ingegneria degli scavi, e di organizzazione del cantiere, procedure e sistemi di controllo che tengano conto delle peculiarità del cantiere.

Questa linea guida non è applicabile nelle gallerie scavate con TBM.

La presente Linea Guida fornisce indicazioni specifiche per la redazione del “Documento sulla protezione dalle esplosioni” previsto dal Titolo XI del D.Lgs. 81/08.

Il contenuto della presente Linea Guida costituisce un riferimento tecnico per il Committente, il Coordinatore alla Sicurezza (in fase di Progettazione ed in fase di Esecuzione) ed il Datore di Lavoro nell’ambito dei rispettivi compiti in materia di sicurezza.

La presente linea guida si occupa dello scavo dell’opera principale e di quelle accessorie ad essa associate, quali le gallerie di penetrazione (comunemente denominate finestre o discenderie), gli allargamenti delle gallerie comunemente chiamati cameroni, le connessioni tra le due canne o carreggiate (by pass). Nel prosieguo verrà utilizzato il termine galleria per tutte le tipologie richiamate.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| D.P.R. n. 126 del 23/03/1998 | “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”   |
| D.P.R. n. 462 del 22/10/2001 | “Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi” |
| D.Lgs. n. 7 del 02/01/1997   | “Recepimento della direttiva 93/15/CEE relativa all'armonizzazione delle disposizioni in materia di  |

immissione sul mercato e controllo degli esplosivi per uso civile”

|  |  |
|--|--|
| D.Lgs. n. 81 del 09/04/2008              | “Attuazione dell’articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” e successive modifiche ed integrazioni  |
| UNI EN 1127-2: 2008                      | “Atmosfere esplosive. Prevenzione dell’esplosione e protezione contro l’esplosione. Parte 2: Concetti fondamentali e metodologia per l’attività in miniera”  |
| UNI EN 1834-2: 2001                      | “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 grisoutose con o senza polveri infiammabili” |
| Norme CEI del Comitato 31 (CEI EN 60079) |  |

### 3. TERMINI, DEFINIZIONI, ABBREVIAZIONI

Nel seguito si adottano termini tecnici ed acronimi il cui significato è qui di seguito definito:

- a. **Addetto al Monitoraggio:** tecnico, funzionalmente dipendente dal Responsabile del Monitoraggio (non appartenente all’organizzazione aziendale per le gallerie di classe 1C e 2), formato ed addestrato sull’esecuzione tecnicamente corretta di misure dello stato fisico dell’aria nei cantieri sotterranei, sui controlli e sul condizionamento della composizione dell’atmosfera in galleria modulando la ventilazione forzata. È capace di valutare il livello di pericolo di esplosione delle miscele aria – metano sulla base di un primo rapido esame dei tenori di gas misurati. È un esperto capace di verificare l’efficienza delle numerose soluzioni adottate, e quindi con una buona conoscenza nei settori informatico, gestione di sistemi di controllo, ecc. Realizza la gestione del rischio interagendo con la direzione di cantiere e mediante controlli eseguiti con strumentazione manuale;
- b. **Ammassi sospetti:** formazioni geologiche rocciose o terrigene che possono contenere serbatoi di metano e, quindi dare luogo ad immissioni di gas nell’atmosfera della galleria, sia se sono direttamente attraversate dagli scavi sia se sono distanti dalla galleria, ma la realizzazione dell’opera induce un collegamento idraulico, tra questa e l’ammasso sospetto;
- c. **Apparecchio (secondo ATEX 4):** macchina, materiale, dispositivo fisso o mobile, organo di comando, strumentazione e sistema di rilevazione e di prevenzione che, da solo od in combinazione con altri apparecchi, è destinato alla produzione, al trasporto, al deposito, alla misurazione, alla regolazione, alla conversione di energia e al trattamento di materiale e che, per via delle sue potenziali sorgenti di innesco, può provocare un’esplosione;

- d. **Assieme** (secondo Linea Guida ATEX 4): combinazione di due o più elementi di apparecchio;
- e. **Atmosfera esplosiva**: miscela aria – metano, in condizioni atmosferiche standard, con tenori di gas compresi entro il campo di esplosione. A seguito dell'innesco, si attiva la reazione di combustione in regime di deflagrazione o di detonazione;
- f. **Atmosfera potenzialmente esplosiva**: miscela aria – metano suscettibile di trasformarsi in atmosfera esplosiva per aumento o diminuzione del tasso di metano in aria;
- g. **Campo di esplosione**: intervallo della concentrazione di metano in aria, compreso tra il limite inferiore ed il limite superiore di esplosività della miscela;
- h. **Classe**: indice di classifica attribuito ad un tratto di galleria oppure all'intera galleria omogenei in relazione al potenziale afflusso ed accumulo di metano nei suddetti tratti ed alla possibilità che si determinino processi di deflagrazione o di detonazione. L'indice di classifica esprime la previsione delle condizioni di flusso di grisù in relazione alla geometria dello scavo ed alle modalità costruttive dell'opera;
- i. **Condizione pericolosa 1**: condizione che corrisponde ad un'atmosfera esplosiva;
- j. **Condizione pericolosa 2**: condizione che corrisponde ad un'atmosfera potenzialmente esplosiva;
- k. **Controllo e manutenzione preventiva del sistema di rilevazione concentrazioni metano ed allarme**: periodico accertamento della completa e corretta funzionalità del sistema ed esecuzione dei necessari interventi; la cadenza dei controlli deve garantire costantemente l'efficienza del sistema;
- l. **Deflagrazione**: combustione subsonica dell'atmosfera esplosiva che si propaga, per conduttività termica, dallo strato combusto incandescente all'adiacente strato "freddo" della miscela che non ha ancora reagito. La reazione è condizionata dalla continuità della miscela esplosiva tra uno strato e l'adiacente;
- m. **Detonazione**: combustione supersonica che si propaga da uno strato di miscela aria – metano a quello adiacente per trasferimento di pressione ad una velocità superiore a quella del suono. La reazione è condizionata dalla continuità della miscela esplosiva tra uno strato e l'adiacente;
- n. **Esplosione**: reazione rapida di ossidazione o decomposizione, che produce un aumento della temperatura, della pressione o di entrambe simultaneamente;
- o. **Flusso di grisù**: qualsiasi entità di gas metano proveniente da ammassi (vicini o lontani dal tracciato) che penetra nel sotterraneo;
- p. **Franco di sicurezza**: segmento di galleria privo di afflussi di metano dal circostante ammasso grisutoso, contiguo ad un tratto di galleria potenzialmente soggetto ad afflussi, nel quale si applicano le procedure di sicurezza della classe 2;

- q. **Galleria**: opera in corso di realizzazione, compresa tra due sezioni a cielo aperto o tra il fronte ed una sezione a cielo aperto, comprendente una successione di tratti di galleria tra loro comunicanti in sotterraneo senza soluzione di continuità, ciascuno identificato con un indice di classifica;
- r. **Gas**: nella presente Linea Guida si fa riferimento unicamente al gas metano. I termini gas, metano, grisù, CH<sub>4</sub> sono utilizzati in modo indifferenziato in quanto considerati sinonimi;
- s. **Grisù**: gas metano contenuto nelle formazioni geologiche;
- t. **Grado di sicurezza e grado di sicurezza equivalente** (art. 1.1.03b Norma CEI 64-2 fasc. 2960C): il grado di sicurezza di un singolo apprestamento di difesa (barriera) indica il suo livello di efficacia contro il manifestarsi di un evento non voluto. Il grado di sicurezza equivalente di più barriere in serie, tra loro indipendenti rispetto a cause comuni di inefficienza, indica il livello di efficacia contro il manifestarsi dell'evento non voluto ed è pari alla somma dei gradi di sicurezza delle singole barriere;
- u. **Ispezione del sistema di rilevazione concentrazioni metano ed allarme**: accertamento che comprende l'esame a vista e l'eventuale esecuzione di prove;
- v. **Limiti di esplosione**: limiti del campo di esplosione della miscela aria – metano;
- w. **Limite inferiore di esplosività (LEL)**: limite inferiore del campo di esplosione della miscela aria – metano;
- x. **Limite superiore di esplosività (UEL)**: limite superiore del campo di esplosione della miscela aria - metano;
- y. **Manutenzione per guasto**: insieme di operazioni messe in atto a seguito del rilevamento di un guasto ed eseguite al fine di ripristinare la corretta funzionalità del sistema;
- z. **Marino**: roccia o terreno disgregato nella operazione di scavo;
- aa. **Procedura “Gas free”**: procedura posta in capo al Responsabile del Monitoraggio che permette di autorizzare l'impiego di attrezzature comprendenti sorgenti di calore o che sviluppano temperature pericolose e/o che producono fiamme e/o scintille. L'autorizzazione è basata sulla preventiva verifica dell'assenza di miscela aria – metano e di azioni che possano generare afflussi di metano verso il volume interessato dai lavori. La procedura “Gas Free” si concretizza con l'emissione di un documento a firma del Responsabile del Monitoraggio consegnato al Preposto ai lavori;
- bb. **Protezione contro le esplosioni delle miscele aria – grisù**: attrezzature, dispositivi, procedure destinate alla prevenzione dell'esplosione e alla protezione dall'esplosione in galleria;
- cc. **Responsabile del Monitoraggio gas**: laureato, preferibilmente in discipline ingegneristiche, iscritto all'Albo professionale, non appartenente all'organizzazione aziendale, designato dall'impresa affidataria. Ha esperienza documentata nella

progettazione e realizzazione di misure e controlli della composizione e dello stato fisico dell'atmosfera nei cantieri in sotterraneo e nella progettazione, realizzazione e controllo di circuiti di ventilazione, Ha esperienza nel trattamento e nell'interpretazione dei risultati delle misure. Il Responsabile determina la posizione dei punti di misura del gas, coordina le rilevazioni di grisù, sovrintende ai sistemi di monitoraggio ed alla loro manutenzione, analizza, elabora ed interpreta i valori misurati, sovrintende al circuito di ventilazione e definisce le quantità d'aria necessarie per la diluizione del gas, collabora con la direzione di cantiere nelle "situazioni di crisi". Verifica ed integra, per i singoli casi specifici, la formazione e l'addestramento degli Addetti al Monitoraggio;

- dd. **Serbatoio di grisù:** porzione di ammasso permeabile, contenente grisù nei sistemi di fratture e/o nei pori, chiusa idraulicamente da porzioni di ammasso con permeabilità limitata o impermeabili;
- ee. **Situazione di crisi:** situazione determinata da irruzioni di grisù con concentrazioni che raggiungono i valori limite prescritti dalla presente Linea Guida per l'applicazione delle procedure di sicurezza, quali la sospensione temporanea dei lavori o l'evacuazione del cantiere;
- ff. **Smarino:** allontanamento del marino dal fronte di scavo;
- gg. **Tecnico Specialista:** laureato in discipline ingegneristiche o geologiche iscritto al relativo Albo professionale. Deve possedere esperienza documentata nella classificazione degli ammassi, in termini di "ammasso sospetto" ovvero come emettitori di gas, e nella caratterizzazione, sotto il profilo geometrico ed idraulico, delle trappole e dei serbatoi d'idrocarburi contenuti negli ammassi attraversati dall'opera o ad essa limitrofi e delle modalità di collegamento idraulico con serbatoi contenenti grisù, non direttamente interessati dallo scavo. Quanto meno, deve possedere esperienza documentata nella valutazione delle possibilità che gli ammassi liberino grisù nell'atmosfera della galleria in corso di realizzazione. Il Tecnico Specialista classifica la galleria e fornisce indicazioni per la redazione di un progetto di scavo compatibile con i rischi derivanti dalle condizioni di flusso ipotizzate;
- hh. **Temperatura di accensione:** la temperatura minima di una superficie calda, determinata con specifiche condizioni di prova, in corrispondenza della quale si innesca l'accensione dell'atmosfera esplosiva;
- ii. **Trappola di grisù:** contesto geologico strutturale con caratteristiche morfologiche ed idrauliche idonee a determinare l'accumulo di gas;
- jj. **Tratto di galleria:** segmento dell'opera che attraversa una porzione di ammasso che può essere considerato emettitore di gas omogeneo per le modalità d'emissione (portate di flusso eiettabili, pressione del gas nei serbatoi contenuti nell'ammasso, modalità di manifestazione delle emissioni, omogeneità di caratteristiche geostrutturali);
- kk. **Ventilazione meccanica aspirante:** sistema di movimentazione che aspira l'aria esausta in prossimità del cantiere ove avvengono le lavorazioni. Se il sistema non prevede anche la ventilazione soffiante in combinazione con la premente, l'aria

esausta deve essere trasportata all'esterno confinata nelle tubazioni per impedire l'inevitabile cortocircuitazione dell'aria esausta;

- II. **Ventilazione meccanica soffiante:** sistema che trasporta entro una tubazione l'aria "pulita" dall'esterno fino a breve distanza dal fronte. Con questo sistema tutta la galleria è attraversata dal riflusso dell'aria esausta. In caso di utilizzo degli esplosivi o di immissioni di gas in galleria, quest'ultima è percorsa dal punto di immissione fino all'imbocco dal cosiddetto "tappo di fumo" o "tappo di gas".

#### **4. VALUTAZIONE DELLA POSSIBILITÀ DI FLUSSO DI GRISÙ E SUA CLASSIFICAZIONE**

La possibilità di afflusso di grisù nel cantiere sotterraneo e la conseguente classificazione delle gallerie devono essere valutate e verificate in tutte le fasi progettuali ed in corso d'opera.

##### **4.1. VALUTAZIONE E RELAZIONE TECNICA**

La possibilità che gli scavi causino afflussi di grisù nel cantiere sotterraneo, deve essere valutata dal Tecnico Specialista.

La valutazione é formalizzata con una Relazione tecnica, che deve quanto meno:

- a) essere riferita alla specifica galleria in esame;
- b) contenere valutazioni documentate sulla possibilità di afflussi di gas nel cantiere sotterraneo, qualunque siano l'entità e le modalità attese del flusso (da tracce a consistenti manifestazioni);
- c) essere basata esplicitamente sullo studio, documentato, di ogni "tratto di galleria" valutato e classificato sulla base dei risultati di ricerche ed indagini specialistiche;
- d) classificare, utilizzando i criteri definiti nel capitolo seguente, per ogni tratto di galleria o, nel caso di marcata omogeneità, per tutta la galleria, la previsione che lo scavo determini afflussi di grisù. La previsione deve considerare anche gli effetti indotti dalla realizzazione dell'opera in termini di variazione dello stato di fratturazione e degli indici di permeabilità dell'ammasso stesso che possono favorire l'afflusso di gas in sotterraneo;
- e) allegare la documentazione utilizzata per gli studi, le ricerche e le indagini;
- f) indicare le modalità, la strumentazione, la periodicità delle verifiche da eseguirsi in corso d'opera (sondaggi in avanzamento, monitoraggi, ecc.);
- g) recare data, firma e timbro del Tecnico Specialista.

Le indagini, di cui alle lettere b), c), d), di tipo bibliografico, storico (storicità delle manifestazioni spontanee d'idrocarburi, dei fenomeni registrati nell'esecuzione di altre opere, ecc.), industriale (produzioni di idrocarburi nell'area in esame), gli studi teorici e le indagini sperimentali di superficie e profonde (sondaggi, pozzi, cunicoli, indagini geofisiche, ecc.) devono essere mirate a:

- definire le condizioni geostrutturali locali, ritenute importanti in relazione alla presenza di idrocarburi (stato di fratturazione, trappole di idrocarburi di tipo strutturale, ecc.);

- suddividere la galleria in tratti (porzioni omogenee di ammasso in termini di previsioni di flusso);
- stabilire le relazioni di tipo stratigrafico e/o strutturale tra i diversi ammassi, che possono influenzare il flusso di grisù all'interno della galleria;
- definire le dimensioni e le caratteristiche idrauliche dei serbatoi di grisù che potrebbero entrare in comunicazione idraulica, direttamente e non, con il tratto in corso di classifica.

Le indagini mediante sondaggi devono essere rivolte specificatamente alla determinazione della presenza di gas nel sottosuolo ed alla caratterizzazione dei parametri che governano il flusso. A tale scopo si dovrà fare ricorso a metodi di indagine che prevedano il ricorso al metodo ed all'apparato "Gas Trap", all'analisi del tenore di gas disciolto in acqua o nel fango di perforazione, alle misure "down the hole", ai log in foro. Le valutazioni e le indagini devono essere integrate, in corso d'opera, in relazione all'evoluzione dello stato delle conoscenze, con ulteriori studi mirati all'evoluzione della previsione di afflusso di metano nei cantieri sotterranei.

## 4.2. CLASSIFICAZIONE DELLE GALLERIE

La classificazione, sulla base del grado di omogeneità delle previsioni sulle condizioni di afflusso di grisù, può portare ad un unico indice valido per tutta la galleria oppure ad indici diversi, ciascuno attribuito ad un tratto di galleria.

Per la classificazione si utilizza uno dei seguenti cinque indici, ciascuno dei quali caratterizzante la previsione delle condizioni di afflusso di grisù correlabili alla realizzazione dell'opera in sottoterraneo:

**classe 0:** gallerie/tratti per le quali tutti gli elementi oggettivi e documentati di valutazione portano ad escludere che la realizzazione dell'opera possa indurre afflussi di grisù dagli ammassi attraversati dall'opera oppure da quelli lontani ma connessi idraulicamente alla galleria;

**classe 1A:** gallerie/tratti per le quali tutti gli elementi portano a prevedere come molto remota ma non da escludere la possibilità di afflussi di grisù. La determinazione dell'indice di classifica è basata sull'assenza di indizi derivanti dalle indagini preliminari (studi e ricerche, analisi della storicità, sondaggi specialistici mirati alla ricerca del gas), sulle informazioni ottenute nello scavo della porzione d'opera già realizzata, sulle considerazioni geologiche e strutturali;

**classe 1B:** gallerie/tratti per le quali l'analisi geologica strutturale porta a ipotizzare come possibili gli afflussi di grisù ma con portate prevedibilmente modeste o con modalità che si ritiene non portino a condizioni di rischio. L'indice di classifica viene assegnato anche in assenza di elementi di riscontro desunti dalle indagini preliminari (studi e ricerche, analisi della storicità, sondaggi specialistici mirati alla ricerca del gas) comunque effettuate in fase di progetto e dalla porzione d'opera già realizzata;

**classe 1c:** gallerie/tratti per le quali le ricerche bibliografiche, storiche (storicità delle manifestazioni spontanee e delle attività industriali per la produzione di

idrocarburi, dei fenomeni registrati nell'esecuzione di altre opere, ecc.) e le indagini sperimentali di superficie e profonde mirate alla ricerca del gas (sondaggi, pozzi, cunicoli, indagini geofisiche, ecc.) fanno presumere che i lavori di scavo possano indurre afflussi di grisù discontinui e non frequenti. Questa condizione è tipicamente associabile a serbatoi di idrocarburi isolati avvolti da roccia o terreno impermeabile, di forma e dimensioni molto varie, con distribuzione spaziale casuale e per lo più poco prevedibile attraversati o in collegamento idraulico con l'opera, che possono far affluire gas in galleria con portate molto varie non escluse quelle a carattere massivo;

**classe 2:** gallerie/tratti per le quali le ricerche bibliografiche, storiche (storicità delle manifestazioni spontanee e degli interventi industriali per la produzione di idrocarburi, dei fenomeni registrati nell'esecuzione di altre opere) e le indagini sperimentali di superficie e profonde mirate alla ricerca del gas (sondaggi, pozzi, cunicoli, indagini geofisiche, ecc.), fanno ritenere che, a causa della realizzazione degli scavi, siano possibili afflussi significativi di grisù in galleria in corrispondenza di strutture geologiche, tecnicamente note come potenziali trappole di idrocarburi (anticlinali, fasce di intensa fratturazione in corrispondenza delle zone di accavallamento tettonico, ecc.). Attraversando le trappole, o comunque a causa del collegamento idraulico con esse indotto dallo scavo, sono da attendersi afflussi di grisù in galleria continui oppure discontinui ma con frequenza tale da non poterli considerare un evento eccezionale.

Gli indici di classifica 1A ed 1B sono attribuibili quando sono assenti geo – strutture favorevoli all'accumulo del gas e, conseguentemente, è limitata ma non si può escludere con certezza la possibilità che gli scavi determinino afflussi di grisù nel sottterraneo.

Il sistema degli interventi di sicurezza associato alla classe 1c, è il più articolato poiché considera ammassi caratterizzati dalla possibile presenza di serbatoi di grisù costituiti da volumi di roccia ad alta permeabilità per fratture racchiusi in una matrice pressoché impermeabile. In particolare, considera situazioni che non permettono di stabilire a priori la distribuzione spaziale, le dimensioni, le forme geometriche e le caratteristiche idrauliche (contenuto in idrocarburi, pressione, ecc.) dei potenziali serbatoi e, conseguentemente, i plausibili afflussi di grisù in galleria devono essere considerati prevalentemente casuali e le modalità di flusso per lo più imprevedibili.

Il sistema degli interventi di sicurezza associato alla classe 2 è stato strutturato per fronteggiare scenari in cui, attraverso i risultati degli studi e delle ricerche specialistiche, si possono determinare posizione, forma e volume delle trappole di idrocarburi e di accertare la presenza o meno di serbatoi e delle loro caratteristiche idrauliche.

### **4.3. MODIFICA DELL'INDICE DI CLASSIFICA**

L'indice di classifica attribuito, in sede di progetto, dal Tecnico Specialista deve essere verificato in corso d'opera.

Qualora il Tecnico Specialista riscontri incongruenze tra le previsioni e la situazione in essere deve aggiornare l'indice di classifica attribuito.

## 5. MISURE DI SICUREZZA CORRELATE ALL'INDICE DI CLASSIFICA

La classifica delle gallerie definita nel paragrafo 4.2 considera solo la *condizione pericolosa 2* definita dalla Norma UNI EN 1127-2 (si rimanda all'Appendice A).

La prevenzione contro le esplosioni nei lavori di scavo sotterranei in terreni grisutosi non ammette la condizione pericolosa 1, ossia lo svolgimento di attività lavorative in presenza di atmosfera esplosiva.

È possibile considerare solo la condizione pericolosa 2 adottando gli apprestamenti di difesa e le procedure di lavoro definiti dalla presente Linea Guida che, quantomeno, impongono la ventilazione forzata della galleria e la presenza di un sistema di monitoraggio ambientale cui è associata l'interruzione dei lavori con conseguente progressiva messa fuori servizio delle macchine operatrici e messa fuori tensione degli impianti elettrici, compresi quelli idonei ad operare in atmosfera potenzialmente esplosiva, fino al raggiungimento di valori di concentrazione di grisù in aria pari, al più, al suo limite inferiore di esplosibilità (LEL).

Gli apprestamenti di difesa e le procedure di lavoro mirano a contenere la concentrazione di grisù in aria al di sotto del LEL e, in caso di superamento, di limitarne la presenza ad un periodo breve.

L'assetto impiantistico da realizzare deve essere conseguente alla valutazione della possibilità di afflusso del grisù: devono essere installati, ove necessario, apparecchi del gruppo I e di categoria M2 (si rimanda all'Appendice B).

La certificazione di Gruppo I categoria M1 può essere utilizzata in quanto condizione migliorativa.

Contro l'innesco di un'esplosione viene conseguito un grado di sicurezza equivalente pari almeno a 3, in quanto sono previste tre barriere di sicurezza in serie, indipendenti tra loro da cause comuni di inefficienza:

- ⇒ una barriera nell'ambiente, costituita dall'impianto di ventilazione forzata;
- ⇒ due barriere sugli apparecchi, in relazione ai modi di protezione previsti (si rimanda alla Tab. 5 nell'Appendice B).

Per ognuna delle cinque classi, si devono adottare gli standard operativi minimi di sicurezza descritti nei successivi paragrafi.

All'inizio di ogni tratto di galleria deve essere installato un cartello con fondo blu, riportante la scritta in colore bianco "Rischio grisù: galleria di classe ...".

All'imbocco di ogni galleria deve essere installato un cartello con fondo blu, riportante, con caratteri in colore bianco, la progressiva di inizio e di fine di ogni tratto classificato ed il relativo indice di classifica.

### 5.1. CLASSE 0

Alle gallerie/tratti che rientrano in questa classe si applicano le seguenti misure di sicurezza

- **Monitoraggio gas**
  - assente
- **Ventilazione**
  - la ventilazione soffiante è di tipo premente

- **Impianti, macchine ed attrezzature**
  - ordinari
- **Utilizzazione di sorgenti di calore con temperature pericolose e/o produzione di fiamme e/o di scintille**
  - nessuna limitazione
- **Utilizzazione degli esplosivi**
  - esplosivi ed accessori di tipo ordinario

## 5.2. CLASSE 1°

Alle gallerie/tratti che rientrano in questa classe si applicano le seguenti misure di sicurezza

- **Monitoraggio gas**  
Il Responsabile del Monitoraggio deve:
  - scegliere la dislocazione dei sensori dell'impianto di monitoraggio automatico con registrazione continua delle concentrazioni di grisù in aria. La registrazione deve essere quantomeno locale. L'impianto deve essere associato ad un sistema ottico – acustico locale correlato alle concentrazioni limite di gas definite nel successivo capitolo 6
  - eseguire il monitoraggio manuale con strumentazione portatile idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchio del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B). Il monitoraggio manuale deve essere integrato con prelievi di acqua per la misura del grisù in essa disciolto
  - redigere, per ogni turno di lavoro, un verbale recante, per ogni misura e/o per ogni prelievo d'acqua: l'ora, il luogo della misura e/o del prelievo, le modalità ed i valori di tenore in gas
  - analizzare i valori del monitoraggio automatico e manuale. Tale analisi deve essere comunicata al Tecnico Specialista che, se lo ritiene opportuno, rielabora il modello di flusso del gas e fornisce al cantiere nuove soluzioni tecniche di sicurezza
  - stabilire un programma di verifica e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera secondo quanto indicato nel successivo capitolo 9.
- **Impianti, macchine ed attrezzature**
  - ordinari, con esclusione dell'impianto di monitoraggio automatico, con registrazione delle concentrazioni di metano in aria. Quest'ultimo impianto deve essere di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchio almeno del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B)
  - deve essere possibile la messa fuori tensione manuale degli impianti elettrici non idonei

- raggiunta la concentrazione di grisù del 5 % in volume, l'impianto di monitoraggio, dopo l'attivazione della procedura di allarme, deve essere sezionato automaticamente se del gruppo I, categoria M2
- al fronte deve essere disponibile un veicolo per l'immediata evacuazione del personale in situazioni di crisi

- **Ventilazione**

La ventilazione principale è di tipo soffiante. Si deve:

- realizzare l'ottimizzazione della ventilazione ed il controllo automatico con registrazione dei parametri che la governano (portata e prevalenza). Il calcolo delle portate d'aria, necessarie per la realizzazione dei lavori di scavo, deve considerare il numero di lavoratori e la potenza complessiva delle macchine in dotazione al cantiere destinate ad operare in sotterraneo. Inoltre, occorre che l'impianto sia in grado di erogare una portata suppletiva atta a fronteggiare le irruzioni di gas. I controlli strumentali devono misurare la prevalenza e la portata nella sezione iniziale e la portata nella sezione terminale del tubo di ventilazione soffiante. L'efficienza della ventilazione deve essere controllata anche con misure manuali in sezioni significative di riflusso. Il Responsabile del Monitoraggio deve imporre specifiche procedure di sicurezza idonee a fare fronte a condizioni di ventilazione carente, rispetto a problematiche connesse al pericolo associato alla presenza di metano, o all'arresto dei ventilatori
- prevedere, nel progetto del sistema di ventilazione, la realizzazione di soluzioni idonee per la movimentazione dell'aria in tutti i volumi del sotterraneo, eliminando zone d'ombra rispetto al flusso d'aria e di ristagno. Un esempio è la realizzazione di un sistema dedicato di ventilazione sul cassero di getto del rivestimento di calotta specialmente se il cassero è situato lontano dalla zona di immissione del ventolino
- impedire la cortocircuitazione dell'aria esausta del sotterraneo contenente metano, ad esempio nella realizzazione di stazioni di rilancio sotterranee e nel posizionamento dei motori di ventilazione all'imbocco della galleria.

- **Aspetti organizzativi**

si deve:

- informare, formare ed addestrare il personale relativamente alle proprie funzioni anche:
  - sui pericoli associati alla presenza di miscele aria-grisù in galleria
  - sui comportamenti da tenere in presenza di grisù nell'atmosfera di galleria
  - sulle norme e le procedure di sicurezza da rispettare per fare fronte al pericolo di esplosione di miscele gassose
  - sull'uso, sui limiti di utilizzo e sulla manutenzione degli apparecchi, dei sistemi di protezione e dei componenti in relazione al pericolo associato alla presenza di metano
- attuare il sistema di procedure di monitoraggio, di allarme e di abbandono indicati nei successivi capitoli 6 e 7

- **Utilizzazione di sorgenti di calore con temperature pericolose e/o produzione di fiamme e/o di scintille**

- il Responsabile del Monitoraggio, in base all'analisi sulla possibile presenza di metano nell'atmosfera del cantiere, deve imporre procedure di sicurezza per l'utilizzazione di sorgenti di calore con temperature pericolose e/o produzione di fiamme e/o di scintille. Nel caso sia stata registrata presenza di gas nel

sotterraneo, il Responsabile del Monitoraggio deve autorizzare di volta in volta l'esecuzione dei lavori che potrebbero innescare l'esplosione della miscela aria-grisù con specifiche soluzioni tecniche di sicurezza

- **Utilizzazione degli esplosivi**

- esplosivi ed accessori di tipo ordinario
- qualora si riscontri presenza di gas al fronte tutto il personale deve essere fatto uscire dal sotterraneo per il brillamento della volata ed il Responsabile del Monitoraggio deve imporre procedure di sicurezza per il rientro dopo la volata

### 5.3. CLASSE 1B

Alle gallerie/tratti che rientrano in questa classe si applicano le seguenti misure di sicurezza

- **Monitoraggio gas**

Il Responsabile del Monitoraggio deve:

- scegliere la dislocazione dei sensori dell'impianto di monitoraggio automatico con registrazione continua delle concentrazioni di grisù in aria. L'impianto deve governare i sistemi di allarme associati alle concentrazioni limite di gas definite nel successivo capitolo 7. L'impianto di registrazione deve essere collocato in una sala di controllo posta all'esterno della galleria
- integrare il monitoraggio automatico con misure e controlli sistematici eseguiti con strumentazione portatile idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchio del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B) e con prelievi di acqua per la misura del grisù in essa disciolto
- redigere, per ogni turno di lavoro, un verbale recante, per ogni misura o per ogni prelievo di acqua: l'ora, il luogo della misura e/o del prelievo, le modalità ed i valori di tenore in gas
- analizzare i valori del monitoraggio automatico e manuale. Tale analisi deve essere comunicata al Tecnico Specialista che, se lo ritiene opportuno, rielabora il modello di flusso del gas e fornisce al cantiere nuove soluzioni tecniche di sicurezza
- stabilire un programma di verifica e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera secondo quanto indicato nel successivo capitolo 9

- **Impianti, macchine ed attrezzature**

- ordinari, con esclusione degli impianti elettrici relativi ai servizi di sicurezza, quali ad esempio l'impianto di ventilazione, il sistema di controllo di esplosività dell'atmosfera, l'illuminazione di sicurezza, l'impianto di comunicazione interno/esterno, ecc., che devono essere di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B)
- ordinari, con esclusione dell'illuminazione del fronte che deve essere di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B)
- ordinari, con esclusione dei sensori di concentrazione gas che devono governare il sistema di allarme ed automaticamente devono mettere fuori

tensione gli impianti elettrici non idonei a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva. Sono pertanto esclusi dal sezionamento gli impianti elettrici relativi ai servizi di sicurezza sopra elencati

- deve essere possibile la messa fuori tensione manuale degli impianti elettrici non idonei
- gli impianti elettrici a sicurezza contro il pericolo di esplosione devono essere sezionati automaticamente al raggiungimento della concentrazione di grisù del 5% in volume se del gruppo I, categoria M2
- al fronte deve essere presente un veicolo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B e motori del gruppo I, categoria M2, in conformità a UNI EN 1834-2) per l'immediata evacuazione del personale nelle situazioni di crisi

- **Ventilazione**

La ventilazione principale è di tipo soffiante. Si deve:

- realizzare l'ottimizzazione della ventilazione ed il controllo automatico con registrazione dei parametri che la governano (portata e prevalenza). Il calcolo delle portate d'aria, necessarie per la realizzazione dei lavori di scavo, deve considerare il numero di lavoratori e la potenza complessiva delle macchine in dotazione al cantiere destinate ad operare in sotterraneo. Inoltre, occorre che l'impianto sia in grado di erogare una portata suppletiva atta a fronteggiare le irruzioni di gas. I controlli strumentali devono misurare la prevalenza e la portata nella sezione iniziale e la portata nella sezione terminale del tubo di ventilazione soffiante. L'efficienza della ventilazione deve essere controllata anche con misure manuali in sezioni significative di riflusso. Il Responsabile del Monitoraggio deve imporre specifiche procedure di sicurezza idonee a fare fronte a condizioni di ventilazione carente, rispetto a problematiche connesse al pericolo associato alla presenza di metano, o all'arresto dei ventilatori
- prevedere, nel progetto del sistema di ventilazione, la realizzazione di soluzioni idonee per la movimentazione dell'aria in tutti i volumi del sotterraneo, eliminando zone d'ombra rispetto al flusso d'aria e di ristagno. Un esempio è la realizzazione di un sistema dedicato di ventilazione sul cassero di getto del rivestimento di calotta specialmente se il cassero è situato lontano dalla zona di immissione del ventolino
- impedire la cortocircuitazione dell'aria esausta del sotterraneo contenente metano, ad esempio nella realizzazione di stazioni di rilancio sotterranee e nel posizionamento dei motori di ventilazione all'imbocco della galleria.

- **Aspetti organizzativi**

si deve:

- informare, formare ed addestrare il personale relativamente alle proprie funzioni anche:
  - sui pericoli associati alla presenza di miscele aria-grisù in galleria
  - sui comportamenti da tenere in presenza di grisù nell'atmosfera di galleria
  - sulle norme e le procedure di sicurezza da rispettare per far fronte al pericolo di esplosione di miscele gassose
  - sull'uso, sui limiti di utilizzo e sulla manutenzione degli apparecchi, dei sistemi di protezione e dei componenti in relazione al pericolo associato alla presenza di metano

- attuare il sistema di procedure di monitoraggio, di allarme e di abbandono indicati nei successivi capitoli 6 e 7
- **Utilizzazione di sorgenti di calore con temperature pericolose e/o produzione di fiamme e/o di scintille**
  - il Responsabile del Monitoraggio, in base all'analisi sulla possibile presenza di metano nell'atmosfera del cantiere, deve imporre procedure di sicurezza per l'utilizzazione di sorgenti di calore con temperature pericolose e/o produzione di fiamme e/o di scintille. Nel caso sia stata registrata presenza di gas nel sotterraneo, il Responsabile del Monitoraggio deve autorizzare di volta in volta l'esecuzione dei lavori che potrebbero innescare l'esplosione della miscela aria-grisù con specifiche soluzioni tecniche di sicurezza
- **Utilizzazione degli esplosivi**
  - esplosivi ed accessori di tipo ordinario
  - qualora si riscontri presenza di gas al fronte tutto il personale deve essere fatto uscire dal sotterraneo per il brillamento della volata ed il Responsabile del Monitoraggio deve imporre procedure di sicurezza per il rientro dopo la volata

#### 5.4. CLASSE 1C

Alle gallerie/tratti che rientrano in questa classe si applicano le seguenti misure di sicurezza

- **Schema operativo**  
Per le gallerie/tratti classificati con indice 1C l'avanzamento del fronte deve essere realizzato con le seguenti due distinte fasi di lavoro condotte una di seguito all'altra:
  - fase di prospezione del metano – Durante l'esecuzione della prospezione del metano per almeno 500 metri dal fronte si applicano gli standard propri di una galleria classificata con indice 2. L'estensione del tratto è funzione delle attività svolte in galleria (si veda il cap. 10)
  - fase di scavo – Ultimata la prospezione, in assenza di afflussi di metano, si applicano le procedure e le misure di sicurezza previste per la classe 1C
- **Monitoraggio gas**  
Il Responsabile del Monitoraggio deve:
  - scegliere la dislocazione dei sensori dell'impianto di monitoraggio automatico con registrazione continua delle concentrazioni di metano in atmosfera. L'impianto deve governare i sistemi di allarme associati alle concentrazioni limite di gas definite nel successivo capitolo 7. L'impianto di registrazione deve essere collocato in una sala di controllo posta all'esterno della galleria
  - integrare il monitoraggio automatico con misure e controlli sistematici eseguiti con strumentazione portatile idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchio del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B) e con prelievi di acqua per la misura del grisù in essa disciolto
  - redigere, per ogni turno di lavoro, un verbale recante, per ogni misura o per ogni prelievo di acqua: l'ora, il luogo della misura e/o del prelievo, le modalità ed i valori di tenore in gas

- eseguire misure di tenore di gas a boccaforo ed all'interno dei sondaggi esplorativi realizzati sul fronte di scavo per la preventiva ricerca del gas
  - analizzare i valori del monitoraggio automatico e manuale. I risultati dell'analisi devono essere comunicati al Tecnico Specialista che, se lo ritiene opportuno, rielabora il modello di flusso del gas e fornisce al cantiere nuove soluzioni tecniche di sicurezza
  - stabilire un programma di verifica e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera secondo quanto indicato nel successivo capitolo 8
- **Impianti, macchine ed attrezzature**
    - ordinari, con esclusione degli impianti elettrici relativi ai servizi di sicurezza, quali ad esempio l'impianto di ventilazione, il sistema di controllo di esplosività dell'atmosfera, l'illuminazione di sicurezza, l'impianto di comunicazione interno/esterno, ecc., che devono essere di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B)
    - ordinari, con esclusione dei sensori di concentrazione gas che devono governare il sistema di allarme e devono mettere automaticamente fuori tensione gli impianti elettrici non idonei a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva. Sono pertanto esclusi dal sezionamento gli impianti elettrici relativi ai servizi di sicurezza sopra elencati e l'impianto di illuminazione del franco di sicurezza
    - in un tratto di galleria (detto "franco di sicurezza", si veda il cap. 10) che, a partire dal fronte si estende verso l'imbocco per almeno 500 m, l'impianto di illuminazione deve essere idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B)
    - nella fase di ricerca del gas con sondaggi al fronte deve essere impiegata una macchina perforatrice idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B e motore del gruppo I, categoria M2, in conformità alla UNI EN 1834-2) e nel franco di sicurezza non è ammesso mantenere in tensione impianti elettrici e utilizzare macchine e attrezzature non idonee a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva
    - durante la fase di ricerca del gas, a distanza di almeno 500 m dal fronte (limite del franco di sicurezza), deve essere installato un cartello a fondo rosso riportante in caratteri di colore bianco la dicitura: "Fase di ricerca gas. Divieto di oltrepassare questo limite con mezzi ed attrezzature in esecuzione ordinaria. Vietato fumare"
    - deve essere possibile la messa fuori tensione manuale degli impianti elettrici non idonei
    - gli impianti elettrici a sicurezza contro il pericolo di esplosione devono essere sezionati automaticamente al raggiungimento della concentrazione di grisù del 5% in volume se del gruppo I, categoria M2
    - al fronte deve essere presente un veicolo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B e motori del gruppo I, categoria M2, in conformità a UNI EN 1834-2) per l'immediata evacuazione del personale nelle situazioni di crisi

- **Ventilazione**

La ventilazione principale è di tipo soffiante. Si deve:

- realizzare l'ottimizzazione della ventilazione ed il controllo automatico con registrazione dei parametri che la governano (portata e prevalenza). Il calcolo delle portate d'aria, necessarie per la realizzazione dei lavori di scavo, deve considerare il numero di lavoratori e la potenza complessiva delle macchine in dotazione al cantiere destinate ad operare in sotterraneo. Inoltre, occorre che l'impianto sia in grado di erogare una portata suppletiva atta a fronteggiare le irruzioni di gas. I controlli strumentali devono misurare la prevalenza e la portata nella sezione iniziale e la portata nella sezione terminale del tubo di ventilazione soffiante. L'efficienza della ventilazione deve essere controllata anche con misure manuali in sezioni significative di riflusso. Il Responsabile del Monitoraggio deve imporre specifiche procedure di sicurezza idonee a fare fronte a condizioni di ventilazione carente, rispetto a problematiche connesse al pericolo associato alla presenza di metano, o all'arresto dei ventilatori
- garantire la movimentazione dell'aria in tutti i volumi del sotterraneo, eliminando zone d'ombra rispetto al flusso d'aria e di ristagno. Un esempio è la realizzazione di un sistema dedicato di ventilazione sul cassero di getto del rivestimento di calotta specialmente se il cassero è situato lontano dalla zona di immissione del ventolino
- impedire la cortocircuitazione dell'aria esausta del sotterraneo contenente metano, ad esempio nella realizzazione di stazioni di rilancio sotterranee e nel posizionamento dei motori di ventilazione all'imbocco della galleria

- **Aspetti organizzativi**

si deve:

- informare, formare ed addestrare il personale relativamente alle proprie funzioni anche:
  - sui pericoli associati alla presenza di miscele aria-grisù in galleria
  - sui comportamenti da tenere in presenza di grisù nell'atmosfera di galleria
  - sulle norme e le procedure di sicurezza da rispettare per far fronte al pericolo di esplosione di miscele gassose
  - sull'uso, sui limiti di utilizzo e sulla manutenzione degli apparecchi, dei sistemi di protezione e dei componenti in relazione al pericolo associato alla presenza di metano
- attuare il sistema di procedure di monitoraggio, di allarme e di abbandono indicati nei successivi capitoli 6 e 7

- **Utilizzazione di sorgenti di calore con temperature pericolose e/o produzione di fiamme e/o di scintille**

- vietata durante la fase di prospezione
- il Responsabile del Monitoraggio, in base all'analisi sulla possibile presenza di metano nell'atmosfera del cantiere, deve imporre procedure di sicurezza per l'utilizzazione di sorgenti di calore con temperature pericolose e/o produzione di fiamme e/o di scintille. Nel caso sia stata registrata presenza di gas nel sotterraneo, il Responsabile del Monitoraggio deve autorizzare di volta in volta l'esecuzione dei lavori che potrebbero innescare l'esplosione della miscela aria-grisù con specifiche soluzioni tecniche di sicurezza

- **Utilizzazione degli esplosivi**
  - esplosivi ed accessori di tipo ordinario
  - qualora si riscontri presenza di gas al fronte tutto il personale deve essere fatto uscire dal sotterraneo per il brillamento della volata ed il Responsabile del Monitoraggio deve imporre procedure di sicurezza per il rientro dopo la volata

## 5.5. CLASSE 2

Alle gallerie/tratti che rientrano in questa classe si applicano le seguenti misure di sicurezza

- **Monitoraggio gas**  
Il Responsabile del Monitoraggio deve:
  - scegliere la dislocazione dei sensori dell'impianto di monitoraggio automatico con registrazione continua delle concentrazioni di metano in atmosfera. L'impianto deve governare i sistemi di allarme associati alle concentrazioni limite di gas definite nel successivo capitolo 7. L'impianto di registrazione deve essere collocato in una sala di controllo posta all'esterno della galleria
  - integrare il monitoraggio automatico con misure e controlli sistematici eseguiti con strumentazione portatile idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchio del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B) e con prelievi di acqua per la misura del grisù in essa disciolto
  - redigere, per ogni turno di lavoro, un verbale recante, per ogni misura o per ogni prelievo di acqua: l'ora, il luogo della misura e/o del prelievo, le modalità ed i valori di tenore in gas
  - eseguire misure di tenore di gas a boccaforo ed all'interno dei sondaggi esplorativi realizzati sul fronte di scavo per la preventiva ricerca del gas
  - analizzare i valori del monitoraggio automatico e manuale. I risultati dell'analisi devono essere comunicati al Tecnico Specialista che, se lo ritiene opportuno, rielabora il modello di flusso del gas e fornisce al cantiere nuove soluzioni tecniche di sicurezza
  - stabilire un programma di verifica e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera secondo quanto indicato nel successivo capitolo 8
- **Impianti, macchine ed attrezzature**
  - impianti, macchine ed attrezzature idonei a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B e motori del gruppo I, categoria M2, in conformità alla UNI EN 1834-2)
  - gli impianti elettrici a sicurezza contro il pericolo di esplosione devono essere sezionati automaticamente al raggiungimento della concentrazione di grisù del 5% in volume se del gruppo I, categoria M2
  - al fronte deve essere presente un veicolo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B e motore del gruppo I, categoria M2, in conformità alla UNI EN 1834-2) per l'immediata evacuazione del personale nelle situazioni di crisi

- **Ventilazione**

La ventilazione è di tipo soffiante. Si deve:

- realizzare l'ottimizzazione della ventilazione ed il controllo automatico con registrazione dei parametri che la governano (portata e prevalenza). Il calcolo delle portate d'aria, necessarie per la realizzazione dei lavori di scavo, deve considerare il numero di lavoratori e la potenza complessiva delle macchine in dotazione al cantiere destinate ad operare in sotterraneo. Inoltre, occorre che l'impianto sia in grado di erogare una portata suppletiva atta a fronteggiare le irruzioni di gas. I controlli strumentali devono misurare la prevalenza e la portata nella sezione iniziale e la portata nella sezione terminale del tubo di ventilazione soffiante. L'efficienza della ventilazione deve essere controllata anche con misure manuali in sezioni significative di riflusso. Il Responsabile del Monitoraggio deve imporre specifiche procedure di sicurezza idonee a fare fronte a condizioni di ventilazione carente, rispetto a problematiche connesse al pericolo associato alla presenza di metano, o all'arresto dei ventilatori
- garantire la movimentazione dell'aria in tutti i volumi del sotterraneo, eliminando zone d'ombra rispetto al flusso d'aria e di ristagno. Un esempio è la realizzazione di un sistema dedicato di ventilazione sul cassero di getto del rivestimento di calotta specialmente se il cassero è situato lontano dalla zona di immissione del ventolino
- Impedire la cortocircuitazione dell'aria esausta del sotterraneo contenente metano, ad esempio nella realizzazione di stazioni di rilancio sotterranee e nel posizionamento dei motori di ventilazione all'imbocco della galleria

- **Aspetti organizzativi**

si deve:

- informare, formare ed addestrare il personale relativamente alle proprie funzioni anche:
  - sui pericoli associati alla presenza di miscele aria-grisù in galleria
  - sui comportamenti da tenere in presenza di grisù nell'atmosfera di galleria
  - sulle norme e le procedure di sicurezza da rispettare per far fronte al pericolo di esplosione di miscele gassose
  - sull'uso, sui limiti di utilizzo e sulla manutenzione degli apparecchi, dei sistemi di protezione e dei componenti in relazione al pericolo associato alla presenza di metano
- attuare il sistema di procedure di monitoraggio, di allarme e di abbandono indicati nei successivi capitoli 6 e 7

- **Utilizzazione di sorgenti di calore con temperature pericolose e/o produzione di fiamme e/o di scintille**

in linea di principio le lavorazioni con produzione di temperature pericolose, fiamme e scintille devono essere svolte all'esterno della galleria o se possibile devono essere sostituite con altre che non comportano il pericolo di innescare l'esplosione di miscele aria metano. Eccezionalmente o per motivi di emergenza se, a seguito di un'attenta analisi delle singole lavorazioni, permanesse la necessità di ricorrere ad alcune lavorazioni cui è associato il pericolo di innescare l'esplosione di miscele aria metano, queste potranno essere svolte solo se si applicano idonee procedure che, quanto meno, devono prevedere:

- specifica autorizzazione scritta all'esecuzione dei lavori da parte del Responsabile del Monitoraggio

- assenza di lavorazioni che possano produrre nuovi afflussi di gas (perforazioni, scavi, ecc.) o che possano movimentare accumuli di gas localizzati all'interno dello scavo (ad esempio il lancio dello spritz beton)
- analisi dello stato dell'aria in un significativo intorno delle sorgenti di innesco, prima e durante la lavorazione che potrebbe innescare l'esplosione. È imposta la presenza, sul luogo di lavoro, dell'Addetto al Monitoraggio che valuta preventivamente le condizioni ambientali e che, durante l'esecuzione dei lavori, segue costantemente, con strumentazione portatile, l'evoluzione delle concentrazioni di gas nell'atmosfera attorno all'area di lavoro, allo scopo di interrompere la lavorazione nel caso venga riscontrata presenza di grisù
- immissione sull'area di lavoro di aria prelevata direttamente dall'esterno con circuito indipendente, in quantità giudicata sufficiente dal Responsabile del Monitoraggio per mantenere i livelli di concentrazione al di sotto della sensibilità strumentale
- prima della lavorazione pericolosa, deve essere verificata la piena funzionalità della ventilazione, del sistema di allarme e la disponibilità di estintori sul luogo della lavorazione

L'uso delle sorgenti ad alta temperatura deve essere eccezionale e non sistematico. Il datore di lavoro deve individuare tutte le soluzioni tecniche e tecnologiche alternative all'uso delle sorgenti ad alta temperatura.

- **Utilizzazione degli esplosivi**

- esplosivi ed accessori adatti ad essere utilizzati in ambienti con pericolo di presenza di grisù

## **6. DEFINIZIONE DEL SISTEMA E DELLE PROCEDURE DI MONITORAGGIO**

Nei capitoli precedenti si è fatto riferimento a modalità esecutive dei controlli di concentrazione del grisù indicando alcune specifiche tecniche.

In questo capitolo si definiscono, per ogni classe, l'organizzazione del servizio di Monitoraggio gas e le procedure correlate.

### **6.1. CLASSE 1A**

- **Organizzazione del servizio di Monitoraggio gas**

- il servizio di Monitoraggio gas deve essere costituito da un Responsabile del Monitoraggio e da Addetti al Monitoraggio. La presenza di questi ultimi deve essere garantita per ogni turno di lavoro e, visto che l'azione di controllo gas avviene in momenti discontinui, gli Addetti possono fare parte del personale aziendale non dedicato esclusivamente al monitoraggio, ma diventano funzionalmente dipendenti dal Responsabile del Monitoraggio e svincolati dalle attività di produzione durante le azioni connesse al monitoraggio gas. Gli Addetti, quando sono di provenienza aziendale, devono essere preventivamente accettati dal Responsabile del Monitoraggio che ne attesta le capacità tecniche in relazione alle funzioni da svolgere

- **Controllo delle concentrazioni di grisù nell'atmosfera della galleria**
  - impianto di monitoraggio automatico, con sistema locale di registrazione continua dei tenori di gas, per il controllo dell'atmosfera in prossimità del fronte di avanzamento. L'impianto deve essere costituito da una stazione di misura comprendente almeno 2 rilevatori da posizionare in modo tale che non siano investiti dall'aria proveniente dall'esterno e che siano soggetti alla corrente di riflusso (alle spalle della sezione terminale del tubo di ventilazione)
  - monitoraggio manuale, deve essere eseguito quanto meno con la frequenza indicata dal Tecnico Specialista. Le indicazioni fornite da quest'ultimo devono basarsi su un modello dinamico aggiornato con i dati provenienti dall'avanzamento dello scavo (ad esempio la frequenza dei controlli deve essere aumentata in prossimità di strutture tettoniche e, più in generale, in prossimità di discontinuità importanti, in corrispondenza di un aumento del grado di fratturazione del massiccio e di zone instabili e/o franose)
  - il controllo deve essere integrato con prelievi di acqua per la ricerca del gas disciolto

## 6.2. CLASSE 1B

- **Organizzazione del servizio di Monitoraggio gas**
  - il servizio di Monitoraggio gas deve essere costituito da un Responsabile del Monitoraggio e da Addetti al Monitoraggio. La presenza di questi ultimi deve essere garantita per ogni turno di lavoro e, visto che l'azione di controllo gas avviene in momenti discontinui, gli Addetti possono fare parte del personale aziendale non dedicato esclusivamente al monitoraggio, ma diventano funzionalmente dipendenti dal Responsabile del Monitoraggio e svincolati dalle attività di produzione durante le azioni connesse al monitoraggio gas. Gli Addetti, quando sono di provenienza aziendale, devono essere preventivamente accettati dal Responsabile del Monitoraggio che ne attesta le capacità tecniche in relazione alle funzioni da svolgere
- **Controllo delle concentrazioni di grisù nell'atmosfera della galleria**
  - impianto di monitoraggio automatico, con registrazione continua dei tenori in gas, per il controllo dell'atmosfera in prossimità del fronte di avanzamento. L'impianto deve essere costituito da una stazione di misura contenente almeno 3 rilevatori. Due rilevatori devono essere posti sui paramenti destro e sinistro ed il terzo in calotta, non devono essere investiti dalle correnti di aria proveniente dall'esterno e devono essere soggetti alla corrente di riflusso (alle spalle della sezione terminale del tubo della ventilazione premente)
  - monitoraggio manuale, deve essere eseguito quanto meno con la frequenza indicata dal Tecnico Specialista. Le indicazioni fornite da quest'ultimo devono basarsi su un modello dinamico aggiornato con i dati provenienti dall'avanzamento dello scavo (ad esempio la frequenza dei controlli deve essere aumentata in prossimità di strutture tettoniche e, più in generale, in prossimità di discontinuità importanti, in corrispondenza di un aumento del grado di fratturazione del massiccio e di zone instabili e/o franose)
  - il controllo deve essere integrato con prelievi di acqua per la ricerca del gas disciolto

### 6.3. CLASSE 1C

- **Organizzazione del servizio di Monitoraggio gas**
  - il servizio di Monitoraggio gas deve essere costituito da un Responsabile del Monitoraggio e da Addetti al Monitoraggio. Questi, poiché il controllo dei tenori in gas è il punto nodale del sistema di sicurezza ed è necessario che sia di tipo continuo, non devono essere dipendenti dell'azienda e funzionalmente dipendono dal Responsabile del Monitoraggio. Il numero di addetti deve essere sufficiente alla copertura di tutti i turni di lavoro
  
- **Controllo delle concentrazioni di grisù nell'atmosfera della galleria**
  - impianto di monitoraggio automatico, con registrazione continua dei tenori in gas, per il controllo dell'atmosfera in prossimità del fronte di avanzamento. L'impianto deve essere costituito da una stazione di misura composta da almeno 5 rilevatori, da posizionare in modo tale che non siano investiti dalla corrente di aria proveniente dall'esterno e che siano soggetti alla corrente di riflusso (alle spalle della sezione terminale del tubo di ventilazione premente). Tre dei cinque rilevatori costituiscono la stazione di misura prossima al fronte da collocare come indicato al precedente punto 6.2 Classe 1B ed i restanti due devono essere installati in calotta, ad una distanza di 200 m tra loro e dalla stazione di misura prossima al fronte
  - monitoraggio manuale per il controllo continuo dell'atmosfera in prossimità del fronte e nei sondaggi durante la fase di ricerca gas. Tale controllo deve essere effettuato sia in ambiente sia all'interno di fori di prospezione in avanzamento. Il numero, la lunghezza, l'orientazione spaziale dei fori e l'entità della sovrapposizione tra 2 campi successivi di perforazione devono essere determinati dal Tecnico Specialista sulla base di una valutazione documentata con dettagliata relazione tecnica delle caratteristiche geometriche e della dislocazione rispetto al tracciato delle potenziali trappole di idrocarburi nonché delle dimensioni dell'opera. È buona norma eseguire quanto meno 10 fori ed investigare una profondità quanto meno pari ad 1 diametro della galleria. Terminata la fase di prospezione, nel caso che i terreni siano tali da richiedere interventi di consolidamento del fronte mediante infilaggi o altre perforazioni, si raccomanda il controllo manuale dell'atmosfera in prossimità dei boccafori durante tutta la successiva fase di perforazione per i consolidamenti
  - il controllo deve essere integrato con prelievi di acqua per la ricerca del gas disciolto

## 6.4. CLASSE 2

- **Organizzazione del servizio di Monitoraggio gas**
  - il servizio di Monitoraggio gas deve essere costituito da un Responsabile del Monitoraggio e da Addetti al Monitoraggio. Questi, poiché il controllo dei tenori in gas è il punto nodale del sistema di sicurezza ed è necessario che sia di tipo continuo, non devono essere dipendenti dell'azienda e funzionalmente dipendono dal Responsabile del Monitoraggio. Il numero di addetti deve essere sufficiente alla copertura di tutti i turni di lavoro
  
- **Controllo delle concentrazioni di grisù nell'atmosfera della galleria**
  - impianto di monitoraggio automatico, con registrazione continua dei tenori in gas, per il controllo dell'atmosfera in prossimità del fronte di avanzamento. L'impianto deve essere costituito almeno da 6 rilevatori da posizionare in modo tale che non siano investiti dalle correnti di aria fresca proveniente dall'esterno e che siano soggetti alla corrente di riflusso (alle spalle della sezione terminale del tubo di ventilazione)
  - per controllare il movimento del "tappo" di gas, devono essere installati ulteriori rilevatori tra il fronte e l'imbocco. Il numero e la posizione di tali sensori devono essere stabiliti dal Responsabile del Monitoraggio a seguito di uno studio, i cui risultati devono essere formalizzati con relazione tecnica. Devono comunque essere previsti sensori all'imbocco della galleria e negli incroci con gli innesti
  - monitoraggio manuale, ha lo scopo di coadiuvare il sistema di monitoraggio automatico ricercando il gas in zone non coperte dai sensori fissi ed in zone di possibile accumulo. Tale controllo deve essere eseguito con continuità
  - il controllo deve essere integrato con prelievi di acqua per la ricerca del gas disciolto

## 7. STATI DI ALLARME E ABBANDONO DELLA GALLERIA

Per la sicurezza del personale, le gallerie o i tratti di galleria sono organizzati con diverse soglie di allarme alle quali corrispondono differenti stati comportamentali (in funzione della classe 1A, 1B, 1C, 2), secondo la seguente tabella:

| Stato di Allarme      | Tratto di classe 1A  |                 | Tratto di classe 1B – 1C |                 | Tratto di classe 2 |                 |
|-----------------------|----------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|                       | Soglie               | Colore semaforo | Soglie                   | Colore semaforo | Soglie             | Colore semaforo |
| Funzionamento normale | < 0,15 %             | non previsto    | < 0,15 %                 | Verde           | < 0,3 %            | Verde           |
| Attenzione            | non prevista         | non previsto    | non prevista             | non previsto    | ≥ 0,3 %<br>< 0,7 % | Blu             |
| Preallarme            | ≥ 0,15 %<br>< 0,35 % | non previsto    | ≥ 0,15 %<br>< 0,35 %     | Giallo          | ≥ 0,7 %<br>< 1 %   | Giallo          |
| Allarme (abbandono)   | ≥ 0,35 %             | non previsto    | ≥ 0,35 %                 | Rosso           | ≥ 1 %              | Rosso           |

### 7.1. CLASSE 1A

Il sistema di allarme locale che segnala la presenza di gas, è acustico e luminoso ed è governato dai rilevatori fissi che controllano con continuità il tenore di gas nell'atmosfera della galleria. Il sistema deve entrare in funzione automaticamente quando uno qualsiasi dei sensori misura i valori limite delle concentrazioni di gas in atmosfera sotto indicati.

Il sistema di allarme gas deve essere articolato su due livelli di concentrazione in volume di gas:

- 0,15 % concentrazione di preallarme
- 0,35 % concentrazione di abbandono della galleria

Il raggiungimento di questi limiti deve dare inizio alle rispettive procedure di sicurezza.

Se i tenori di gas in atmosfera raggiungono la concentrazione di preallarme (0,15 % in volume) si devono mettere in atto le seguenti azioni:

- verificare immediatamente l'affidabilità della misura
- avvertire il Responsabile del Monitoraggio
- verificare le dimensioni del fenomeno
- dare attuazione alle specifiche procedure stabilite dal Responsabile del Monitoraggio

Per le concentrazioni  $\geq 0,35$  % si deve dare corso alle procedure per l'abbandono del sotterraneo.

In questa classe, che non prevede la realizzazione di un sistema che diffonda l'allarme per la presenza di gas a tutto il sotterraneo, il personale al fronte deve attivare il sistema di allarme ed evacuazione definito nelle procedure di gestione delle emergenze. Se le concentrazioni limite sopracitate sono rilevate con strumentazione portatile, il sistema di allarme gas locale deve essere attivato manualmente. Nel caso in cui la misura manuale superi la concentrazione di 0,35% deve essere attivato anche l'allarme generale.

Le procedure da adottare al raggiungimento della concentrazione di abbandono devono essere definite dal Responsabile del Monitoraggio. Tali procedure devono garantire la sicurezza del personale e l'inibizione di ogni potenziale sorgente di innesco.

## 7.2. CLASSE 1B

Il sistema di allarme che segnala la presenza di gas, è acustico e luminoso ed è governato dai rilevatori fissi che controllano con continuità il tenore di gas nell'atmosfera della galleria. Il sistema deve entrare in funzione automaticamente quando uno qualsiasi dei sensori misura i valori limite delle concentrazioni di gas in atmosfera sotto indicati. Il sistema di allarme deve essere attivabile anche manualmente poiché tali concentrazioni possono essere rilevate con strumentazione portatile.

Il sistema di allarme deve essere articolato su due livelli di concentrazione in volume di gas:

- 0,15 % concentrazione di preallarme
- 0,35 % concentrazione di abbandono della galleria

Il raggiungimento di questi limiti deve dare inizio alle rispettive procedure di sicurezza.

Se i tenori di gas in atmosfera raggiungono la concentrazione di preallarme (0,15 % in volume) si devono mettere in atto le seguenti azioni:

- verificare immediatamente l'affidabilità della misura
- avvertire il Responsabile del Monitoraggio
- verificare le dimensioni del fenomeno
- dare attuazione alle specifiche procedure stabilite dal Responsabile del Monitoraggio

Per le concentrazioni  $\geq 0,35$  % si deve dare corso alle procedure per l'abbandono del sottoterraneo.

Le procedure da adottare al raggiungimento della concentrazione di abbandono devono essere definite dal Responsabile del Monitoraggio. Tali procedure devono garantire la sicurezza del personale e l'inibizione di ogni potenziale sorgente di innesco.

Inoltre, l'attivazione del sistema di allarme deve essere portata a conoscenza di tutto il personale che si trova all'interno della galleria e deve essere segnalata all'esterno secondo le seguenti modalità:

- i tre limiti inferiori di concentrazione del gas misurati in galleria e pari a: 0 %, 0,15 % e 0,35 % devono corrispondere a tre diversi colori di un semaforo collocato all'imbocco della galleria
- una tabella posta in prossimità del semaforo, deve specificare la corrispondenza tra il colore del semaforo e la relativa concentrazione del gas
- la condizione di abbandono della galleria (0,35 %) deve essere segnalata con un allarme acustico
- lungo lo sviluppo della galleria, in posizione fissa, devono essere ubicati a distanza di 500 m tra di loro sistemi di ripetizione del segnale acustico ed ottico limitatamente ai valori dello 0 % e dello 0,35%. Questi impianti semaforici possono essere in esecuzione ordinaria purché vengano automaticamente sezionati dopo un intervallo di tempo, contato a partire dal momento

dell'attivazione dell'allarme per il superamento della concentrazione di abbandono, determinato dal Responsabile del Monitoraggio sulla base della distanza tra il fronte ed il primo impianto semaforico e della velocità di riflusso

### 7.3. CLASSE 1C

Il sistema di allarme che segnala la presenza di gas, è acustico e luminoso ed è governato dai rilevatori in posizione fissa che controllano con continuità il tenore di gas nell'atmosfera della galleria. Il sistema deve entrare in funzione automaticamente quando uno qualsiasi dei rilevatori misura i valori limite delle concentrazioni di gas in atmosfera sotto indicati. Il sistema di allarme deve essere attivabile anche manualmente poiché tali concentrazioni possono essere rilevate con strumentazione portatile.

Il sistema di allarme deve essere articolato su due livelli di concentrazione in volume di gas:

- 0,15 % concentrazione di preallarme
- 0,35 % concentrazione di abbandono della galleria

Il raggiungimento di questi limiti deve dare inizio alle rispettive procedure di sicurezza.

Se i tenori di gas in atmosfera raggiungono la concentrazione di preallarme (0,15 % in volume) si devono mettere in atto le seguenti azioni:

- verificare immediatamente l'affidabilità della misura
- avvertire il Responsabile del Monitoraggio
- verificare le dimensioni del fenomeno
- dare attuazione alle specifiche procedure stabilite dal Responsabile del Monitoraggio

Per le concentrazioni  $\geq 0,35$  % si deve dare corso alle procedure per l'abbandono del sottterraneo.

Le procedure da adottare al raggiungimento della concentrazione di abbandono devono essere definite dal Responsabile del Monitoraggio. Tali procedure devono garantire la sicurezza del personale e l'inibizione di ogni potenziale sorgente di innesco.

Inoltre, l'attivazione del sistema di allarme deve essere portata a conoscenza di tutto il personale che si trova all'interno della galleria e deve essere segnalata all'esterno secondo le seguenti modalità:

- i tre limiti inferiori di concentrazione del gas misurati in galleria e pari a: 0 %, 0,15 % e 0,35 % devono corrispondere a tre diversi colori di un semaforo ubicato all'imbocco della galleria
- una tabella posta in prossimità del semaforo, deve specificare la corrispondenza tra il colore del semaforo e la relativa concentrazione del gas
- la condizione di abbandono della galleria (0,35 %) deve essere segnalata con un allarme acustico
- lungo lo sviluppo della galleria, in posizione fissa, devono essere ubicati a distanza di 500 m tra di loro sistemi di ripetizione del segnale acustico ed ottico

limitatamente ai valori dello 0 % e dello 0,35%. Questi impianti semaforici possono essere in esecuzione ordinaria purché vengano automaticamente sezionati dopo un intervallo di tempo, contato a partire dal momento dell'attivazione dell'allarme per il superamento della concentrazione di abbandono, determinato dal Responsabile del Monitoraggio sulla base della distanza tra il fronte ed il primo impianto semaforico e della velocità di riflusso

#### 7.4. CLASSE 2

Il sistema di allarme che segnala la presenza di gas, è acustico e luminoso ed è governato dai rilevatori in posizione fissa che controllano con continuità il tenore di gas nell'atmosfera della galleria. Il sistema deve entrare in funzione automaticamente quando uno qualsiasi dei rilevatori misura i valori limite delle concentrazioni di gas in atmosfera sotto indicati. Il sistema di allarme deve essere attivabile anche manualmente poiché tali concentrazioni possono essere rilevate con strumentazione portatile.

Il sistema di allarme deve essere articolato su tre livelli di concentrazione in volume di gas:

- 0,3 %                    concentrazione di attenzione
- 0,7 %                    concentrazione di preallarme
- 1,0 %                    concentrazione di abbandono della galleria

Il raggiungimento di questi limiti deve dare inizio alle rispettive procedure di sicurezza.

Se i tenori di gas in atmosfera raggiungono la concentrazione di preallarme (0,7 % in volume) si devono mettere in atto le seguenti azioni:

- verificare immediatamente l'affidabilità della misura
- avvertire il Responsabile del Monitoraggio
- verificare le dimensioni del fenomeno
- dare attuazione alle specifiche procedure stabilite dal Responsabile del Monitoraggio

Se il tenore di gas raggiunge la concentrazione di abbandono della galleria (1,0 %) deve essere allontanato tutto il personale dal sotterraneo.

Le procedure da adottare al raggiungimento della concentrazione di abbandono devono essere definite dal Responsabile del Monitoraggio. Tali procedure devono garantire la sicurezza del personale e l'inibizione di ogni potenziale sorgente di innesco.

Inoltre, l'attivazione del sistema di allarme deve essere portata a conoscenza di tutto il personale che si trova all'interno della galleria e deve essere segnalata all'esterno secondo le seguenti modalità:

- i quattro limiti inferiori di concentrazione del gas misurati in galleria e pari a: 0 %, 0,3 %, 0,7 % ed 1 % devono corrispondere a quattro diversi colori di un semaforo ubicato all'imbocco della galleria

- una tabella posta in prossimità del semaforo, deve specificare la corrispondenza tra il colore del semaforo e la relativa concentrazione del gas
- la condizione di abbandono della galleria (1%) deve essere segnalata con un allarme acustico
- lungo lo sviluppo della galleria, in posizione fissa, devono essere ubicati a distanza di 500 m tra di loro sistemi di ripetizione del segnale acustico e luminoso limitatamente ai valori dello 0%, dello 0,7% e dell'1%

## **8. SEZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI**

### **8.1. CLASSE 1A**

Al raggiungimento della concentrazione di gas 0,35% si devono attuare procedure che prevedano la messa fuori tensione manuale degli impianti elettrici non idonei a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù, ad eccezione del sistema di controllo dell'esplosività dell'atmosfera e dell'impianto di ventilazione (se è esterno).

Al raggiungimento della concentrazione di gas pari al 5% in volume anche l'impianto di monitoraggio, solo dopo l'attivazione della procedura di allarme, deve essere messo fuori tensione se del Gruppo I Cat. M2.

### **8.2. CLASSE 1B**

Al raggiungimento della concentrazione di gas 0,35% l'impianto di monitoraggio deve prevedere la messa fuori tensione automatica degli impianti elettrici non idonei a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù, ad eccezione degli impianti elettrici relativi ai servizi di sicurezza, ossia l'impianto di ventilazione, il sistema di controllo dell'esplosività dell'atmosfera, l'illuminazione di sicurezza, l'impianto di comunicazione interno/esterno, ecc.

Al raggiungimento della concentrazione di gas pari al 5% in volume l'impiantistica elettrica a sicurezza, se del Gruppo I Cat. M2, deve essere messa automaticamente fuori tensione (si veda Appendice B).

### **8.3. CLASSE 1C**

Al raggiungimento della concentrazione di gas 0,35% l'impianto di monitoraggio deve prevedere la messa fuori tensione automatica degli impianti elettrici non idonei a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù, ad eccezione degli impianti elettrici relativi ai servizi di sicurezza, ossia l'impianto di ventilazione, il sistema di controllo dell'esplosività dell'atmosfera, l'illuminazione di sicurezza, l'impianto di comunicazione interno/esterno, ecc. e dell'impianto di illuminazione del franco di sicurezza.

Al raggiungimento della concentrazione di gas pari al 5% in volume l'impiantistica elettrica a sicurezza se del Gruppo I Cat. M2 deve essere messa automaticamente fuori tensione (si veda Appendice B)..

#### **8.4. CLASSE 2**

Al raggiungimento della concentrazione di gas pari al 5% in volume l'impiantistica elettrica se del Gruppo I Cat. M2 deve essere messa automaticamente fuori tensione (si veda Appendice B).

### **9. MANUTENZIONE E VERIFICA DEI SISTEMI DI CONTROLLO DELL'ESPLOSIVITÀ**

La manutenzione e la verifica dei sistemi di controllo dell'esplosività e dei sistemi di sgancio costituiscono un elemento essenziale del sistema di sicurezza contro il pericolo di esplosione. L'attivazione delle procedure di sicurezza è governata da precise soglie di concentrazione di metano in aria. In particolare si ricorda quanto segue.

Al raggiungimento della concentrazione in volume pari a:

- 0,35% di metano in aria per le gallerie di classe 1A, 1B e 1C
- 1% di metano in aria per le gallerie di classe 2

è previsto l'abbandono del sotterraneo da parte delle maestranze.

Nelle gallerie di classe 1A l'impiantistica elettrica ordinaria è messa fuori tensione manualmente al superamento della concentrazione di abbandono della galleria.

Nelle gallerie di classe 1B e 1C l'impiantistica elettrica ordinaria è messa fuori tensione automaticamente al superamento della concentrazione di abbandono della galleria.

Nelle gallerie di classe 1A, 1B, 1C e 2 l'impiantistica elettrica idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva è messa fuori tensione automaticamente al superamento della soglia del 5% di metano in aria.

Gli impianti elettrici protetti contro le esplosioni mediante sovrappressione interna devono essere messi fuori tensione a seguito della mancanza di pressurizzazione e della simultanea presenza di metano in aria con concentrazione superiore a 1%. In ogni caso devono essere messi fuori tensione automaticamente al superamento della concentrazione di gas pari al 5% in volume.

Nei paragrafi che seguono sono descritte periodicità e modalità di verifica del sistema sensori – allarme – sgancio degli impianti elettrici.

In aggiunta a tali controlli, anche gli impianti non elettrici, le macchine e le attrezzature devono essere sottoposti a verifiche, sulla base di specifici protocolli.

## 9.1. ISPEZIONE E MANUTENZIONE DEI SISTEMI DI CONTROLLO DELL'ESPLOSIVITA' DELL'ATMOSFERA

I sistemi di rilevazione di concentrazione del metano e di allarme devono essere sottoposti ad interventi di manutenzione per garantire nel tempo l'efficienza.

La periodicità degli interventi di ispezione e manutenzione deve essere la seguente:

- ispezione, interventi a **carattere giornaliero** eseguiti dall'Addetto al Monitoraggio o da personale adeguatamente addestrato;
- controllo e manutenzione preventiva, interventi a **cadenza settimanale** (salvo periodicità più frequente stabilita dal costruttore) a cura dell'Addetto al Monitoraggio. Tali interventi devono essere attuati sulla base delle istruzioni del costruttore, dei fattori che possono determinare il deterioramento del sistema (umidità, polvere, vibrazioni, urti, ecc.) e dei risultati dei controlli precedenti. L'intervento deve essere registrato su apposito foglio di lavoro a cura dell'Addetto al Monitoraggio e vistato dal Responsabile del Monitoraggio. Il foglio di lavoro deve contenere tutti gli estremi utili per individuare la data, il componente del sistema di controllo interessato dall'intervento e il tipo di intervento eseguito;
- manutenzione per guasto, interventi di riparazione **eseguiti quando necessario** da personale tecnicamente specializzato con la supervisione dell'Addetto al Monitoraggio. L'intervento deve essere registrato su apposito foglio di lavoro a cura dell'Addetto al Monitoraggio e vistato dal Responsabile del Monitoraggio. Il foglio di lavoro deve contenere tutti gli estremi utili per individuare la data, il componente del sistema di controllo interessato dall'intervento, il guasto rilevato e gli esiti dell'intervento.

In caso di necessità le azioni devono essere integrate da interventi della Società che ha fornito il sistema e ne ha curato l'installazione. Anche in questo caso deve essere predisposta idonea documentazione da cui sia possibile individuare la data, il componente del sistema di controllo interessato dall'intervento e il tipo di intervento eseguito.

## 9.2. VERIFICA DEI SISTEMI DI CONTROLLO DELL'ESPLOSIVITÀ DELL'ATMOSFERA, DELLE COSTRUZIONI ELETTRICHE A SOVRAPRESSIONE INTERNA E DEI LOCALI PRESSURIZZATI

### 9.2.1. Taratura dei sensori

I sensori del sistema di rilevazione di concentrazione del metano devono essere sottoposti ad interventi di taratura (calibrazione dei sensori) per garantire nel tempo l'efficienza.

La periodicità degli interventi di taratura deve essere la seguente:

- taratura, interventi a **cadenza trimestrale**, salvo periodicità più frequente stabilita dal costruttore o resasi necessaria in funzione dei risultati degli interventi precedenti. La taratura deve essere curata dal Responsabile del Monitoraggio e deve essere registrata su apposito foglio di lavoro. Quest'ultimo deve contenere tutti gli estremi utili per individuare la data, il sensore, il risultato della calibrazione.

In caso di necessità la taratura deve essere integrata da interventi della Società che ha fornito il sistema e ne ha curato l'installazione. Anche in questo caso deve essere predisposta idonea documentazione da cui sia possibile individuare la data, il sensore e il risultato della calibrazione.

### **9.2.2. Verifica della corrispondenza tra le concentrazioni rilevate e le azioni del sistema. Prove periodiche di messa fuori tensione dell'impianto elettrico**

La verifica dell'efficienza del sistema di controllo dell'esplosività deve considerare tutti gli elementi che lo costituiscono: sensori di rilevamento gas, linee di trasmissione dati, computer di acquisizione ed elaborazione dati, gruppo di segnalazione allarmi, circuito di comando dello sgancio dell'impianto elettrico.

Le prove di sgancio automatiche e manuali devono riguardare:

- gli impianti elettrici ordinari nei casi delle gallerie di classe 1A, 1B, 1C in cui è previsto lo sgancio degli impianti elettrici non idonei ad operare in presenza di grisù al superamento della concentrazione di abbandono della galleria
- apparecchi per atmosfere potenzialmente esplosive che utilizzano il modo di protezione a sovrappressione interna
- locali pressurizzati
- gli impianti elettrici idonei a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù

La periodicità delle prove deve essere la seguente:

- prove di sgancio periodiche, prove con **periodicità trimestrale** a cura del Responsabile degli impianti elettrici del cantiere in collaborazione con il Responsabile del Monitoraggio. La prova di sgancio deve essere registrata su apposito foglio di lavoro, firmato dal Responsabile degli impianti elettrici e vistato dal Responsabile del Monitoraggio. Il foglio deve contenere gli estremi utili per individuare la data, l'elemento del sistema di sgancio verificato e il tipo di prova eseguita. In caso di esito negativo, la prova deve essere eseguita nuovamente subito dopo il ripristino della funzionalità del sistema, annotando l'evento sul foglio di lavoro.

### **9.2.3. Prove straordinarie di messa fuori tensione degli impianti elettrici**

In occasione di **modifiche significative degli impianti elettrici** quali gli interventi sulla dorsale MT, le modifiche rilevanti della rete di distribuzione e le modifiche degli impianti di sicurezza (sistema di rilevazione gas, sistema di comunicazione e allarme, ecc.) deve essere eseguita una prova integrativa di verifica dello sgancio dell'impianto elettrico.

La periodicità delle prove deve essere la seguente:

- prove di sgancio straordinarie, prove in occasione di modifiche significative apportate agli impianti elettrici eseguite a cura del Responsabile degli impianti elettrici del cantiere in collaborazione con il Responsabile del Monitoraggio. La prova deve essere registrata su apposito foglio di lavoro, firmato dal Responsabile degli impianti elettrici e vistato dal Responsabile del Monitoraggio. Il foglio deve contenere tutti gli estremi utili per individuare la data, l'elemento del sistema di sgancio verificato e il tipo di prova eseguita.

In caso di esito negativo, la prova deve essere eseguita nuovamente subito dopo il ripristino della funzionalità del sistema, annotando quanto accaduto sul foglio di lavoro.

## 10. APPLICAZIONE DEL FRANCO DI SICUREZZA NELLE GALLERIE DI CLASSE 2 (COSIDDETTO TRATTO DECLASSIFICATO SUBCONDIZIONE)

Nei tratti di galleria classificati con indice 2 (successivamente individuati con la sigla T) si possono riconoscere i seguenti segmenti di galleria che si sviluppano (sub-tratti di galleria), tutti potenzialmente sottoposti al passaggio di miscela aria metano, distinguibili tra loro per la possibilità o impossibilità di immettere gas nell'atmosfera della galleria:

T2-1 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 prevedibili;

T2-2 tratto con rivestimento provvisorio. Può essere sede di afflussi di metano;

T2-3 tratto con rivestimento definitivo che può essere:

- a. dotato di impermeabilizzazione "full round" che non permette afflussi di gas in galleria a meno di errori o difetti di costruzione;
- b. progettualmente drenante, con impermeabilizzazione parziale e circuito di drenaggio in contatto con la galleria, le immissioni di metano nell'atmosfera della galleria sono possibili;

T2-3.1 segmento iniziale del tratto T2-3. 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:

$$L_{franco} = v \cdot T_i$$

L'estensione minima del franco di sicurezza deve essere  $L_{franco\ min} = 500$  m.

Il franco di sicurezza, nel caso di gallerie in cui sono presenti by pass di collegamento ad altre gallerie limitrofe o nel caso degli incroci tra gallerie di linea o carreggiate con finestre, coinvolge tutti i tratti del sotterraneo in continuità idraulica con il tratto T2-1 e T2-2.

Particolare attenzione deve essere posta nella valutazione dei flussi della ventilazione in galleria nei nodi e negli innesti, considerando possibili differenti condizioni termodinamiche, e fenomeni di diffusione del tappo di gas nei diversi rami, attivi e non attivi della rete di ventilazione;

T2-3.2 è la restante porzione del tratto T2-3 immediatamente a valle del segmento T2-3.1

Il segmento T2-3.1 è compreso fra un tratto composto dai due segmenti T2-1 e T2-2, con immissioni, possibili o rilevate di metano, ed uno (T2-3.2) che ne è privo. Il segmento T2-3.1 è un franco di sicurezza solo se soddisfa le seguenti condizioni:

- non è soggetto ad emissioni di metano;

- non è interessato da lavorazioni 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.

I tratti T2-3.1 e T2-3.2 sono il risultato di una segmentazione del tratto T2-3. La classificazione con indice 2 dei tratti T2-1, T2-2, T2-3.1 rimane inalterata e, pertanto, sono segmenti di galleria assoggettati alle soluzioni tecniche, al monitoraggio ed alle procedure della classe 2.

Nel tratto T2-3.2 si deve ottenere l'inibizione delle sorgenti di innesco applicando stringenti misure di sicurezza automatizzate, specifici protocolli e procedure (es. sezionamento automatico governato da un idoneo sistema di monitoraggio, efficiente segnalazione delle condizioni di allarme e procedure di rapida evacuazione). Solo con l'eliminazione assoluta di tutte le sorgenti di innesco decade l'obbligo dell'uso di mezzi ed attrezzature antideflagranti.

L'organizzazione del cantiere descritta e la definizione dell'estensione del franco di sicurezza è adottata anche per la fase di prospezione delle gallerie in classe 1C (si veda Cap. 5.4).

#### **10.1.AZIONI DEL TECNICO SPECIALISTA**

L'assenso all'adozione del franco di sicurezza in gallerie o tratti di gallerie classificati con indice 2 impone che il Tecnico Specialista consideri preliminarmente quanto meno:

- le caratteristiche geometriche del sottoterraneo;
- l'organizzazione delle fasi di lavoro;
- le caratteristiche fisiche e geometriche del sistema di ventilazione installato;
- le caratteristiche del sistema di monitoraggio installato;
- le caratteristiche termiche delle superfici calde delle macchine operatrici e degli impianti in esecuzione ordinaria;
- l'efficienza del sistema di allarme e di attivazione dei protocolli e sistemi di spegnimento e sezionamento,
- i dati registrati dai sistemi di monitoraggio automatico e manuale.

Se nel tratto T2-3 il rivestimento impermeabile non è full round oppure se si ritiene che tale rivestimento non sia ermetico, il Tecnico Specialista deve verificare l'assenza di afflussi di metano e valutare la possibilità di adottare efficaci soluzioni tecniche che permettano l'adozione del franco di sicurezza.

Sulla base di tutti gli elementi raccolti dall'esame di cui all'elenco precedente il Tecnico Specialista:

- fissa la lunghezza del franco di sicurezza;
- stabilisce le misure di sicurezza automatizzate, specifici protocolli e procedure per il tratto T2-3.2;
- redige una relazione tecnica in cui, sulla base degli elementi di conoscenza acquisiti, esprime un parere sulla possibilità di adottare il "franco di sicurezza".

## **10.2.AZIONI DEL RESPONSABILE DEL MONITORAGGIO**

Sulla base delle indicazioni fornite dal Tecnico Specialista il Responsabile del Monitoraggio:

- determina strumentalmente o fa determinare da struttura specialistica, su tutte le macchine operatrici (in esecuzione ordinaria), la velocità con cui diminuisce la temperatura delle superfici calde dopo lo spegnimento del motore operante a pieno regime;
- esegue una campagna di monitoraggio mirata a verificare l'assenza di emissione di metano nel tratto T2-3.1;
- definisce la segnaletica da apporre agli estremi del tratto T2-3.2 e sui mezzi in esecuzione ordinaria ammessi ad operare nel tratto T2-3.2;
- adegua il sistema di sicurezza all'adozione del franco di sicurezza in termini di soglie di allarme, ripetizioni degli allarmi, sistema di ventilazione, sezionamento degli impianti elettrici;
- integra le procedure di sicurezza per gli aspetti relativi all'informazione e formazione del personale interessato;
- produce una relazione in cui fissa le condizioni per l'attuazione del sistema "franco di sicurezza.

## **10.3.AZIONI A CARICO DELLA SOCIETÀ CHE ESEGUE I LAVORI**

Il franco di sicurezza non è una soluzione rivolta ad eludere le stringenti norme di sicurezza vigenti nei tratti di galleria in classe 2.

La Società che esegue i lavori, per adottare il franco di sicurezza, deve dare applicazione alle indicazioni fornite dal Tecnico Specialista e dal Responsabile del Monitoraggio.

Deve inoltre:

- segnalare il tratto T2-3.2 con idonei cartelli segnaletici (a fondo bleu e scritta bianca);
- delimitare con barriere poste trasversalmente alla direzione di marcia dei veicoli il limite tra il tratto T2-3.1 (franco di sicurezza) ed il tratto T2-3.2;
- installare su ogni veicolo autorizzato tre cartelli (uno frontale e uno per ogni fianco) a fondo principale bianco e riportante: nella parte superiore un disco pieno di colore bleu con la lettera "A" di colore bianco e nella parte inferiore un rettangolo pieno di colore bleu con la frase "mezzo autorizzato ad operare nel tratto declassificato" composta da lettere di colore bianco;
- prevedere un piano di manutenzione e sostituzione delle parti soggette a guasto delle attrezzature e mezzi che operano nel tratto T2-3.2 con frequenza doppia rispetto alla prassi adottata dal cantiere o alla frequenza di guasto calcolata a partire dai dati dei registri dei mezzi;
- eseguire l'informazione e la formazione dei lavoratori interessati;
- redigere il Piano Operativo di Sicurezza (P.O.S.).

La Relazione del Tecnico Specialista, quella del Responsabile del Monitoraggio ed il Piano Operativo di Sicurezza (P.O.S.) devono essere inviati, per conoscenza, all'Autorità di controllo in materia di sicurezza del lavoro.

## 11. INTERAZIONE TRA GALLERIE DI DIVERSA CLASSE

Nel caso in cui tratti di galleria siano stati classificati con indice di classifica diversi e tali tratti facciano parte o della stessa galleria o di un sistema complesso di gallerie (ad esempio sistema finestra - galleria), deve essere esaminato il problema dell'assetto impiantistico ed organizzativo in sede di progettazione e di gestione.

La progettazione e la gestione devono considerare che l'afflusso di grisù nel sotterraneo forma un "tappo" che si allontana dal fronte con velocità pari a quella del riflusso e che, in caso di innesco della miscela aria - metano, l'onda di pressione interessa l'intero sotterraneo.

Da tali premesse discende che la segnalazione acustica e visiva di un qualsiasi stato di allarme che interessi un qualsiasi tratto, deve essere trasmessa univocamente a tutto il sotterraneo utilizzando lo stesso colore per i semafori comunque dislocati.

Le procedure di sicurezza da adottare in tutto il sotterraneo, a prescindere dalla classe, sono associate al solo colore del semaforo secondo la seguente tabella:

| <b>Stato di Allarme</b> | <b>Colori dei semafori</b> |
|-------------------------|----------------------------|
| Funzionamento normale   | Verde                      |
| Attenzione              | Blu                        |
| Preallarme              | Giallo                     |
| Allarme (abbandono)     | Rosso                      |

Nei tratti di galleria che, indipendentemente dalla classificazione, possono essere interessati dal passaggio del tappo di grisù, gli impianti elettrici relativi ai servizi di sicurezza, quali ad esempio l'impianto di ventilazione, il sistema di controllo dell'esplosività dell'atmosfera, l'illuminazione di sicurezza, l'impianto di comunicazione interno/esterno, ecc., devono essere di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo 1, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B).

Fra il tratto di galleria in classe 2 in cui sono possibili emissioni di metano e la restante porzione del sotterraneo deve essere prevista l'interposizione, nel senso di percorrenza della ventilazione, del franco di sicurezza definito nel capitolo 10.

Vengono di seguito esaminati due casi particolari, con l'avvertenza che l'Impresa costruttrice deve adattare le indicazioni per governare in sicurezza situazioni diverse da quelle prese in esame.

## 11.1.FINESTRA PER L'ACCESSO A DUE FRONTI OPPOSTI E CLASSIFICATI UNO IN CLASSE 2 E L'ALTRO IN UNA DELLE ALTRE CLASSI 0, 1A, 1B, 1C

Come illustrato nel capitolo 10, occorre stabilire il tempo necessario a garantire che gli impianti, le macchine e le attrezzature non idonee a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva, messi fuori servizio a seguito dell'attivazione dell'allarme, si siano raffreddati fino a temperature tali da non innescare la miscela esplosiva al passaggio del tappo di grisù.

Per stabilire l'intervallo di tempo necessario a raffreddare le potenziali sorgenti di innesco se il franco di sicurezza comprende anche la finestra o una porzione di essa occorre considerare che frequentemente le caratteristiche geometriche e costruttive di questa differiscono da quelle della galleria infrastrutturale (di linea o carreggiata) ed è quindi necessario calcolare la lunghezza del franco considerando le dimensioni della sezione della finestra.

Occorre inoltre considerare che il tappo di grisù può invadere una porzione degli altri rami di galleria qualora questi ultimi non siano ventilati. Pertanto particolare attenzione deve essere posta nella valutazione della distribuzione dell'aria di riflusso in corrispondenza dei nodi della rete di ventilazione, considerando possibili differenti condizioni termodinamiche tra i rami convergenti al nodo, e fenomeni di diffusione del tappo di gas nei diversi rami, attivi e non attivi della rete di ventilazione.

Si devono inoltre osservare le seguenti indicazioni:

- impiantistica elettrica
  - **nel franco di sicurezza e da questo fino al fronte in classe 2 l'impiantistica deve** essere di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B)
  - se la finestra non è parte del franco di sicurezza ed è interessata dal transito del tappo di grisù l'impiantistica può essere ordinaria, tranne gli impianti elettrici relativi ai servizi di sicurezza, quali ad esempio l'impianto di ventilazione, il sistema di controllo di esplosività dell'atmosfera, l'illuminazione di sicurezza, l'impianto di comunicazione interno/esterno, ecc., che devono essere di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B)
  - nel ramo di galleria non interessato dal passaggio o invasione di grisù l'impiantistica deve essere congruente a quella prevista per la rispettiva classe
- macchine e attrezzature
  - nel franco di sicurezza e da questo fino al fronte in classe 2, i mezzi devono essere in esecuzione idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B e motori del gruppo I, categoria M2, in conformità a UNI EN 1834-2)
  - nel ramo di galleria non interessato dal passaggio del tappo di grisù è necessaria la presenza del veicolo di evacuazione per l'emergenza di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva; gli altri mezzi possono essere in esecuzione ordinaria, fatta eccezione per la classe 1C nella fase di prospezione

- sistema di allarme/semaphori
  - agli imbocchi deve essere installato un semaforo con quattro colori corrispondenti alle diverse condizioni di allarme del sotterraneo
  - la condizione di abbandono del sotterraneo deve essere segnalata anche con un allarme acustico
  - i semafori di allarme gas in sotterraneo, posizionati ogni 500 m a partire dall'imbocco, devono essere dotati di tre luci corrispondenti alle condizioni di regolare funzionamento dell'impianto, preallarme ed allarme
  - nella classe 0 ove non è presente il sistema di monitoraggio continuo e nella classe 1A ove è presente solo un sistema di monitoraggio locale in prossimità del fronte, i ripetitori di allarme devono essere posizionati ogni 500 m di galleria a partire dall'imbocco della finestra per tutto il sotterraneo (fino al fronte in classe 0 o 1A)
  - il raggiungimento della concentrazione 0,35% deve comportare almeno l'evacuazione dei tratti non in classe 2

#### **11.2.FINESTRA PER L'ACCESSO A DUE FRONTI OPPOSTI E CLASSIFICATI UNO IN CLASSE 1C E L'ALTRO IN UNA DELLE TRE CLASSI 0, 1A, 1B**

Per valutare il tempo necessario all'inibizione delle sorgenti di innesco, se il franco di sicurezza comprende anche la finestra o una porzione di essa occorre considerare che frequentemente le caratteristiche geometriche e costruttive di questa differiscono da quelle della galleria infrastrutturale (di linea o carreggiata) ed è quindi necessario calcolare la lunghezza del franco considerando le dimensioni della sezione della finestra.

Occorre inoltre considerare che il tappo di grisù può invadere una porzione degli altri rami di galleria qualora questi ultimi non siano ventilati. Pertanto particolare attenzione deve essere posta nella valutazione della distribuzione dell'aria di riflusso in corrispondenza dei nodi della rete di ventilazione, considerando possibili differenti condizioni termodinamiche tra i rami convergenti al nodo, e fenomeni di diffusione del tappo di gas nei diversi rami, attivi e non attivi della rete di ventilazione.

Si devono inoltre osservare le seguenti indicazioni:

- impiantistica elettrica
  - nel franco di sicurezza, l'impiantistica deve essere di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B)
  - se la finestra non è parte del franco di sicurezza ed è interessata dal transito del tappo di grisù, l'impiantistica può essere ordinaria, tranne gli impianti elettrici relativi ai servizi di sicurezza, quali ad esempio l'impianto di ventilazione, il sistema di controllo di esplosività dell'atmosfera, l'illuminazione di sicurezza, l'impianto di comunicazione interno/esterno, ecc., che devono essere di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B)
  - nel ramo di galleria non interessato dal passaggio o invasione di grisù l'impiantistica deve essere congruente a quella prevista per la rispettiva classe

- macchine e attrezzature
  - nel franco di sicurezza, i mezzi possono essere in esecuzione ordinaria, tranne la macchina per i sondaggi di prospezione in avanzamento ed il veicolo di evacuazione in caso di emergenza, che devono essere di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: si veda la Tab. 5 nell'Appendice B e motori del gruppo I, categoria M2, in conformità a UNI EN 1834-2)
  - nel ramo di galleria non interessato dal passaggio del tappo di grisù è necessaria la presenza del veicolo di evacuazione per l'emergenza di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva; gli altri mezzi possono essere in esecuzione ordinaria
  
- sistema di allarme/semafori
  - agli imbocchi deve essere installato un semaforo con tre colori corrispondenti alle diverse condizioni di allarme del sotterraneo
  - la condizione di abbandono del sotterraneo deve essere segnalata anche con un allarme acustico
  - i semafori di allarme gas in sotterraneo, posizionati ogni 500 m a partire dall'imbocco, devono essere dotati di tre luci corrispondenti alle condizioni di regolare funzionamento dell'impianto, preallarme e allarme
  - nella classe 0 ove non è presente il sistema di monitoraggio continuo e nella classe 1a ove è presente solo un sistema di monitoraggio locale a servizio del fronte, i ripetitori di allarme devono essere posizionati ogni 500 m di galleria a partire dall'imbocco della finestra per tutto il sotterraneo (fino al fronte in classe 0 o 1A)

## 12. MESSA IN ESERCIZIO E VERIFICHE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

La messa in esercizio e le verifiche degli impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione sono attualmente disciplinate dai *Capi III e IV* del D.P.R. n° 462/01 "*Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi*".

Per gli impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione, è previsto il seguente iter tecnico-amministrativo:

- l'installatore verifica la conformità dell'impianto alla normativa tecnica applicabile e rilascia al datore di lavoro la dichiarazione di conformità ai sensi della normativa vigente;
- il datore di lavoro mette in esercizio l'impianto e, entro 30 giorni, invia la dichiarazione di conformità all'Az. USL/ARPA territorialmente competente;
- l'Az. USL/ARPA competente per territorio effettua **l'omologazione dell'impianto**, con la prima verifica sulla conformità alla normativa vigente di tutti gli impianti denunciati, rilasciando il relativo verbale;
- il datore di lavoro effettua regolari manutenzioni e fa eseguire all'Az. USL/ARPA o a un Organismo abilitato dal Ministero delle Attività Produttive le **verifiche periodiche biennali**;
- l'Az. USL/ARPA (o l'Organismo abilitato incaricato) effettua le **verifiche straordinarie** in caso di:
  - esito negativo della verifica periodica

- modifica sostanziale dell'impianto
- richiesta del datore di lavoro.

Le prime verifiche, le verifiche periodiche e le verifiche straordinarie sono onerose e le spese per la loro effettuazione sono a carico del datore di lavoro.

Il D.P.R. 462/01, al momento della sua emanazione, non ha individuato l'ambito di applicazione delle norme in esso contenute, rimandando la definizione alla successiva pubblicazione di ulteriori decreti.

Il D.Lgs. 81/08 (Art. 296, *Verifiche*), che si applica anche ai lavori di scavo in terreni grisutosi, ha definito i luoghi di lavoro nei quali gli impianti elettrici devono essere sottoposti alle verifiche previste dai Capi III e IV del D.P.R. 462/01.

Tali luoghi, per quanto attiene ai gas/vapori/nebbie infiammabili, sono le aree classificate come **zone 0** e **1** che, nelle gallerie grisutose, classificate rispettivamente 1A, 1B, 1C e 2, per quanto verrà illustrato nell'Appendice A, possono ricondursi alle **condizioni pericolose 1 e 2**.

Pertanto gli impianti elettrici soggetti alle verifiche di cui ai Capi III e IV del D.P.R. 462/01 sono esclusivamente quelli realizzati con apparecchi e sistemi di protezione del gruppo I e di categoria M1 o M2.

Tali prodotti, prescritti nelle condizioni pericolose 1 e 2, garantiscono infatti le stesse barriere di sicurezza garantite dagli analoghi prodotti del gruppo II e di categoria 1 e 2, idonei rispettivamente per zone 0 e 1, e richiedono le stesse procedure di valutazione della conformità.

Dalle verifiche sono esclusi i veicoli e le macchine operatrici, a meno di esplicita richiesta da parte del datore di lavoro.

## **APPENDICE A - RISCHIO DI ATMOSFERE ESPLOSIVE**

### **A.1 LE INNOVAZIONI INTRODOTTE DAL TITOLO UNDICESIMO DEL D.Lgs. 81/08**

Il Titolo undicesimo del D.Lgs. 81/08 e s.m.i. esplicita la valutazione dei rischi di esplosione nell'ambito più generale della valutazione dei rischi lavorativi.

Il Titolo XI *“si applica anche nei lavori in sotterraneo ove è presente un'area con atmosfere esplosive, oppure è prevedibile, sulla base di indagini geologiche, che tale area si possa formare nell'ambiente”*.

In particolare il datore di lavoro deve valutare i rischi specifici, esaminati nel loro complesso, derivanti da atmosfere esplosive tenendo conto almeno di:

- possibilità e durata della presenza di atmosfere esplosive;
- possibilità che le fonti di accensione, comprese le scariche elettrostatiche, siano presenti e divengano attive ed efficaci;
- caratteristiche dell'impianto, sostanze utilizzate, processi e loro possibili interazioni;
- entità degli effetti prevedibili.

Dalla valutazione suddetta deve discendere una suddivisione del luogo di lavoro in aree, distinte per gas/vapori/nebbie infiammabili e polveri combustibili, caratterizzate dalla frequenza e dalla durata della presenza di atmosfera esplosiva.

Per quanto attiene ai gas/vapori/nebbie infiammabili il datore di lavoro deve definire tre tipi di zone:

#### **Zona 0**

*Area in cui è presente in permanenza o per lunghi periodi o frequentemente un'atmosfera esplosiva consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia.*

#### **Zona 1**

*Area in cui la formazione di un'atmosfera esplosiva, consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapori o nebbia, è probabile che avvenga occasionalmente durante le normali attività.*

#### **Zona 2**

*Area in cui durante le normali attività non è probabile la formazione di un'atmosfera esplosiva consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia o, qualora si verifichi, sia unicamente di breve durata.*

Le suddette zone sono definite all'interno della Norma tecnica armonizzata CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87) *“Classificazione dei luoghi. Atmosfere esplosive per la presenza di gas”*.

Tale norma è però rivolta sostanzialmente alle attività industriali di superficie e per queste stabilisce i criteri per la classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione.

Il procedimento di classificazione si può schematizzare in:

- individuazione delle sostanze infiammabili;

- individuazione delle sorgenti di emissione, caratterizzate dal grado e dalla durata dell'emissione;
- definizione delle caratteristiche della ventilazione, naturale e/o artificiale, (grado e disponibilità);
- determinazione del tipo e dell'estensione della zona pericolosa per ogni sorgente di emissione;
- classificazione del luogo pericoloso dall'involuppo delle zone pericolose determinate.

La norma EN citata stabilisce dei criteri del tutto generici per la classificazione dei luoghi pericolosi ed è di fatto inapplicabile, in assenza di una guida.

A tale scopo in Italia è stata pubblicata la Norma CEI 31-35, "Guida alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas in applicazione della norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31/87)".

La guida suggerisce che, una volta stabilito il tipo di zona, sulla base del grado dell'emissione e del grado e della disponibilità della ventilazione, se ne verifichi la correttezza facendo riferimento ai limiti di durata complessiva di atmosfera esplosiva (somma delle durate dei singoli eventi) riportati nella tabella seguente:

| Zona  | Probabilità di atmosfera esplosiva in 365 d (un anno) | Durata complessiva di atmosfera esplosiva in 365 d (un anno) |
|---|---|--|
| zona 0  | $P > 10^{-1}$   | oltre 1000 h   |
| zona 1  | $10^{-1} \geq P > 10^{-3}$                            | oltre 10 h fino a 1000 h                                     |
| zona 2 <sup>(2)</sup>   | $10^{-3} \geq P > 10^{-5}$                            | oltre 0,1 h fino a 10 h <sup>(1)</sup>                       |
| <p>(1) Per durata complessiva di atmosfera esplosiva in 365 d (un anno) fino a 0,1 h il luogo non è generalmente pericoloso, in particolare quando le emissioni sono più di una in 365 d. In ogni caso la durata di atmosfera esplosiva nei singoli eventi non può essere maggiore di 0,1 h. Per essere certi che il luogo non presenta pericoli di esplosione occorre tuttavia effettuare di volta in volta un'analisi di rischio.</p> |   |  |
| <p>(2) Quando non sono disponibili valori attendibili dei ratei di guasto, può essere generalmente considerato almeno un evento ogni 365 d.</p>   |   |  |

Tabella 1 – Valori di riferimento per i limiti di durata complessiva di atmosfera esplosiva nelle zone 0, 1 e 2

## A.2 L'APPLICAZIONE DEL D.LGS. 81/08 ALLE GALLERIE GRISUTOSE

Da quanto riportato nel paragrafo precedente consegue che non è possibile utilizzare, per i lavori in sotterraneo in presenza di grisù, i criteri adottati per la classificazione per gli impianti di superficie ed indicati nel D.Lgs. 81/08.

Il termine "area", come recita testualmente la Norma UNI EN 1127-2 "Atmosfere esplosive. Prevenzione dell'esplosione e protezione contro l'esplosione. Concetti fondamentali e metodologia per l'attività in miniera", non è utilizzato per la classificazione degli impianti minerari sotterranei<sup>1</sup> esposti al pericolo di esplosione, perché generalmente questo

<sup>1</sup> In tali impianti per analogia si possono includere anche le gallerie grisutose.

termine definisce lo spazio chiaramente specificato a livello di dimensioni attorno a un'installazione tecnica generalmente fissa, per esempio un impianto chimico con installazioni fisse e limiti specificati per quanto riguarda il processo di lavorazione.

La determinazione di "zone" con possibile presenza di atmosfera esplosiva non può essere condotta applicando i criteri stabiliti dalla Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87) e dalla relativa guida applicativa italiana CEI 31-35, per l'impossibilità di caratterizzare le sorgenti di emissione con le grandezze ed i parametri suggeriti dalle stesse.

La valutazione della possibilità di presenza di atmosfera esplosiva in galleria è alquanto complessa e non si presta dunque ad un procedimento di calcolo, a causa della mancanza di due dati in ingresso fondamentali: la portata e la durata di emissione di grisù in galleria a seguito dello stabilirsi di un collegamento tra la galleria stessa ed una trappola per idrocarburi.

Le gallerie sono pertanto classificate sulla base non di una quantificazione della suddetta possibilità, ma di una valutazione qualitativa dei flussi di grisù che possono essere causati dall'interazione dello scavo con un determinato ammasso e considerando gallerie di grande sezione, realizzate con metodo a piena sezione e con tecnologia di scavo tradizionale.

La diversa possibilità di afflusso di gas in galleria è legata quindi alla diversa struttura degli ammassi, alla loro diversa attitudine a favorire l'accumulo del gas, alle caratteristiche geometriche dell'opera, all'organizzazione del cantiere, al metodo ed alla tecnica di scavo.

In altri termini, le norme volte alla tutela della sicurezza in ambienti industriali sono costruite nell'ipotesi di potere predeterminare con sufficiente certezza ed univocità gli elementi necessari per una compiuta analisi del rischio. Tale scenario non può essere mutuato per gli scavi, sia minerari che civili, che presentano elevata variabilità delle caratteristiche. Molti elementi di valutazione possono essere acquisiti o determinati solo in corso d'opera, e gli stessi elementi possono variare con il progredire dello scavo. Il cantiere stesso è caratterizzato da un'elevata dinamicità sia in termini geometrici, sia come tipologia della lavorazione.

Nella presente Linea Guida, le gallerie sono classificate, come precisato nel capitolo 4.2, in tre classi (0, 1, 2) di cui la 1 suddivisa in tre sottoclassi (1A, 1B, 1C) a possibilità crescente di afflussi significativi di grisù e con correlate misure di sicurezza crescenti.

Nell'ambito di tale classificazione non sono determinabili **zone** nel senso indicato dal D.Lgs. 81/08, ma risulta più appropriata l'individuazione di **due condizioni pericolose** come previste dalla Norma UNI EN 1127-2:

- **condizione pericolosa 2 (atmosfera potenzialmente esplosiva)**  
*campo compreso tra 0% e sotto il LEL (limite inferiore di esplodibilità) oppure sopra l'UEL (limite superiore di esplodibilità) fino al 100% di grisù nell'aria;*
- **condizione pericolosa 1 (atmosfera esplosiva)**  
*campo compreso tra il LEL e l'UEL di grisù nell'aria.*

## **APPENDICE B - APPARECCHI E SISTEMI DI PROTEZIONE DESTINATI AD ESSERE UTILIZZATI IN ATMOSFERA A RISCHIO GRISÙ**

La scelta degli apparecchi e dei sistemi di protezione, elettrici e non elettrici, da utilizzare in un dato luogo a rischio grisù, è conseguente alla classificazione del luogo stesso nel senso indicato nell'appendice precedente.

L'assetto della normativa vigente in materia è stato modificato profondamente dall'entrata in vigore, dal 01/07/2003, del D.P.R. n° 126 del 23/03/1998 "*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).

A seguire si riportano sinteticamente la normativa preesistente e il D.P.R. 126/98, rispettivamente per:

- apparecchi elettrici;
- motori a combustione interna.

### **B.1 APPARECCHI ELETTRICI**

#### **B.1.1 La normativa preesistente al D.P.R. 126/98**

Al materiale elettrico destinato ad essere utilizzato in "atmosfera potenzialmente esplosiva", ad eccezione del materiale destinato all'impiego nei lavori sotterranei delle miniere grisucose e del materiale elettrico usato in medicina, si applica il D.P.R. 21/07/1982 n° 727 "*Attuazione della direttiva (CEE) n. 76/117 relativa al materiale elettrico destinato ad essere utilizzato in «atmosfera esplosiva»*" (comunemente detto ATEX 1).

Il materiale elettrico di cui sopra può essere venduto, circolare liberamente ed essere usato in modo conforme alla sua destinazione solo se:

- risponde a norme armonizzate, comprovate da un **certificato di conformità** rilasciato da un organismo autorizzato;

oppure

- garantisce, in base ad uno speciale esame della fabbricazione, una sicurezza almeno equivalente a quella delle norme stesse, comprovata da un **certificato di controllo** rilasciato da un organismo autorizzato.

Al materiale elettrico destinato ad essere utilizzato in "atmosfera potenzialmente esplosiva", ad eccezione del materiale destinato all'impiego nei lavori sotterranei delle miniere grisucose e del materiale elettrico usato in medicina, si applica il D.P.R. 21/07/1982 n° 675 "*Attuazione della direttiva (CEE) n. 196 del 1979 relativa al materiale elettrico destinato ad essere utilizzato in atmosfera esplosiva, per il quale si applicano taluni metodi di protezione*" (comunemente detto ATEX 2).

Il materiale elettrico costruito con i seguenti modi di protezione:

- immersione in olio "o";
- sovrappressione interna "p";
- immersione sotto sabbia "q";

- custodia a prova di esplosione “d”;
- sicurezza aumentata “e”;
- sicurezza intrinseca “i”;

può essere venduto, circolare liberamente ed essere usato in modo conforme alla sua destinazione solo se è conforme, oltre che al D.P.R. 727/82, anche al D.P.R. 675/82, alle norme armonizzate ad esso allegate e se è provvisto del marchio distintivo comunitario



La L. 17/04/1989 n° 150 “Attuazione della direttiva 82/130/CEE e norme transitorie concernenti la costruzione, la vendita di materiale elettrico destinato ad essere utilizzato in atmosfera potenzialmente esplosiva” (comunemente detta ATEX 3), con i relativi D.M. 08/04/1991 n° 228 e D.M. 10/08/1994 n° 587, differisce dal D.P.R. 675/82 e D.P.R. 727/82 soltanto per il campo di applicazione.

Essa si applica al materiale elettrico destinato ad essere utilizzato nei lavori in sotterraneo nelle miniere grisutose; nonché, in deroga a quanto disposto dal D.P.R. 675/82 e dal D.P.R. 727/82, al materiale elettrico destinato ad essere utilizzato negli impianti minerari in superficie che possono venire in contatto con il grisù convogliato attraverso il circuito di ventilazione sotterranea.

### **B.1.2 Le novità introdotte dal D.P.R. 126/98**

Le principali novità introdotte dal D.P.R. 126/98 sono:

- il campo di applicazione;
- i criteri di approccio alla prevenzione e alla protezione;
- la classificazione dei prodotti Ex;
- le procedure di valutazione della conformità;
- la marcatura.

#### ● **CAMPO DI APPLICAZIONE**

Il regolamento si applica a tutti i tipi di prodotti Ex, compresi i veicoli, destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva, senza distinzione alcuna tra ambienti grisutosi e non.

Il regolamento si applica inoltre ai dispositivi di sicurezza, di controllo e di regolazione destinati ad essere utilizzati al di fuori di atmosfere potenzialmente esplosive, necessari o utili per un sicuro funzionamento dei prodotti Ex, per quanto attiene ai rischi di esplosione.

#### ● **CRITERI DI APPROCCIO ALLA PREVENZIONE E ALLA PROTEZIONE**

La direttiva, al fine di eliminare le barriere tecniche e garantire la libera circolazione dei prodotti Ex all'interno del territorio dell'Unione Europea, indica (allegato II) i requisiti essenziali di sicurezza e di salute (**RES**) che devono essere soddisfatti dai prodotti Ex.

Stabilisce che i prodotti Ex siano progettati secondo il principio della sicurezza integrata contro le esplosioni.

A tal fine il costruttore deve:

- evitare che i prodotti Ex producano o liberino essi stessi atmosfera esplosiva;
- prevenire l'innesco dell'atmosfera esplosiva da parte dei prodotti Ex, considerando le possibili sorgenti d'innesco dovute a:
  - archi elettrici
  - scintille elettriche
  - fiamme
  - superfici calde

- urti meccanici
- frizioni
- compressioni
- elettricità statica
- radiazione elettromagnetica
- radiazione ionizzante
- reazioni chimiche
- energia acustica
- controllare gli effetti di un'esplosione, usando un sistema di protezione per:
  - contenere
  - isolare
  - sopprimere attivamente
  - sopprimere passivamente
  - sfiatare.

I RES sono i criteri base per stabilire la conformità di un prodotto Ex alla direttiva e sono obbligatori. Nella loro generalità diventano il criterio predominante per verificare la sicurezza.

La direttiva introduce inoltre il concetto di presunzione del rispetto dei RES da parte dei prodotti Ex realizzati in conformità alle norme EN. L'applicazione delle norme EN è quindi condizione sufficiente, ma non necessaria, per il rispetto dei RES.

- **CLASSIFICAZIONE DEI PRODOTTI EX**

I prodotti Ex sono classificati dalla direttiva in:

a) apparecchi:

macchine, materiali, dispositivi fissi o mobili, organi di comando, strumentazione e sistemi di rilevazione e di prevenzione che, da soli o combinati, sono destinati alla produzione, al trasporto, al deposito, alla misurazione, alla regolazione e alla conversione di energia e al trattamento di materiale e che, per via delle potenziali sorgenti d'innesco che sono loro proprie, rischiano di provocare un'esplosione.

Esempi:

- apparecchiature elettriche;
- apparecchiature non elettriche;
- apparecchiature per miniere;
- apparecchiature da utilizzare in atmosfere potenzialmente esplosive per gas/vapori infiammabili Ex (G) gas;
- apparecchiature da utilizzare in atmosfere potenzialmente esplosive per polveri infiammabili Ex (D) polveri.

b) sistemi di protezione:

dispositivi, incorporati negli apparecchi o separati da essi, diversi dai componenti degli apparecchi di cui alla lettera a), la cui funzione è arrestare le esplosioni o circoscrivere la zona da essa colpita, se immessi separatamente sul mercato come sistemi con funzioni autonome.

Esempi:

- parafiamma;
- barriere ad acqua;
- sistemi a prova di esplosione (dischi di sicurezza, pannelli di sfiato, ecc.);
- barriere di soffocamento.

c) componenti:  
parti essenziali per il funzionamento degli apparecchi e dei sistemi di protezione, prive di funzione autonoma.

Esempi:

- morsetti;
- pulsantiere;
- custodie "d" vuote.

Gli apparecchi sono suddivisi in due gruppi:

➤ **gruppo di apparecchi 1**

Apparecchi destinati ai lavori in sotterraneo nelle miniere, nelle gallerie e nei relativi impianti di superficie, esposti a rischio di sprigionamento di grisù o di polveri combustibili.

➤ **gruppo di apparecchi 2**

Apparecchi destinati ad essere utilizzati in altri siti esposti ai rischi di atmosfere esplosive.

Entrambi i tipi di apparecchi sono classificati in categorie, a seconda del livello di protezione assicurato.

Nella tabella 2 è riportata la classificazione degli apparecchi del gruppo 1.

Gli apparecchi sono classificati in due categorie: **M1** e **M2**. Gli apparecchi della categoria M1 sono destinati a funzionare anche in presenza di atmosfera esplosiva, gli apparecchi della categoria M2 non vengono invece alimentati in tali condizioni. I primi assicurano un livello di protezione più elevato dei secondi.

La categoria dell'apparecchio non è associata ad una zona con una data possibilità di presenza di atmosfera esplosiva, come avviene negli altri luoghi con pericolo di esplosione, in quanto per gli ambienti grisutosi non è a tutt'oggi possibile quantificare tale possibilità, ma alle due **condizioni pericolose (1 e 2)** definite dalla Norma UNI EN 1127-2 e riportate al punto A.2.

Nella **condizione pericolosa 1** possono funzionare esclusivamente apparecchi di categoria **M1**, mentre nella **condizione pericolosa 2** possono essere impiegati apparecchi sia di categoria **M1** che **M2**.

Dal numero di barriere previsto per gli apparecchi delle due categorie, rispettivamente tre per quelli della categoria 1 e due per quelli della categoria 2, si deduce tuttavia che l'obiettivo è comunque quello di **assicurare almeno tre barriere di sicurezza**:

- negli apparecchi della categoria M1 le tre barriere sono tutte nell'apparecchio, in quanto siamo in presenza di atmosfera esplosiva (nessuna barriera nell'ambiente);
- negli apparecchi della categoria M2 sono previste due barriere nell'apparecchio, mentre una è presunta nell'ambiente, in quanto l'atmosfera esplosiva non è presente durante il funzionamento dell'apparecchio.

| Gruppo  | Categoria | Condizioni di funzionamento                       | Livello di protezione | Apprestamenti di difesa o barriere di sicurezza   |          |
|---|-----------|---|-----------------------|---|----------|
|   |           |   |                       | Descrizione barriere di sicurezza   | Quantità |
| I<br>Miniere, gallerie e loro impianti di superficie esposti a rischio di venute di grisù | M1        | Alimentati in presenza di atmosfera esplosiva     | Molto elevato         | In caso di guasto di un mezzo di protezione, il livello di sicurezza è garantito da almeno un secondo mezzo di protezione.<br>Il livello di sicurezza è garantito anche se si manifestano due anomalie indipendenti una dall'altra. | 3        |
|   | M2        | Non alimentati in presenza di atmosfera esplosiva | Elevato               | Il livello di sicurezza è garantito durante il funzionamento normale, comprese le condizioni di esercizio gravose dovute in particolare ad un uso severo dell'apparecchio e a continue variazioni ambientali.                       | 2        |

Tabella 2 - Apparecchi e sistemi di protezione del gruppo I categoria M1 e M2

| Gruppo                         | Categoria | Condizioni di funzionamento | Presenza di atmosfera esplosiva      | Livello di protezione |
|--------------------------------|-----------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| II<br>Superficie ed altri siti | 1         | Zona 0                      | sempre, spesso e per lunghi periodi  | Molto elevato         |
|                                | 2         | Zona 1                      | probabile                            | Elevato               |
|                                | 3         | Zona 2                      | scarsa possibilità e per breve tempo | Normale               |

Tabella 3 - Apparecchiature elettriche del gruppo II per gas, vapori o nebbie (G)

Nella tabella 3 è riportata la classificazione delle apparecchiature del gruppo II per gas, vapori e nebbie.

In questo caso alla categoria dell'apparecchiatura corrisponde una zona con pericolo di esplosione caratterizzata da una determinata possibilità di presenza di atmosfera esplosiva decrescente dalla zona 0 alla zona 2; le barriere di sicurezza garantite, dall'ambiente e dall'apparecchiatura sono comunque 3.

## • **PROCEDURE DI VALUTAZIONE DELLA CONFORMITÀ**

Sono i criteri per la verifica della sicurezza di un prodotto Ex contro il rischio di esplosione e variano in funzione del tipo di prodotto, del livello di protezione e quindi della categoria di appartenenza.

Le procedure di valutazione della conformità alla Direttiva 94/9/CE sono descritte negli allegati III-IX alla direttiva stessa e riguardano:

- la fase di progettazione;
- la fase di produzione.

Per gli apparecchi e i sistemi di protezione del gruppo I le procedure di valutazione della conformità sono differenziate in funzione della categoria e, rispettivamente:

### → per gli apparecchi della categoria M1:

l'Organismo notificato scelto dal costruttore sottopone il prodotto all'esame CE del tipo e, in caso di conformità, rilascia un attestato di esame CE del tipo al richiedente.

Il costruttore o il suo mandatario stabilito nella UE utilizza un sistema di garanzia della qualità per la produzione, approvato dall'Organismo notificato  
oppure, in alternativa

il costruttore o il suo mandatario stabilito nella UE garantisce la rispondenza della produzione al prototipo oggetto dell'esame CE del tipo e un Organismo notificato, incaricato della sorveglianza, esegue controlli e prove del caso su ogni singolo prodotto per accertarne la conformità al prototipo oggetto dell'esame CE del tipo e la rispondenza ai requisiti della direttiva ad essi applicabili;

oppure, quando si tratta di un unico prodotto

l'Organismo notificato esamina l'apparecchio o sistema di protezione e lo sottopone a prove in conformità alle norme di riferimento o a prove equivalenti per verificarne la rispondenza ai requisiti della direttiva ad essi applicabili; inoltre redige un attestato di conformità relativo alle prove effettuate ed appone o fa apporre sull'apparecchio o sistema di protezione il proprio numero di identificazione.

Il costruttore o il suo mandatario appone la marcatura CE, a ciascun apparecchio, accompagnata dal numero di identificazione dell'Organismo notificato incaricato della sorveglianza e redige una dichiarazione di conformità al prototipo oggetto dell'esame CE del tipo e di rispondenza ai requisiti della direttiva ad essi applicabili.

### → per gli apparecchi della categoria M2:

l'Organismo notificato scelto dal costruttore sottopone il prodotto all'esame CE del tipo e, in caso di conformità, rilascia un attestato di esame CE del tipo al richiedente.

Il costruttore o il suo mandatario stabilito nella UE utilizza un sistema di qualità per l'ispezione finale e le prove di ciascun apparecchio, approvato dall'Organismo notificato;  
oppure, in alternativa:

il costruttore o il suo mandatario stabilito nella UE garantisce la rispondenza della produzione al prototipo oggetto dell'esame CE del tipo e la rispondenza ai requisiti della direttiva ad essi applicabili; inoltre esegue o fa eseguire su ogni singolo prodotto le prove concernenti gli aspetti tecnici di protezione contro le esplosioni; tali prove vengono effettuate sotto la responsabilità di un Organismo notificato, incaricato della sorveglianza  
oppure, quando si tratta di un unico prodotto

l'Organismo notificato esamina l'apparecchio o sistema di protezione e lo sottopone a prove in conformità alle norme di riferimento o a prove equivalenti per verificarne la rispondenza ai requisiti della direttiva ad essi applicabili; inoltre redige un attestato di conformità relativo alle prove effettuate ed appone o fa apporre sull'apparecchio o sistema di protezione il proprio numero di identificazione.

Il costruttore o il suo mandatario appone la marcatura CE, a ciascun apparecchio, accompagnata dal numero di identificazione dell'Organismo notificato incaricato della sorveglianza e redige una dichiarazione di conformità al prototipo oggetto dell'esame CE del tipo e di rispondenza ai requisiti della direttiva ad essi applicabili.

Gli Organismi di certificazione (notificati) sono gli organismi autorizzati dall'Autorità Competente (in Italia il Ministero delle Attività Produttive) ad espletare le procedure di valutazione della conformità descritte e devono essere notificati alla Commissione dell'UE ed agli Stati membri.

Gli organismi nazionali autorizzati devono trasmettere al Ministero delle Attività Produttive gli attestati di conformità rilasciati e le eventuali revoche degli stessi.

Le procedure di valutazione della conformità sono riassunte nella tabella 4.

Su ciascun apparecchio e sistema di protezione devono figurare in modo leggibile e indelebile almeno le seguenti indicazioni:

- nome e indirizzo del costruttore;
- marcatura CE;
- designazione della serie o del tipo;
- numero di serie (se esiste);
- anno di costruzione;
- numero di identificazione dell'Organismo di certificazione, se interviene nella fase di produzione;
- marcatura specifica di protezione contro le esplosioni, seguita dal simbolo del gruppo di apparecchi e della categoria;
- le indicazioni indispensabili all'impiego in condizioni di sicurezza, qualora necessarie.

Qualora gli apparecchi, i sistemi di protezione ed i dispositivi di sicurezza e controllo siano disciplinati da altre direttive comunitarie relative ad aspetti diversi che prevedono l'apposizione della marcatura CE, quest'ultima può essere apposta solo se il predetto materiale è conforme anche a tali direttive.

Nella tabella 5 sono riportate le indicazioni di carattere tecnico che devono comparire sui contrassegni dei apparecchi Ex del gruppo I.

Nella tabella 6 è riportata la marcatura completa, applicata ad un apparecchio del gruppo I.

|  | Allegato<br>(1) | Categoria<br>degli apparecchi (2) |  |             |   | Sistemi di<br>protezione |
|--|-----------------|-----------------------------------|--|-------------|---|--------------------------|
|  |                 | M1-1                              | M2-2<br>[E]  | M2-2<br>[N] | 3 |                          |
| <b>Fase di progetto</b>  |                 |                                   |  |             |   |                          |
| Attestato di esame CE del tipo   | III             | X                                 | X  |             |   | X                        |
| Controllo interno di fabbricazione   | VIII            |                                   |  | X(3)        | X |                          |
| Verifica di un prodotto unico  | IX              | O                                 | O  | O           | O | O                        |
| <b>Fase di produzione</b>  |                 |                                   |  |             |   |                          |
| Garanzia qualità della produzione  | IV              | Y                                 |  |             |   | Y                        |
| Garanzia qualità del prodotto  | VII             |                                   | Y  |             |   |                          |
| Verifica sul prodotto  | V               | Y                                 |  |             |   |                          |
| Conformità al tipo   | VI              |                                   | Y  |             |   | Y                        |
| Controllo interno di fabbricazione   | VIII            |                                   |  | X           | X |                          |
| Verifica di un prodotto unico  | IX              | O                                 | O  | O           | O | O                        |
| <b>Note:</b><br>(1) ATEX Direttiva 94/9/CE<br>(2) [E] Apparecchi elettrici e motori a combustione interna<br>[N] Apparecchi non elettrici<br>(3) I documenti tecnici devono essere depositati presso un Organismo notificato |                 |                                   | <b>X</b> – Procedura obbligatoria<br><b>O</b> – Procedura alternativa<br><b>Y</b> – Procedure alternative tra loro |             |   |                          |

**Tabella 4 - Procedure di valutazione della conformità**

| CENELEC<br>(EN 50014 come sostituita dalla EN 60079)  |                               |  | ATEX<br>(Direttiva 94/9/CE) |                                |        |               |           |                 |  |       |  |                    |          |       |    |                        |          |       |    |                          |          |       |    |                                |          |       |    |                     |          |       |    |                      |           |       |    |                      |           |       |    |                |          |       |    |              |     |       |    |   |   |
|---|-------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------------|--------|---------------|-----------|-----------------|--|-------|--|--------------------|----------|-------|----|------------------------|----------|-------|----|--------------------------|----------|-------|----|--------------------------------|----------|-------|----|---------------------|----------|-------|----|----------------------|-----------|-------|----|----------------------|-----------|-------|----|----------------|----------|-------|----|--------------|-----|-------|----|---|---|
| EEx   | *                             | *  | CE                          | Ex                             | *      | *             |           |                 |  |       |  |                    |          |       |    |                        |          |       |    |                          |          |       |    |                                |          |       |    |                     |          |       |    |                      |           |       |    |                      |           |       |    |                |          |       |    |              |     |       |    |   |   |
| Protezioni contro le esplosioni. Norme Europee  | Codice del modo di protezione | Gruppo del gas<br>I (miniere e gallerie grisutose) | Contrassegno CE             | Marchio distintivo comunitario |        |               |           |                 |  |       |  |                    |          |       |    |                        |          |       |    |                          |          |       |    |                                |          |       |    |                     |          |       |    |                      |           |       |    |                      |           |       |    |                |          |       |    |              |     |       |    |   |   |
| <p align="center"><b>MODI DI PROTEZIONE</b><br/><b>Apparecchiature elettriche per gas</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Codice</th> <th>CENELEC<br/>EN</th> <th>Categoria</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Regole generali</td> <td></td> <td>50014</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Immersione in olio</td> <td><b>o</b></td> <td>50015</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>Sovrapressione interna</td> <td><b>p</b></td> <td>50016</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>Riempimento polverulento</td> <td><b>q</b></td> <td>50017</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>Custodie a prova di esplosione</td> <td><b>d</b></td> <td>50018</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>Sicurezza aumentata</td> <td><b>e</b></td> <td>50019</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>Sicurezza intrinseca</td> <td><b>ia</b></td> <td>50020</td> <td>M1</td> </tr> <tr> <td>Sicurezza intrinseca</td> <td><b>ib</b></td> <td>50020</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>Incapsulamento</td> <td><b>m</b></td> <td>50028</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>Categoria M1</td> <td>(*)</td> <td>50303</td> <td>M1</td> </tr> </tbody> </table> <p align="center"><b>Apparecchiature non elettriche (**)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Regole generali</li> <li>Custodie a respirazione limitata</li> <li>Custodie a prova di esplosione</li> <li>Sicurezza implicita</li> <li>Sicurezza costruttiva</li> <li>Controllo delle sorgenti d'innesco</li> </ul> <p>(*) Il modo di protezione è una combinazione dei modi di protezione previsti per gli apparecchi M2.<br/>(**) Le Norme CEN EN relative sono in preparazione</p> |                               |  |                             |                                | Codice | CENELEC<br>EN | Categoria | Regole generali |  | 50014 |  | Immersione in olio | <b>o</b> | 50015 | M2 | Sovrapressione interna | <b>p</b> | 50016 | M2 | Riempimento polverulento | <b>q</b> | 50017 | M2 | Custodie a prova di esplosione | <b>d</b> | 50018 | M2 | Sicurezza aumentata | <b>e</b> | 50019 | M2 | Sicurezza intrinseca | <b>ia</b> | 50020 | M1 | Sicurezza intrinseca | <b>ib</b> | 50020 | M2 | Incapsulamento | <b>m</b> | 50028 | M2 | Categoria M1 | (*) | 50303 | M1 | <p align="center"><b>Gruppo apparecchi</b></p> <p><b>I</b> miniere e gallerie grisutose</p> | <p align="center"><b>Categoria apparecchi</b></p> <p><b>M1</b><br/>protezione molto elevata</p> <p><b>M2</b><br/>protezione elevata</p> |
|   | Codice                        | CENELEC<br>EN                                      | Categoria                   |                                |        |               |           |                 |  |       |  |                    |          |       |    |                        |          |       |    |                          |          |       |    |                                |          |       |    |                     |          |       |    |                      |           |       |    |                      |           |       |    |                |          |       |    |              |     |       |    |   |   |
| Regole generali   |                               | 50014  |                             |                                |        |               |           |                 |  |       |  |                    |          |       |    |                        |          |       |    |                          |          |       |    |                                |          |       |    |                     |          |       |    |                      |           |       |    |                      |           |       |    |                |          |       |    |              |     |       |    |   |   |
| Immersione in olio  | <b>o</b>                      | 50015  | M2                          |                                |        |               |           |                 |  |       |  |                    |          |       |    |                        |          |       |    |                          |          |       |    |                                |          |       |    |                     |          |       |    |                      |           |       |    |                      |           |       |    |                |          |       |    |              |     |       |    |   |   |
| Sovrapressione interna  | <b>p</b>                      | 50016  | M2                          |                                |        |               |           |                 |  |       |  |                    |          |       |    |                        |          |       |    |                          |          |       |    |                                |          |       |    |                     |          |       |    |                      |           |       |    |                      |           |       |    |                |          |       |    |              |     |       |    |   |   |
| Riempimento polverulento  | <b>q</b>                      | 50017  | M2                          |                                |        |               |           |                 |  |       |  |                    |          |       |    |                        |          |       |    |                          |          |       |    |                                |          |       |    |                     |          |       |    |                      |           |       |    |                      |           |       |    |                |          |       |    |              |     |       |    |   |   |
| Custodie a prova di esplosione  | <b>d</b>                      | 50018  | M2                          |                                |        |               |           |                 |  |       |  |                    |          |       |    |                        |          |       |    |                          |          |       |    |                                |          |       |    |                     |          |       |    |                      |           |       |    |                      |           |       |    |                |          |       |    |              |     |       |    |   |   |
| Sicurezza aumentata   | <b>e</b>                      | 50019  | M2                          |                                |        |               |           |                 |  |       |  |                    |          |       |    |                        |          |       |    |                          |          |       |    |                                |          |       |    |                     |          |       |    |                      |           |       |    |                      |           |       |    |                |          |       |    |              |     |       |    |   |   |
| Sicurezza intrinseca  | <b>ia</b>                     | 50020  | M1                          |                                |        |               |           |                 |  |       |  |                    |          |       |    |                        |          |       |    |                          |          |       |    |                                |          |       |    |                     |          |       |    |                      |           |       |    |                      |           |       |    |                |          |       |    |              |     |       |    |   |   |
| Sicurezza intrinseca  | <b>ib</b>                     | 50020  | M2                          |                                |        |               |           |                 |  |       |  |                    |          |       |    |                        |          |       |    |                          |          |       |    |                                |          |       |    |                     |          |       |    |                      |           |       |    |                      |           |       |    |                |          |       |    |              |     |       |    |   |   |
| Incapsulamento  | <b>m</b>                      | 50028  | M2                          |                                |        |               |           |                 |  |       |  |                    |          |       |    |                        |          |       |    |                          |          |       |    |                                |          |       |    |                     |          |       |    |                      |           |       |    |                      |           |       |    |                |          |       |    |              |     |       |    |   |   |
| Categoria M1  | (*)                           | 50303  | M1                          |                                |        |               |           |                 |  |       |  |                    |          |       |    |                        |          |       |    |                          |          |       |    |                                |          |       |    |                     |          |       |    |                      |           |       |    |                      |           |       |    |                |          |       |    |              |     |       |    |   |   |

Tabella 5 - Contrassegni degli apparecchi del gruppo I

| Requisiti della Direttiva 94/9/CE   |   |
|---|---|
| TIZIO<br>via Verdi, 1 00100 ROMA (RM) ITALIA                                      | nome e<br>indirizzo del costruttore   |
| Apparecchio di saldatura tipo CAIO<br>XYZ<br>2004                                 | tipo,<br>numero di serie<br>anno di costruzione   |
| CE  | contrassegno CE   |
| XXXX  | n° di identificazione dell'Organismo<br>Notificato, responsabile della sorveglianza   |
|  | marchio distintivo comunitario  |
| I<br>M2   | apparecchio di gruppo I (miniere)<br>categoria M2 (non alimentato in presenza<br>di atmosfera esplosiva)  |
| Requisiti della norma EN 50014 come sostituita dalla EN 60079                     |   |
| Eex   | protezione contro le esplosioni; norme<br>europee   |
| d[ib]ib e<br>I  | modo di protezione<br>gruppo  |
| INERIS<br>00<br>ATEX0001<br>X   | organismo notificato<br>anno di emissione del certificato<br>numero di certificato<br>nell'allegato all'attestato di esame CE del<br>tipo sono contenute le indicazioni<br>indispensabili all'impiego in condizioni di<br>sicurezza |

Tabella 6 – Esempio di marcatura completa di un apparecchio del gruppo I

## B.2 MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA

### B.2.1 Le norme preesistenti al D.P.R. 126/98

L'art. 75 (abrogato dal D.Lgs. 233/03) del D.P.R. 320/56 “*Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo*” vieta, negli scavi in terreni grisutosi, l'uso di motori termici compresi i locomotori a nafta. In questa categoria sono inclusi i motori diesel comunemente presenti nelle macchine di cantiere.

Una deroga all'applicazione di questo articolo è concessa da due decreti ministeriali, emanati ai sensi dell'art. 395 del D.P.R. 547/55 “*Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro*” (abrogato dal D.Lgs. 81/08), che consentono l'impiego di motori termici in gallerie grisutose a condizione che essi siano resi “antideflagranti” e dichiarati come tali dal costruttore.

I due decreti ancora in vigore sono:

- il D.M. 10/5/1988 n° 259 “*Riconoscimento di efficacia di motori termici di tipo antideflagrante*”;

- il D.M. 26/2/1991 n° 225 “Regolamento concernente modificazioni alla normativa sul riconoscimento di efficacia di motori termici di tipo antideflagrante prevista dal DM 10/5/1988 n° 259”.

Il D.M. 259/88 detta le norme tecniche da applicare per la trasformazione in *antideflagrante* dei motori diesel con aspirazione a pressione atmosferica e dei rispettivi veicoli sui quali sono installati, nonché le procedure da seguire per la certificazione e per un loro corretto impiego in ambiente grisutoso.

Il D.M. 225/91 apporta modifiche di carattere formale alle norme tecniche contenute nell'allegato I al D.M. 259/88, al fine della loro applicazione ai motori turbocompressi, nei quali l'aria aspirata non è più a pressione atmosferica ma viene compressa e riscaldata per uno scambio energetico con i gas di scarico ottenuto attraverso una turbina.

Le norme tecniche riguardano:

- prescrizioni costruttive;
- verifiche e prove;
- contrassegni del motore;

documenti da presentare per l'approvazione dell'apparecchiatura.

### **B.2.2 La norma UNI EN 1834-2**

I motori a combustione interna destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva rientrano nel campo di applicazione del D.P.R. 126/98 e sono classificati “apparecchi”.

Per i motori a combustione interna aspirati e turbocompressi, da utilizzare in lavori in sotterraneo in terreni grisutosi e/o con polveri combustibili, può essere applicata la Norma 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 grisutose con o senza polveri infiammabili*”.

La norma è stata elaborata dal Comitato Tecnico CEN/TC 270 (*Motori a combustione interna*), con l'obiettivo di fornire una norma tecnica armonizzata, con contenuti conformi ai requisiti essenziali di sicurezza della Direttiva macchine (prima 98/37/CE ed attualmente 2006/42/CE) e della Direttiva ATEX 4 (94/9/CE).

In linea con la Direttiva ATEX 4, la norma considera tutte le possibili sorgenti d'innesco di un'atmosfera esplosiva e ne individua l'origine nel motore:

- superfici calde;
- fiamme libere e gas caldi;
- scintille generate meccanicamente;
- componenti ed impianti elettrici;
- elettricità statica.

#### **• Requisiti e/o misure di sicurezza principali**

La norma definisce le caratteristiche del **sistema di alimentazione**, del **motore** e del **sistema di scarico gas di combustione**:

- il sistema di alimentazione aria, nella parte compresa tra un dispositivo tagliafiamma ed il motore, deve avere le caratteristiche di una custodia a prova di esplosione;

- il motore non deve avere caratteristiche particolari in relazione al comportamento all'esplosione;
- il sistema di scarico gas di combustione, nella parte compresa tra il motore ed un dispositivo tagliafiamma deve avere le caratteristiche di una custodia a prova di esplosione; tra il dispositivo tagliafiamma e lo scarico in atmosfera deve essere inoltre installato un filtro per particelle incandescenti.

Nei motori dotati di **dispositivo di compressione dell'aria di alimentazione** (motori turbocompressi) la norma è fortemente innovativa rispetto al D.M. 259/88, in quanto indica le caratteristiche che il turbocompressore deve avere perché possa essere realizzato in una conformazione alternativa alla classica nella quale è parte di una custodia a prova di esplosione.

In particolare il turbocompressore deve essere costruito in modo che la temperatura e la pressione al suo interno non determinino condizioni di accensione dell'atmosfera esplosiva e deve essere provvisto di un filtro che impedisca l'ingresso di corpi estranei al suo interno.

La **massima temperatura**, definita come la più alta tra la massima temperatura superficiale e la massima temperatura dei gas di scarico emessi in atmosfera immediatamente a valle del disco tagliafiamma e dell'aria di alimentazione all'uscita del dispositivo di compressione, viene elevata, rispetto al D.M. 259/88, in tutte le condizioni di esercizio, a **450 °C** in lavori in sotterraneo in assenza di polvere combustibile.

Sono previsti **dispositivi di controllo del motore**, costituiti da allarmi e dispositivi di arresto. E' previsto l'arresto automatico del motore in caso di eccesso di velocità. Nei casi indicati nella tabella 7 è previsto un allarme, al quale può seguire l'arresto o una protezione automatica del motore.

| Condizione  | Arresto automatico o protezione automatica del motore |
|---|---|
| Sovratemperatura del refrigerante nel sistema raffreddato dal liquido | X   |
| Bassa pressione dell'olio di lubrificazione                           | X   |
| Basso livello dell'acqua nel sistema di raffreddamento                | X   |
| Basso livello dell'acqua nei dispositivi tagliafiamma ad acqua        | X   |
| Sovratemperatura del gas di scarico                                   | X   |
| Alta temperatura superficiale per motori raffreddati ad aria          | X   |
| Alta temperatura dell'olio del motore                                 | X   |
| Alta temperatura dell'olio idraulico                                  | X   |

Tabella 7 - Protezione del motore

- **Informazioni che il costruttore deve fornire all'utilizzatore**

La norma prescrive che l'apparecchio sia dotato di un manuale d'uso e manutenzione, nel quale siano contenute almeno le seguenti informazioni:

- le indicazioni sulla manutenzione e sulle condizioni che impongono una limitazione d'uso dell'apparecchio;
- una check list per l'ispezione;
- le indicazioni sulle condizioni che impongono un limite sulle connessioni fisse e sui giunti a prova d'esplosione e sulla relativa manutenzione;
- le raccomandazioni sui criteri di progettazione per l'installazione dei sistemi del combustibile.

- **Contrassegni del motore**

Il motore deve essere dotato dei seguenti contrassegni:

- nome del fabbricante o marchio di identificazione;
- nome o marchio di identificazione dell'organismo notificato (se necessario);
- designazione del tipo di motore;
- categoria M2;
- temperatura;
- tipo di applicazione e caratteristiche nominali;
- anno di fabbricazione;
- il riferimento alla norma (EN 1834-2:2000).

### **B.3 L'APPLICAZIONE NELLE GALLERIE A RISCHIO GRISÙ DELLE CATEGORIE DI APPARECCHI M1 E M2**

Nelle gallerie a rischio grisù, classificate rispettivamente di classe 1A, 1B, 1C e 2, deve 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 che, nel caso in questione, significa fare in modo che la **condizione pericolosa 1** non si verifichi mai. Pertanto nella presente Nota viene considerata esclusivamente la **condizione pericolosa 2**.

Quindi gli apparecchi e i sistemi di protezione, utilizzati in esse ed esposti ad atmosfera potenzialmente esplosiva, devono essere del gruppo I e di categoria almeno M2. Si fa presente che gli apparecchi M2 possono comunque lavorare in atmosfera esplosiva per un breve periodo, data l'affidabilità che garantiscono.

In particolare:

- per gli apparecchi elettrici sono ammessi tutti i modi di protezione indicati nella tabella 5, purché realizzati per il gruppo I;
- per i motori a combustione interna, nell'ambito del rispetto dei RES, può essere applicata la Norma UNI EN 1834-2.

## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>PREMESSA.....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>0. INTRODUZIONE.....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2. RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>3. TERMINI, DEFINIZIONI, ABBREVIAZIONI .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>4. VALUTAZIONE DELLA POSSIBILITÀ DI FLUSSO DI GRISÙ E SUA.....</b>  | <b>8</b>  |
| 4.1. VALUTAZIONE E RELAZIONE TECNICA.....  | 8         |
| 4.2. CLASSIFICAZIONE DELLE GALLERIE .....  | 9         |
| 4.3. MODIFICA DELL'INDICE DI CLASSIFICA.....   | 10        |
| <b>5. MISURE DI SICUREZZA CORRELATE ALL'INDICE DI CLASSIFICA.....</b>  | <b>11</b> |
| 5.1. CLASSE 0.....   | 11        |
| 5.2. CLASSE 1° .....   | 12        |
| 5.3. CLASSE 1B.....  | 14        |
| 5.4. CLASSE 1C.....  | 16        |
| 5.5. CLASSE 2.....   | 19        |
| <b>6. DEFINIZIONE DEL SISTEMA E DELLE PROCEDURE DI MONITORAGGIO .....</b>  | <b>21</b> |
| 6.1. CLASSE 1A.....  | 21        |
| 6.2. CLASSE 1B.....  | 22        |
| 6.3. CLASSE 1C.....  | 23        |
| 6.4. CLASSE 2.....   | 24        |
| <b>7. STATI DI ALLARME E ABBANDONO DELLA GALLERIA.....</b>   | <b>24</b> |
| 7.1. CLASSE 1A.....  | 25        |
| 7.2. CLASSE 1B.....  | 26        |
| 7.3. CLASSE 1C.....  | 27        |
| 7.4. CLASSE 2.....   | 28        |
| <b>8. SEZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI .....</b>  | <b>29</b> |
| 8.1. CLASSE 1A.....  | 29        |
| 8.2. CLASSE 1B.....  | 29        |
| 8.3. CLASSE 1C.....  | 29        |
| 8.4. CLASSE 2.....   | 30        |
| <b>9. MANUTENZIONE E VERIFICA DEI SISTEMI DI CONTROLLO<br/>DELL'ESPLOSIVITÀ .....</b>  | <b>30</b> |
| 9.1. ISPEZIONE E MANUTENZIONE DEI SISTEMI DI CONTROLLO DELL'ESPLOSIVITÀ<br>DELL'ATMOSFERA .....  | 31        |
| 9.2. VERIFICA DEI SISTEMI DI CONTROLLO DELL'ESPLOSIVITÀ DELL'ATMOSFERA, DELLE<br>COSTRUZIONI ELETTRICHE A SOVRAPRESSIONE INTERNA E DEI LOCALI PRESSURIZZATI.....       | 31        |
| 9.2.1. Taratura dei sensori.....   | 31        |
| 9.2.2. Verifica della corrispondenza tra le concentrazioni rilevate e le azioni del sistema. Prove<br>periodiche di messa fuori tensione dell'impianto elettrico ..... | 32        |
| 9.2.3. Prove straordinarie di messa fuori tensione degli impianti elettrici .....  | 32        |
| <b>10. APPLICAZIONE DEL FRANCO DI SICUREZZA NELLE GALLERIE DI CLASSE 2<br/>(COSIDDETTO TRATTO DECLASSIFICATO SUBCONDIZIONE).....</b>                                   | <b>33</b> |
| 10.1. AZIONI DEL TECNICO SPECIALISTA.....  | 34        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 10.2.      | AZIONI DEL RESPONSABILE DEL MONITORAGGIO.....   | 35        |
| 10.3.      | AZIONI A CARICO DELLA SOCIETÀ CHE ESEGUE I LAVORI.....  | 35        |
| <b>11.</b> | <b>INTERAZIONE TRA GALLERIE DI DIVERSA CLASSE.....</b>  | <b>36</b> |
| 11.1.      | FINESTRA PER L'ACCESSO A DUE FRONTI OPPOSTI E CLASSIFICATI UNO IN CLASSE 2 E<br>L'ALTRO IN UNA DELLE ALTRE CLASSI 0, 1A, 1B, 1C ..... | 37        |
| 11.2.      | FINESTRA PER L'ACCESSO A DUE FRONTI OPPOSTI E CLASSIFICATI UNO IN CLASSE 1C E<br>L'ALTRO IN UNA DELLE TRE CLASSI 0, 1A, 1B.....       | 38        |
| <b>12.</b> | <b>MESSA IN ESERCIZIO E VERIFICHE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI .....</b>  | <b>39</b> |
|            | <b>APPENDICE A - RISCHIO DI ATMOSFERE ESPLOSIVE .....</b>   | <b>41</b> |
| A.1        | LE INNOVAZIONI INTRODOTTE DAL TITOLO UNDICESIMO DEL D.LGS. 81/08.....   | 41        |
| A.2        | L'APPLICAZIONE DEL D.LGS. 81/08 ALLE GALLERIE GRISUTOSE .....   | 42        |
|            | <b>APPENDICE B - APPARECCHI E SISTEMI DI PROTEZIONE DESTINATI AD ESSERE<br/>UTILIZZATI IN ATMOSFERA A RISCHIO GRISÙ .....</b>         | <b>44</b> |
| B.1        | APPARECCHI ELETTRICI .....  | 44        |
| B.1.1      | La normativa preesistente al D.P.R. 126/98.....   | 44        |
| B.1.2      | Le novità introdotte dal D.P.R. 126/98 .....  | 45        |
| B.2        | MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA.....   | 53        |
| B.2.1      | Le norme preesistenti al D.P.R. 126/98 .....  | 53        |
| B.2.2      | La norma UNI EN 1834-2 .....  | 54        |
| B.3        | L'APPLICAZIONE NELLE GALLERIE A RISCHIO GRISÙ DELLE CATEGORIE DI APPARECCHI M1<br>E M2 .....  | 56        |
|            | <b>INDICE.....</b>  | <b>57</b> |