QUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA
MAXI LOTTO 2

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:
SS. 318 DI "VALFABBRICA", TRATTO PIANELLO -VALFABBRICA
SS. 76 "VAL D'ESINO", TRATTI FOSSATO VICO - CANCELLI E ALBACINA - SERRA SAN QUIRICO
"PEDEMONTANA DELLE MARCHE", TRATTO FABRIANO-MUCCIA-SFERCIA.

PROGETTO DEFINITIVO

CONTRAENTE GENERALE:	*Il responsabile del Contraente Generale:*	*Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:*
DIRPA 2 s.c.a r.l.	Ing. Federico Montanari	Ing. Salvatore Lieto

PROGETTAZIONE: ***Associazione Temporanea di Imprese***

Mandataria: PROGETTAZIONE GRANDI INFRASTRUTTURE PROGIN S.p.A.

Mandanti: LOMBARDI SA INGEGNERI CONSULENTI — LOMBARDI-REICO INGEGNERIA S.r.l. — SGAI s.r.l. di E.Forlani & C. Studio di Ingegneria e Geologia Applicata, Via Mariotti, 20 - 47833 Morciano di Romagna (RN) - ITALY, P.IVA 01894420403 - tel/fax +39 0541988277 - e-mail: sgai@sgai.com, pec: sgai@sgai.pec.com, www.sgai.com, Sist.Gest.Qual.ISO 9001 08 RINA 438700/S

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER L'A.T.I.
Prof. Ing. Antonio Grimaldi

GEOLOGO
Dott. Geol. Fabrizio Pontoni

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
Ing. Michele Curiale

Dott. Ing. ANTONIO GRIMALDI — ORDINE INGEGNERI ROMA N. 20860
ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE — Fabrizio PONTONI, Geologo Specialista N. 176, ALBO SEZIONE A
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CASERTA — Dott. Ing. MICHELE CURIALE N. 1679 "Sez. A" Settori: Civile Ambientale, Industriale, Dell'Informazione

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Ing. Giulio Petrizzelli

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord - Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud - innesto S.S.77 a Muccia
OPERE D'ARTE MAGGIORI : GALLERIE NATURALI
Classifica tecnica per la realizzazione di gallerie in formazioni potenzialmente grisutose

SCALA: ***VARIE***

DATA: ***Giugno 2017***

Codice Unico di Progetto (CUP) **F12C03000050021** (Assegnato CIPE 23-12-2015)

Codice elaborato:

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.
L07 03	213	E	13	GN0000	REL	01	A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto		Controllato	Approvato
A	Giugno 2017	EMISSIONE PER CONSEGNA	SERENGEO	SERENGEO	S. LIETO	A. GRIMALDI

Asse viario Marche-Umbria e Quadrilatero di penetrazione interna Maxilotto n. 2

Pedemontana delle Marche

tratto "Fabriano – Muccia/Sfercia"

3° E 4° STRALCIO FUNZIONALE

CLASSIFICA TECNICA PER LA REALIZZAZIONE DI GALLERIE IN FORMAZIONI POTENZIALMENTE GRISUTOSE

Prof. Ing. Paolo Berry

già Ordinario della Cattedra di "Arte Mineraria" ed "Ingegneria e Sicurezza degli Scavi" della Scuola di Ingegneria e Architettura, Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

Ph.D. Ing. Annalisa Bandini

Ph.D. Ing. Carlo Cormio

Bologna, 15 giugno 2017

Nota preliminare

SERENGEO Srl, spin-off accreditato dell'Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, con sede operativa a Bologna presso il Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM), è una startup innovativa che svolge attività specialistiche di consulenza, progettazione, studi scientifici avanzati, determinazioni fisico – meccaniche con prove di laboratorio ed in situ nel settore della Geo-Ingegneria, trasferendo al mondo produttivo le conoscenze e le competenze maturate in ambito universitario.

L'attività di SERENGEO trae spunto dal know how tecnico – scientifico più avanzato sviluppato in ambito universitario, collaborando con Istituti di Ricerca italiani ed esteri, pubblici e privati nello sviluppo ed applicazione di soluzioni innovative nei settori dell'ingegneria mineraria, ambientale e della sicurezza, della meccanica delle rocce e della geotermia.

Sono più di 300 le pubblicazioni scientifiche redatte dai soci di SERENGEO e pubblicate su riviste e negli atti di conferenze nazionali ed internazionali.

Tra queste, si ritiene utile citare i contributi più rilevanti sul tema dell'ingegneria e la sicurezza degli scavi in sotterraneo:

- Berry P., Dantini E.M., Martelli F., Sciotti M. (1999) **Emissioni di metano durante lo scavo di gallerie**. Atti del Convegno Nazionale su: Attualità e problematiche degli scavi di gallerie in Italia, Verona, pp. 5 ÷ 28 e 132 ÷ 135, marzo 1999.
- Berry P., Dantini E.M., Martelli F., Sciotti M. (2000) **Emissioni di metano durante lo scavo di gallerie**. Quarry and Construction, anno XXXVIII, n° 1, pp. 37 ÷ 64, genn. 2000
- Berry P. — **Alta velocità in sicurezza. Il ruolo dell'Università di Bologna**. Quarry and Construction, anno XXXVIII, n° 9, pp. 60 ÷ 64, sett. 2000.
- Berry P., Calzolari F., Martelli F., Obici C., Paggi P., Pavone V. (2001) **Studio e ricerca interregionale di soluzioni tecniche atte a rendere sicure macchine operatrici ed impianti utilizzati nella costruzione delle gallerie grisutose della Linea Ferroviaria "Alta Velocità" nel tratto appenninico Firenze.** Monografia stampata in proprio dalla ASL Bologna Sud, Regione Emilia Romagna, Bologna.
- Berry P. (2001) **Rapporto tra scienza, tecnica e normativa di sicurezza**. Atti del Convegno Internazionale "La sicurezza nella realizzazione di grandi opere in sotterraneo", pp. 66-70 Bologna, 20-21 Settembre 2001.
- Bandini A., Berry P., Calzolari F., Colaiori M., Cormio C., Lisardi A. (2014) **Nascita ed evoluzione delle NIR**. Atti Workshop Nazionale "NIR 2013 – Note Interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie". Bologna 4-5 Luglio 2014, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, AMS Acta, p. 7-16, ISBN: 9788898010202.
- Bandini A., Berry P., Colaiori M., Cormio C., Lisardi A. (2014) **Il franco di sicurezza nello scavo di gallerie grisutose**. Atti Workshop Nazionale "NIR 2013 – Note Interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie". Bologna 4-5 Luglio 2014, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, AMS Acta, p. 63-77, ISBN: 9788898010202.
- Bandini A., Berry P., Cormio C. (2014) **Soluzioni ingegneristiche introdotte dalla NIR 41**. Atti Workshop Nazionale "NIR 2013 – Note Interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie". Bologna 4-5 Luglio 2014, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, AMS Acta, p. 113-124, ISBN: 9788898010202.
- Selleri A., Berry P., Messina L., Bandini A., Cormio C. (2014) **S-574. Progettazione, costruzione e primi riscontri di una fresa idonea ad operare in ambienti grisutosi**. Atti Workshop Nazionale "NIR 2013 – Note Interregionali di Ingegneria della Sicurezza nello scavo di gallerie". Bologna 4-5 Luglio 2014, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, AMS Acta, p. 183-192, ISBN: 9788898010202;

- • Bandini A., Berry P., Colaiori M., Cormio C., Lisardi A. (2017). **Safe excavation of large section tunnels with Earth Pressure Balance Tunnel Boring Machine in gassy rock masses: the Sparvo tunnel case study.** Tunnelling and Underground Space Technology 67 (2017) p. 85-97, DOI: 10.1016/j.tust.2017.05.001.

Il Prof. Ing. Paolo Berry, già Ordinario della Cattedra di "Arte Mineraria" ed "Ingegneria e Sicurezza degli Scavi" della Scuola di Ingegneria e Architettura, Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, è co-autore delle Note Interregionali per la sicurezza nello scavo di gallerie (Standard di sicurezza per la realizzazione delle Grandi Opere Infrastrutturali) emanate dalle Regioni Emilia Romagna e Toscana a partire dal 1998, oggi riviste in forma di Linee Guida Nazionali approvate dal gruppo di lavoro Grandi Opere del Coordinamento Tecnico Interregionale PSAL delle Regioni e delle Province Autonome.

Con riferimento al tema della sicurezza nello scavo di gallerie civili e minerarie in formazioni grisutose, sono da richiamare alcune tra le più importanti attività svolte dai soci di SERENGEO:

- classifica tecnica(in fase di progetto), in relazione al rischio gas metano, delle gallerie:
    - del progetto Treno Alta Velocità, tratta Bologna – Firenze;
    - delle gallerie del progetto Variante Autostradale di Valico, tratta Bologna – Firenze;
    - delle gallerie del progetto Terza Corsia Autostradale, Autostrada A1 tratta Barberino – Incisa e Autostrada A14 tratta Senigallia – Ancona Nord;
    - delle gallerie del progetto DG41 – 3° megalotto della S.S. 106 Jonica, tratta S.S. 534 – Roseto Capo Spulico;
    - della galleria ferroviaria Miglionico, tratta Ferrandina – Matera (in fase di costruzione);
- progettazione degli interventi per lo scavo in condizioni di sicurezza:
    - della galleria ferroviaria Miglionico, tratta Ferrandina – Matera (in fase di realizzazione);
    - della galleria acquedottistica Pavoncelli Bis (realizzata con tecnica di scavo meccanizzato – EPB-TBM), tratto Caposele – Conza della Campania, progetto di integrazione del canale principale dell'Acquedotto Pugliese;
    - delle gallerie (realizzate con tecnica di scavo meccanizzato – TBM) del progetto Tunnel di Base del Brennero, Lotto Mules 2-3 (in fase di gara).

Pagina intenzionalmente bianca

Indice dei contenuti

1 Premessa 1
2 Documentazione consultata 2
3 Descrizione dell'opera 3
4 Inquadramento geologico – strutturale 5
4.1 Litologie interessate dal tracciato delle gallerie 9
4.1.1 Caratteristiche geomeccaniche delle formazioni 16
4.1.2 Misure di permeabilità 19
4.2 Geostrutture lungo il tracciato delle gallerie 21
5 Studi e ricerche sulla possibilità o meno che le formazioni attraversate dalle gallerie determinino afflussi di metano nel cantiere sotterraneo 22
5.1 Presenza di metano nelle aree limitrofe al tracciato delle gallerie oggetto di classifica tecnica 23
5.2 Presenza di metano lungo il tracciato 25
6 Classificazione delle gallerie 36

Pagina intenzionalmente bianca

1 Premessa

SERENGEO S.r.l., consulente di DIRPA 2 S.c.ar.l., in base agli specifici elementi di conoscenza tecnico – scientifici, sul tema in epigrafe, ed a quanto emerso dall'analisi che ha condotto sui risultati dei sondaggi geognostici eseguiti, per il Progetto Definitivo dei Lotti 3 e 4, negli anni 2002, 2004, 2007 e 2017, è giunta alla conclusione che, durante la realizzazione delle gallerie naturali ed artificiali dei Lotti 3 e 4, si debba considerare la possibilità che si intercettino formazioni e/o strutture geologiche grisutose che favoriranno l'afflusso di metano nei cantieri sotterranei.

Conseguentemente, SERENGEO ritiene che le gallerie debbono essere eseguite adottando soluzioni tecniche, tecnologiche, procedurali ed organizzative conformi alla classificazione attribuita dal Tecnico Specialista, in quanto idonee a garantire condizioni di massima sicurezza contro il pericolo di detonazione / deflagrazione dell'atmosfera del sotterraneo miscelata con metano.

Le costruende gallerie, oggetto della consulenza, hanno **dimensioni areali notevoli** e saranno realizzate con **tecnica di scavo tradizionale e metodo a piena sezione**. Pertanto le valutazioni e le soluzioni ingegneristiche indicate nei capitoli seguenti, idonee a garantire il massimo livello di sicurezza per i lavoratori, fanno riferimento alla Nota Interregionale Emilia Romagna – Toscana "Grisù 3a edizione", adottata dalla Regione Marche come Nota Tecnica "*Standard di sicurezza da adottarsi durante la realizzazione delle Grandi Opere Infrastrutturali: Lavori in sotterraneo – Scavo in terreni grisutosi*" (Decreto n.18/SPU del 6/09/2013).

La Nota Tecnica definisce 5 indici di classifica, ciascuno dei quali è associato alle caratteristiche emissive del metano. Se queste sono costanti lungo tutto il tracciato, si adotta una delle 5 classi; nel caso in cui (tipicamente nelle gallerie di notevole lunghezza chilometrica) si determini che le caratteristiche emissive del metano sono variabili, si stabiliscono tratti del tracciato, a ciascuno dei quali si attribuisce la specifica classe tipo. In particolare, la "classe 0" va attribuita ai tratti non grisutosi; l'attribuzione di una delle classi "1a, 1b, 1c e 2" è basato sulla previsione di quattro diverse caratteristiche di flusso in galleria del metano in relazione alla geometria dello scavo ed alle modalità costruttive delle opere.

Pertanto, SERENGEO non si è limitata a classificare i tratti delle gallerie sulla base delle caratteristiche delle formazioni geologiche attraversate dallo scavo (una tale classifica avrebbe un valore tecnico molto limitato) ma ha stabilito gli indici di classifica sulla base di valutazioni che considerano un mix di ragionevoli ipotesi sui parametri fisici e fattori tecnici che determinano e condizionano i flussi di metano nel cantiere, tra cui:

- potenziali sorgenti di diffusione del metano nel cantiere (trappole strutturali, contenuto diffuso di metano nei pori della roccia o del terreno, ecc.);
- capacità volumetrica dei presumibili serbatoi di metano;
- meccanismi e caratteristiche fisiche dei flussi (previsioni riguardanti pressione e portata, qualora il serbatoio sia intercettato);
- dimensione del cantiere e sue caratteristiche tecniche (sezione della galleria, ingombri, distanza del rivestimento definitivo, ecc.);
- metodo di scavo (piena sezione, sezione parzializzata);
- tecnica di scavo (meccanizzata o tradizionale);
- tipologia e ubicazione delle potenziali sorgenti di innesco;
- potenziali conseguenze pericolose associabili all'interazione tra atmosfera potenzialmente grisutosa e caratteristiche progettuali del cantiere.

Per la classificazione si sono considerati i documenti tecnici, a corredo del Progetto Definitivo, resi disponibili da DIRPA 2 (capitolo 2).

Nei capitoli successivi si forniscono informazioni e commenti relativi all'opera in corso di realizzazione (capitolo 3, con particolare riferimento alle gallerie oggetto di classificazione), al contesto geologico, geomeccanico e idrogeologico dell'area attraversata dall'opera (capitolo 4), alle indagini condotte per la ricerca del gas metano (capitolo 5). Sulla base delle informazioni reperite ed analizzate, è stata elaborata la classificazione tecnica delle gallerie ai fini della previsione degli afflussi di metano durante lo scavo (capitolo 6).

2 Documentazione consultata

I documenti (relazioni tecniche, geomeccaniche e geologiche, planimetrie e profili geologici, carte geomorfologiche e geofisiche, ecc.), forniti da DIRPA 2 S.c. a r.l. per la consulenza sono qui di seguito elencati e ad essi si farà riferimento citando, di volta in volta, il numero d'ordine che è stato loro attribuito nell'elenco che segue:

[1] Elaborati del Progetto Definitivo (giugno 2017):

- [1.1] Relazione geologica, geomorfologica e geoidrogeologica generale;
- [1.2] Relazione geotecnica generale sulle opere in sotterraneo (geotecnica – geomeccanica);
- [1.3] Relazione tecnica e di calcolo delle gallerie naturali;
- [1.4] Relazione illustrativa sulle indagini geognostiche;
- [1.5] Carta geologica e geomorfologica in scala 1:10000;
- [1.6] Indagini geognostiche:
  - Prove di permeabilità Lugeon;
  - Prove di laboratorio;
  - Stratigrafie dei sondaggi e foto delle carote;
  - Misure piezometriche;
  - Video delle misure di gas;
- [1.7] Profili geomeccanici delle gallerie;
- [1.8] Sezioni tipo delle gallerie naturali

[2] Altri elaborati:

- [2.1] SERENGEO Srl, Gallerie Croce di Calle e Mistrianello. Classifica tecnica dei cantieri sotterranei in relazione alle atmosfere esplosive associate al metano, 4 agosto 2016;
- [2.2] SERENGEO Srl, Gallerie Croce di Calle e Mistrianello. Aggiornamento della classifica tecnica dei cantieri sotterranei in relazione alle atmosfere esplosive associate al metano, 17 febbraio 2017;
- [2.3] SERENGEO Srl, Galleria Serre. Classifica tecnica dei cantieri sotterranei in relazione alle atmosfere esplosive associate al metano, 21 marzo 2017.

Oltre agli elementi di conoscenza ricavabili dall'analisi degli elaborati sopra elencati, per la classificazione sono stati considerati anche documenti, relativi ai titoli minerari per la ricerca e l'estrazione di idrocarburi in terraferma, rilasciati dal Ministero per lo Sviluppo Economico e le stratigrafie dei pozzi esplorativi e produttivi più vicini all'area di intervento, nonché le più aggiornate conoscenze scientifiche sulla geologia strutturale dell'area.

3 Descrizione dell'opera

Le gallerie artificiali "Feggiano 2" e "Seano" e le gallerie naturali "Mecciano", "Sant'Anna" e "Santa Barbara" fanno parte dell'"Asse viario Marche – Umbria e Quadrilatero di penetrazione interna Maxilotto n. 2", Pedemontana delle Marche, tratto "Fabriano – Muccia / Sfercia" (nel seguito indicata anche come PdM), 3° e 4° Stralcio Funzionale nel tratto stradale Castelraimondo Nord – Camerino (Figura 1).

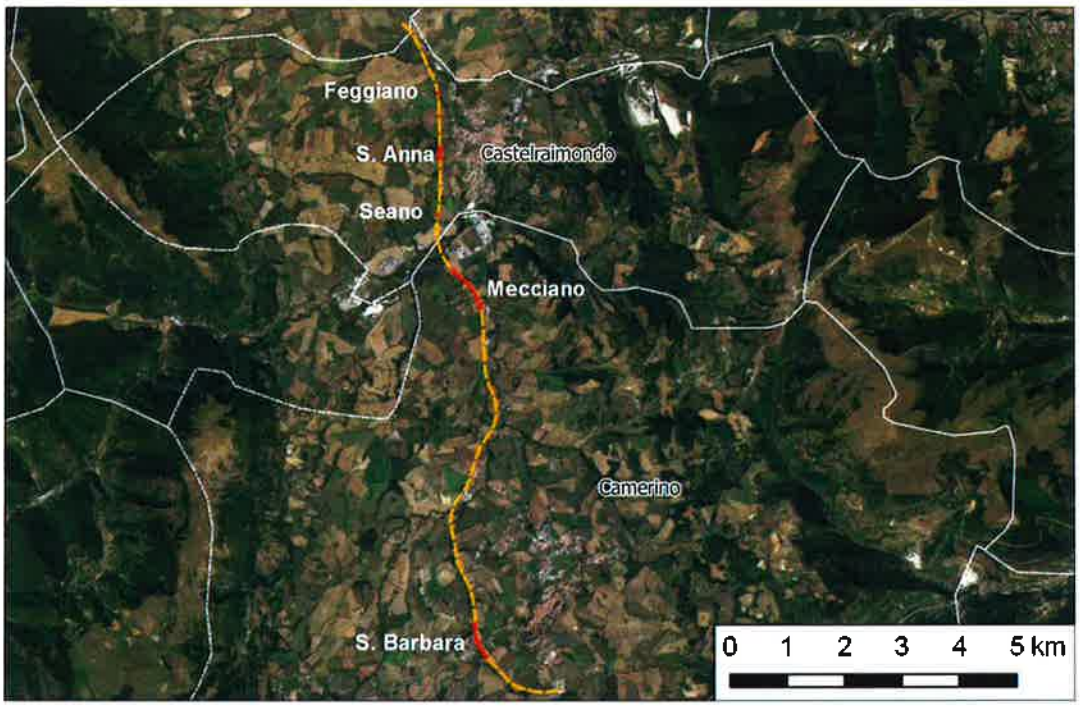


Figura 1. Tracciato del 3° e 4° Stralcio Funzionale della Pedemontana delle Marche (linea arancione) sovrapposto all'ortofoto 2012 (fonte: Portale Cartografico Nazionale) ed ai confini comunali (linee bianche, fonte: ISTAT). In rosso è indicato il tracciato in corrispondenza delle gallerie

In Tabella 1 e Tabella 2 sono riassunte le caratteristiche generali delle opere, desunte dai profili longitudinali geomeccanici del Progetto Definitivo (elaborati [1.7]).

Le due gallerie artificiali (Feggiano 2 e Seano) e la galleria naturale Sant'Anna si estendono in direzione N – S e sono lunghe, rispettivamente: 40 m, 35 m e 135 m.

Le gallerie naturali Mecciano e Santa Barbara sono lunghe, rispettivamente, 810 m e 662 m circa. La galleria Mecciano attraversa, in direzione NNW – SSE, il rilievo su cui è posto l'abitato omonimo (415,43 m). La galleria Santa Barbara passa a SO del centro abitato di Camerino.

Gli imbocchi delle tre gallerie naturali saranno costruiti in artificiale con protesi. I tratti in naturale saranno realizzati scavando piedritti, calotta e, a seguire, l'arco rovescio, con metodo a piena sezione e tecnica di scavo tradizionale con diametro equivalente di 13,2 m e sezione di 135 m². Per l'abbattimento si utilizzerà il martello demolitore o la benna rovescia e gli sfondi avranno lunghezza variabile da 1,0 m a 1,5 m, in funzione delle caratteristiche meccaniche delle formazioni attraversate.

I tracciati attraverseranno formazioni che richiedono i seguenti interventi al fronte prima dello scavo (in relazione alla sezione tipo adottata di volta in volta):

- drenaggi in avanzamento se è presente acqua;
- consolidamento al contorno con infilaggi metallici;
- consolidamento al fronte con tubi in vetroresina (VTR).

Il rivestimento di prima fase prevede:

- centine metalliche, posate in opera con passo compreso tra 80 cm e 120 cm;
- spritz-beton, proiettato tra il contorno dello scavo ed il profilo interno della centina per uno spessore compreso tra 25 e 30 cm, con rete elettrosaldata.

In relazione alle caratteristiche geomeccaniche delle formazioni attraversate, lo scavo ed il rivestimento definitivo dell'arco rovescio saranno realizzati a distanza di 26 m (due diametri) o 40 m (tre diametri) dal fronte. Nel caso in cui l'ammasso sia dotato di più elevata resistenza, l'arco rovescio potrà essere realizzato ad una maggiore distanza dal fronte. Per la realizzazione del rivestimento definitivo della calotta, il Progetto Esecutivo non impone una distanza massima dal fronte.

Si rimanda alla relazione [1.3] ed agli elaborati grafici [1.8] per dettagli sulle sezioni tipo adottate e le fasi / sequenze operative previste dal Progetto Definitivo.

Le gallerie artificiali "Feggiano 2" e "Seano" saranno realizzate con scavo in trincea e pali di sostegno in cemento armato (a protezione delle pareti laterali del successivo scavo in trincea). Infine, viene realizzato in opera il rivestimento della galleria, che viene ricoperta con il materiale precedentemente asportato per ripristinare le morfologie originarie.

Tabella 1. Caratteristiche generali delle gallerie artificiali

	Feggiano 2	Seano
Lunghezza (m)	40	35
Progressiva imbocco Nord (m)	1+340,00	3+450,00
Progressiva imbocco Sud (m)	1+380,00	3+485,00
Quota livelletta imbocco Nord (m s.l.m.)	339,71	337,63
Quota livelletta imbocco Sud (m s.l.m.)	340,62	335,99
Pendenza media	2,27%	4,7%
Quota topografica massima copertura (m s.l.m.)	348,88	349,54

Tabella 2. Caratteristiche generali delle gallerie naturali

	Sant'Anna	Mecciano	Santa Barbara
Lunghezza (m)	195,00	810,00	661,57
Progressiva imbocco Nord (m)	2+295,00	4+530,00	11+068,43
Progressiva imbocco Sud (m)	2+490,00	5+340,00	11+730,00
Quota livelletta imbocco Nord (m s.l.m.)	357,73	334,13	461,20
Quota livelletta imbocco Sud (m s.l.m.)	357,94	347,25	471,77
Pendenza media	0,10%	1,64%	1,6%
Lunghezza tratto di galleria naturale (m)	128,50	669,67	539,24
Lunghezza tratti di galleria artificiale (m)	66,50	130,33	122,33
Copertura massima (m)	25,43	74,77	48,29
Quota topografica massima copertura (m s.l.m.)	379,8	415,35	512,3

4 Inquadramento geologico – strutturale

Dall'analisi della letteratura scientifica, i cui risultati sono riportati di seguito, emerge che il tracciato delle gallerie si sviluppa nell'Appennino Umbro-Marchigiano (Figura 2) ed interessa, per buona parte della sua estensione, il "Bacino di Camerino" (Figura 3), un bacino minore di una più ampia struttura di età miocenica, con asse orientato in direzione appenninica (NW-SE) e delimitato ad Ovest dalla Dorsale Umbro-Marchigiana e ad ESE dalla Dorsale Marchigiana.

Il Bacino di Camerino ha un assetto strutturale (Figura 4) che, per tutta la lunghezza, forma una sinclinale e poggia sulla sottostante formazione dello Schlier con un contatto di tipo stratigrafico. Ad Ovest è circoscritto dalla faglia di Camerino, normale, sinsedimentaria ed immergente ad ENE, mentre ad Est il bordo del Bacino è segnato da una dislocazione tettonica (Scisciani et al. 2000). La faglia di Camerino e la dislocazione tettonica mettono potenzialmente in comunicazione il Bacino con il substrato mesozoico (Figura 4 e Figura 5). Lo Schlier si ritrova anche sul fianco occidentale della sinclinale di Camerino, ad Ovest dell'omonima faglia (Figura 6).

La deposizione delle formazioni nel Bacino (Formazione di Camerino) è stata contemporanea all'innalzamento della catena appenninica e, successivamente, i depositi non hanno subito ulteriori importanti eventi tettonici, a differenza delle dorsali calcaree che bordano il Bacino, le quali sono, invece, estremamente segnate dall'azione tettonica. Pertanto, non si hanno evidenze in letteratura della presenza, all'interno del Bacino, di faglie o dislocazioni tettoniche significative.

Rispetto alla Formazione di Camerino, lo Schlier ha subito maggiori stress tettonici compressivi nella fase di formazione del Bacino sedimentario dove, successivamente, è avvenuta la sedimentazione prevalentemente silicoclastica di tipo torbiditico del Camerino. Di conseguenza, non si esclude l'esistenza di diaclasi e/o zone fratturate nello Schlier.

Il tracciato delle gallerie, oggetto della consulenza, si colloca nella porzione meridionale del Bacino (riquadro rosso in Figura 5). Nel tratto compreso tra la galleria Mecciano e la galleria Santa Barbara il tracciato intercetta il contatto tettonico tra i depositi silicoclastici del Bacino (Formazione di Camerino) e la Formazione dello Schlier, segnato dalla faglia normale di Camerino.

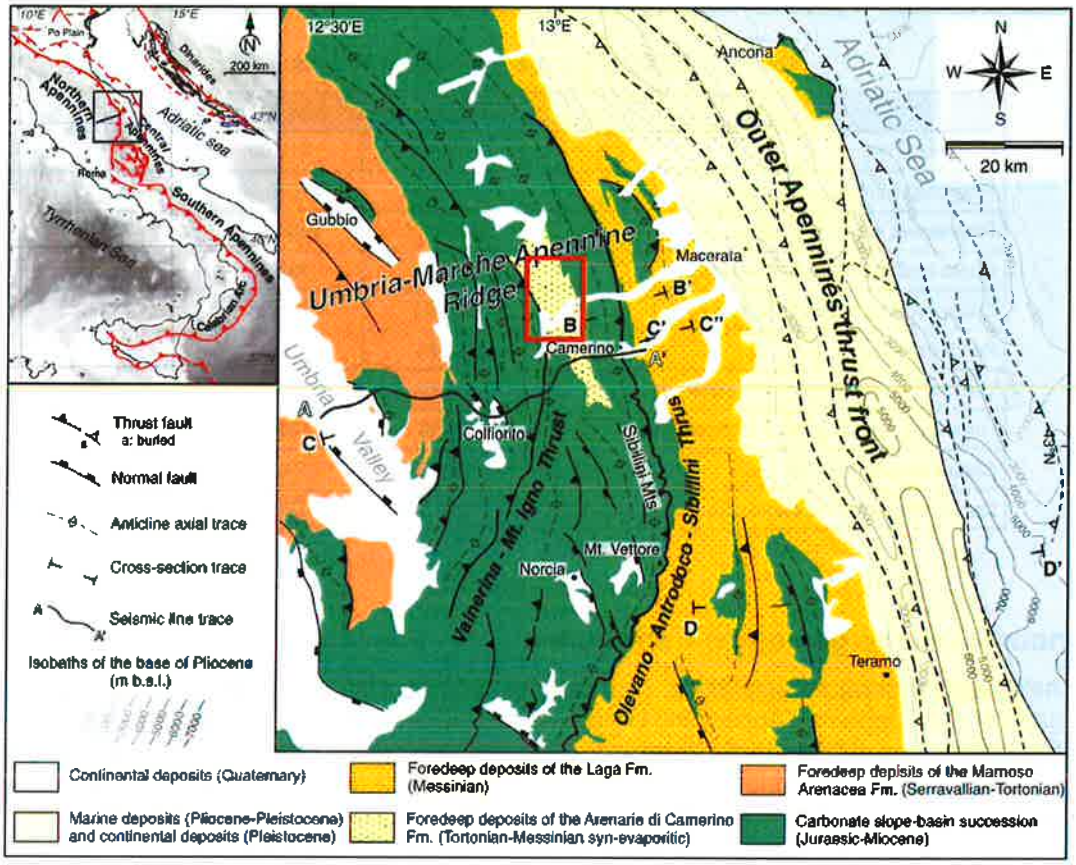


Figura 2. Carta geologico-strutturale delle Marche (Scisciani et al., 2014). L'area in esame è nel riquadro di colore rosso

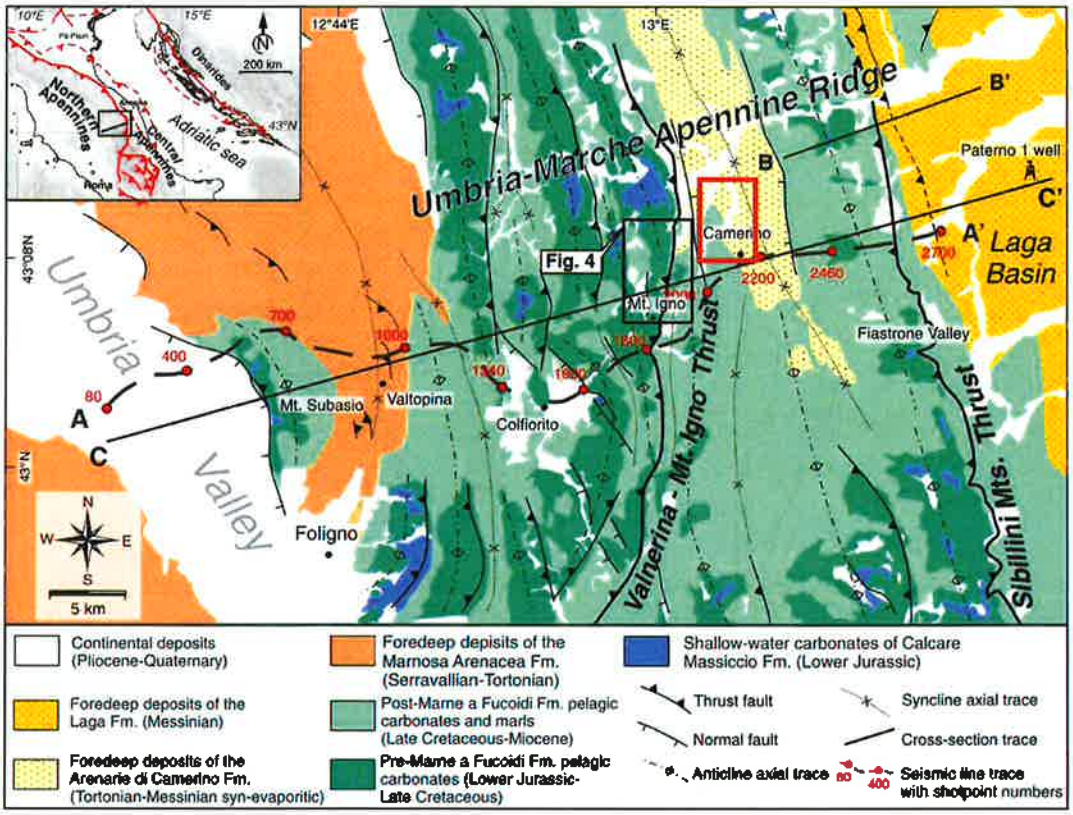


Figura 3. Dettaglio della Figura 2 sull'Appennino Umbro-Marchigiano ed il Bacino di Camerino (Scisciani et al., 2014). L'area in esame è nel riquadro di colore rosso

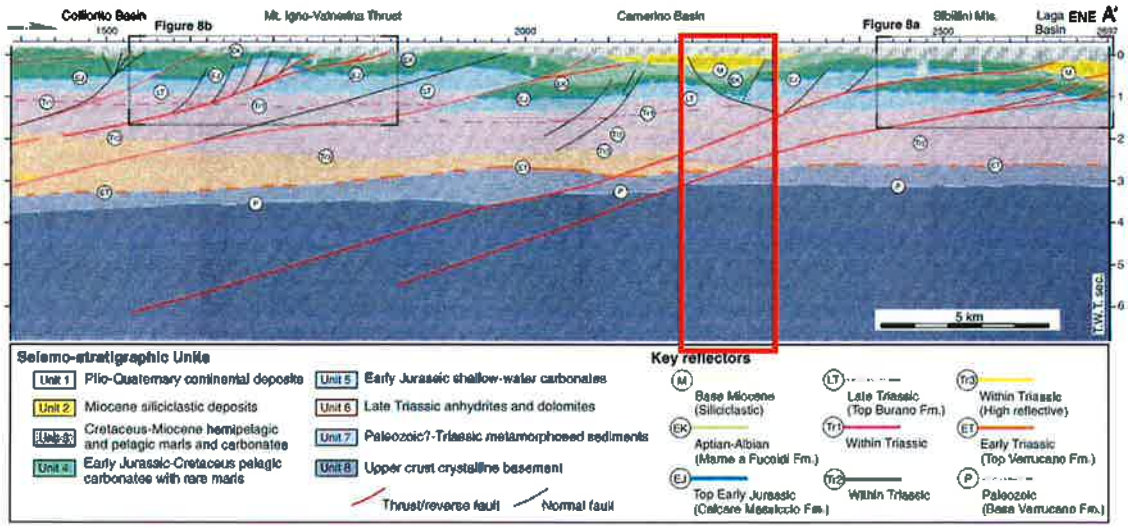


Figura 4. Interpretazione geologica del profilo sismico a riflessione A-A' la cui traccia è riportata in Figura 3. Il profilo è trasversale all'asse del Bacino di Camerino (l'area di interesse è evidenziata con il rettangolo di colore rosso) e passa in prossimità dell'abitato di Camerino e, quindi, indicativa delle formazioni costituenti il substrato del Bacino (da Scisciani et al. 2014, modificata)

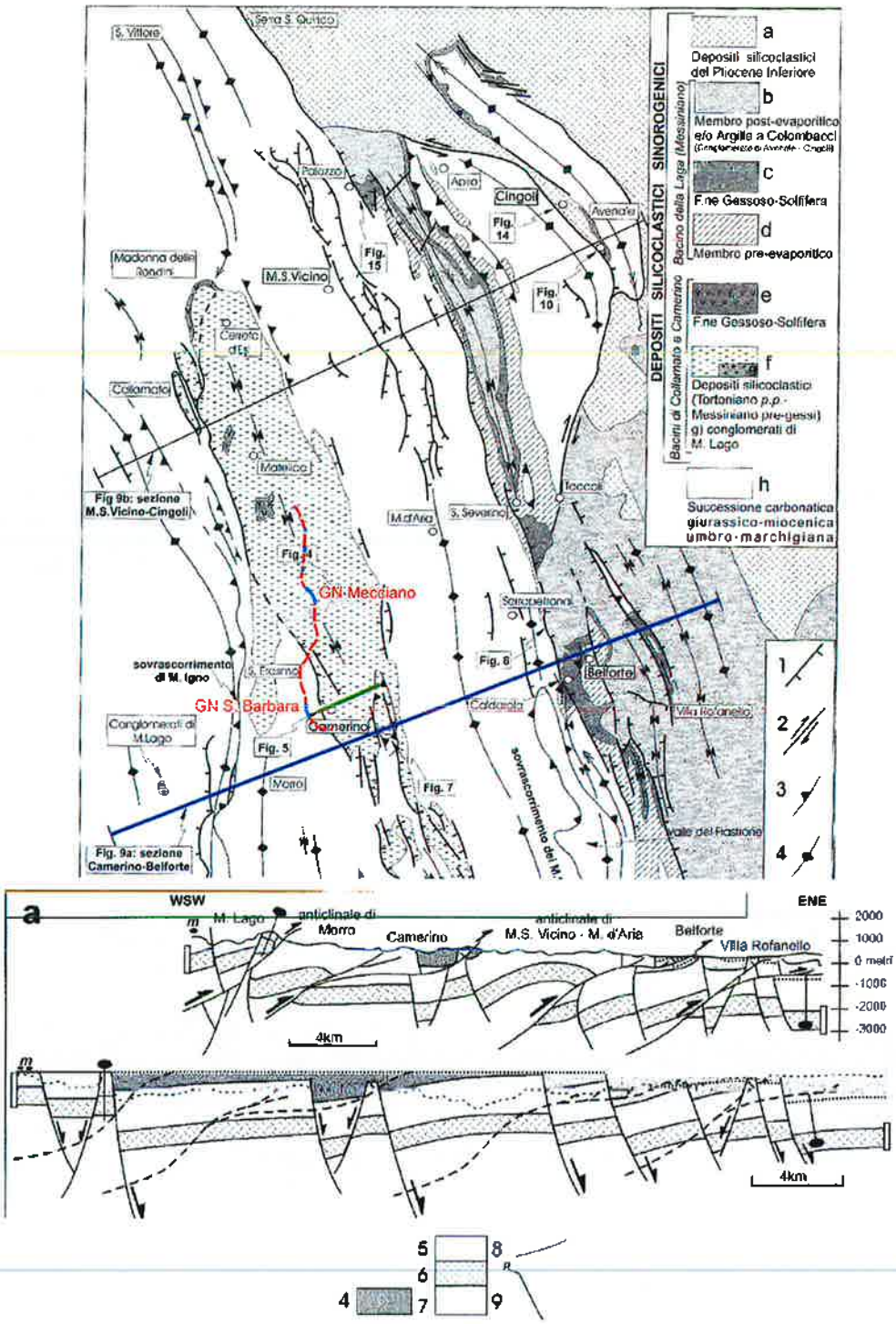


Figura 5. Sezione trasversale (in basso) all'asse del Bacino di Camerino nella porzione meridionale del Bacino (traccia indicata con linea blu nella planimetria in alto). Nella legenda: 4) Depositi silicoclastici Tortoniano p.p. – Messiniani del Bacino di Camerino; 5) Successione pelagica ed emipelagica (Lias medio – Miocene p.p.); Calcare massiccio (Lias inf.); Anidriti di Burano (Triassico superiore); 8) sovrascorrimento 9) faglia normale sinsedimentaria e relativa paleoscarpata (da Scisciani et al., 2000) (da Scisciani et al. 2000)

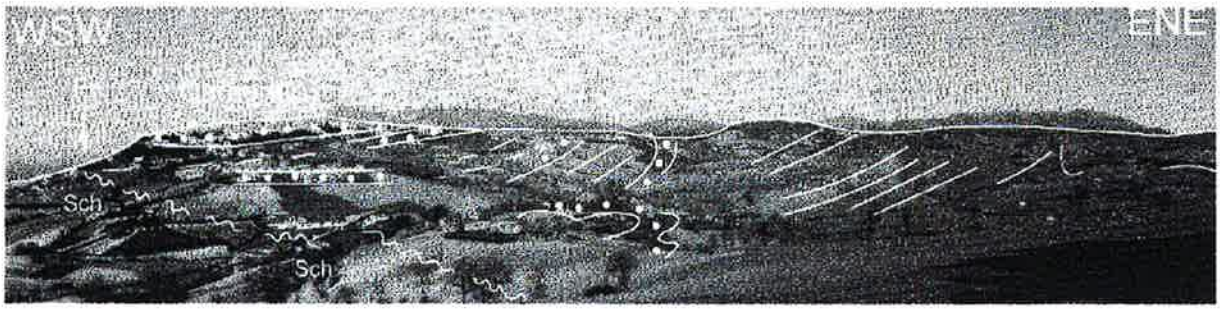


Figura 6. Sezione trasversale all'asse del Bacino di Camerino in corrispondenza dell'abitato di Camerino (traccia indicata con linea verde in Figura 5). È riconoscibile la faglia normale, sinsedimentaria, che borda ad Ovest il Bacino di Camerino. Legenda: Sch) Schlier; AC: Arenarie di Camerino (da Scisciani et al. 2000)

4.1 Litologie interessate dal tracciato delle gallerie

Dall'analisi degli elaborati del Progetto Definitivo si evince che la zona interessata dalle gallerie è caratterizzata (carta degli affioramenti, Figura 7, Figura 8 e Figura 9) dalla presenza di una coltre superficiale costituita da alluvioni terrazzate del Pleistocene, da depositi eluvio-colluviali di età pleistocenica-olocenica e da depositi di versante, per la maggior parte rappresentati da accumuli caotici derivanti da movimenti di massa di varia estensione.

Lungo il tracciato N – S delle gallerie, sotto la coltre alluvionale ed eluvio-colluviale, si riconoscono:

- Formazione di Camerino: sequenza ordinata di strati pelitici ed arenacei, con percentuali variabili dei due litotipi. In particolare, in funzione dei diversi rapporti tra le frazioni pelitica ed arenacea, si distinguono le seguenti facies:
    - associazione pelitica (Pel): rappresentata da marne argillo-siltose scure, a stratificazione sottile, con subordinate peliti arenacee e marne emipelagiche;
    - associazione pelitico-arenacea (PA): costituita da litofacies pelitico-arenacee e subordinatamente da litofacies arenaceo-pelitiche. Questa associazione si rinviene in più livelli, caratterizzati da diversi spessori. Gli strati arenacei, di colore giallastro, tendono ad essere spessi e medio spessi, quelli pelitici e marnosi, di colore scuro, più sottili;
    - associazione arenaceo-pelitica (AP): formata essenzialmente da litofacies costituite da arenarie e marne siltose grigie e, a volte, da litofacies arenacee, pelitico-arenacee e marnose;
- Formazione dello Schlier (Sch): costituita da alternanze di marne, marne siltose calcaree e argillose, a volte arenacee e da calcari marnosi. La stratificazione è medio-sottile, marcata solo in superficie dalla diversa resistenza agli elementi erosivi, mentre in profondità è in genere priva di stratificazione.

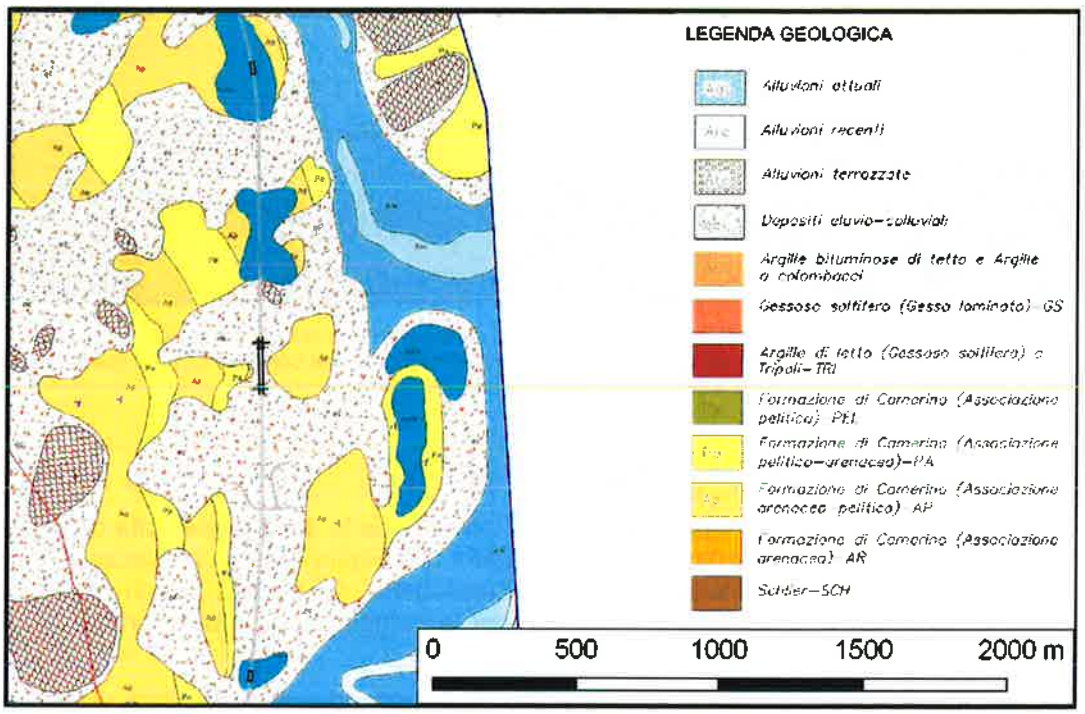


Figura 7. Carta degli affioramenti con indicazione del tracciato (linee nere) delle gallerie Feggiano 2, Sant'Anna e Seano (estratta da [1.5])

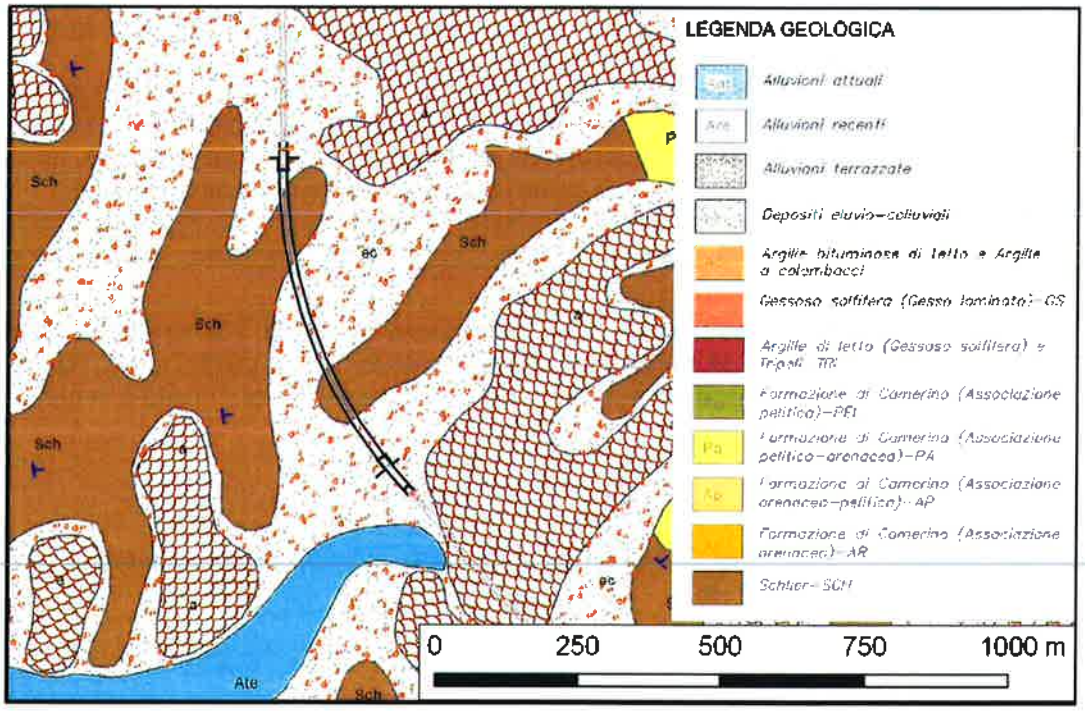


Figura 8. Carta degli affioramenti con indicazione del tracciato (linea nera) della galleria Mecciano (estratta da [1.5])

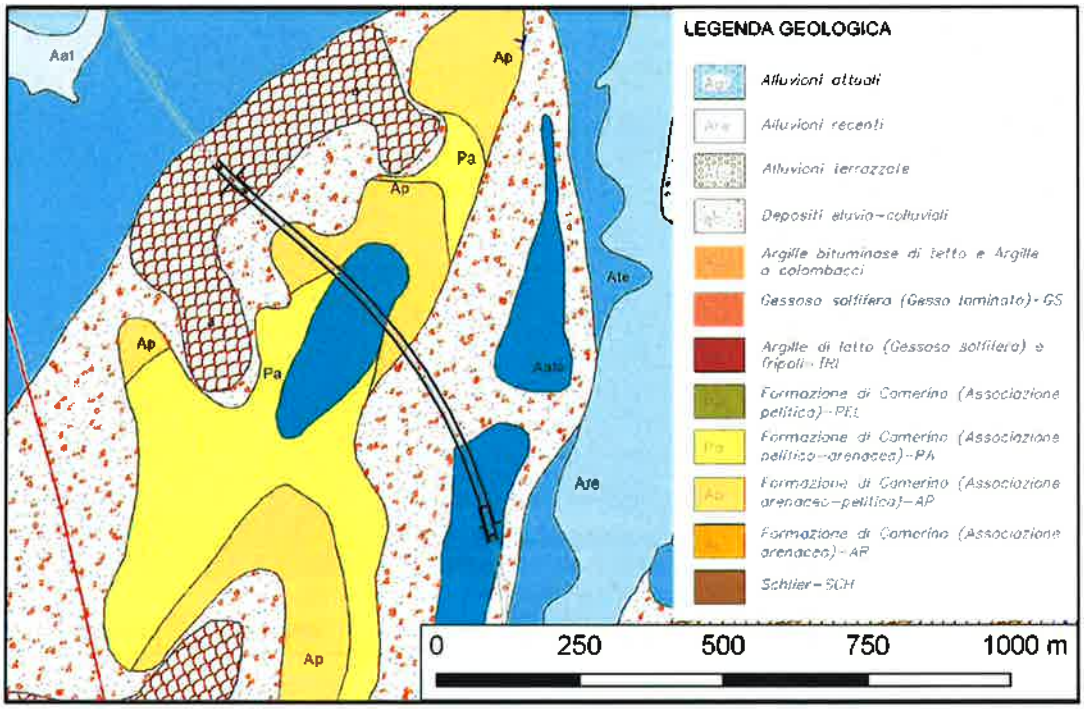


Figura 9. Carta degli affioramenti con indicazione del tracciato (linea nera) della galleria Santa Barbara (estratta da [1.5])

Nelle diverse fasi progettuali sono state eseguite campagne di indagini rivolte a caratterizzare il sottosuolo interessato dalla realizzazione delle gallerie naturali ed artificiali, sotto i profili geologico e geomeccanico.

Tra il 2002 ed il 2017 sono stati realizzati, lungo il tracciato delle gallerie e nelle aree limitrofe, i seguenti sondaggi (Figura 10, Figura 11, Figura 12 e Tabella 3), per lo più a carotaggio continuo:

- 3 sondaggi lungo il tracciato (S31) ed in prossimità (X3.5 e X3.6) della galleria artificiale Feggiano 2;
- 4 sondaggi (S33, BH18, S26, A1.3 e A2.3) lungo il tracciato della galleria naturale Sant'Anna;
- 3 sondaggi (S34, X3.13 e X3.14) in prossimità della galleria artificiale Seano;
- 10 sondaggi lungo il tracciato (S38, SN2226, SN2226bis, A5.3 e A7.3) ed in prossimità (S39, BH8, BH9, A4.3 e X3.18) della galleria naturale Mecciano;
- 8 sondaggi lungo il tracciato (BH10, BH11, A9.3, A10.3 e X4.6) ed in prossimità (S42, S43, ed 4.5) della galleria naturale Santa Barbara.

Tutti i sondaggi, sebbene siano in numero complessivamente limitato, raggiungono profondità pari o superiori alla livelletta del tracciato delle gallerie.

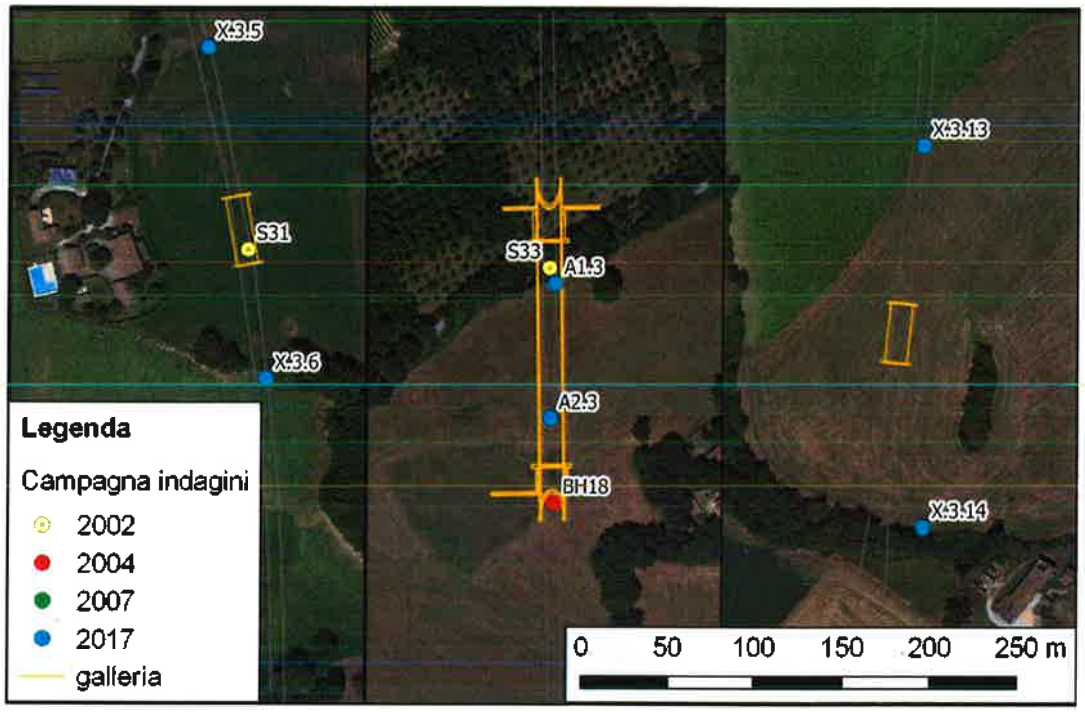


Figura 10. Disposizione planimetrica dei sondaggi in prossimità e lungo il tracciato delle gallerie Feggiano 2 (a sinistra), Sant'Anna (al centro) e Seano (a destra)

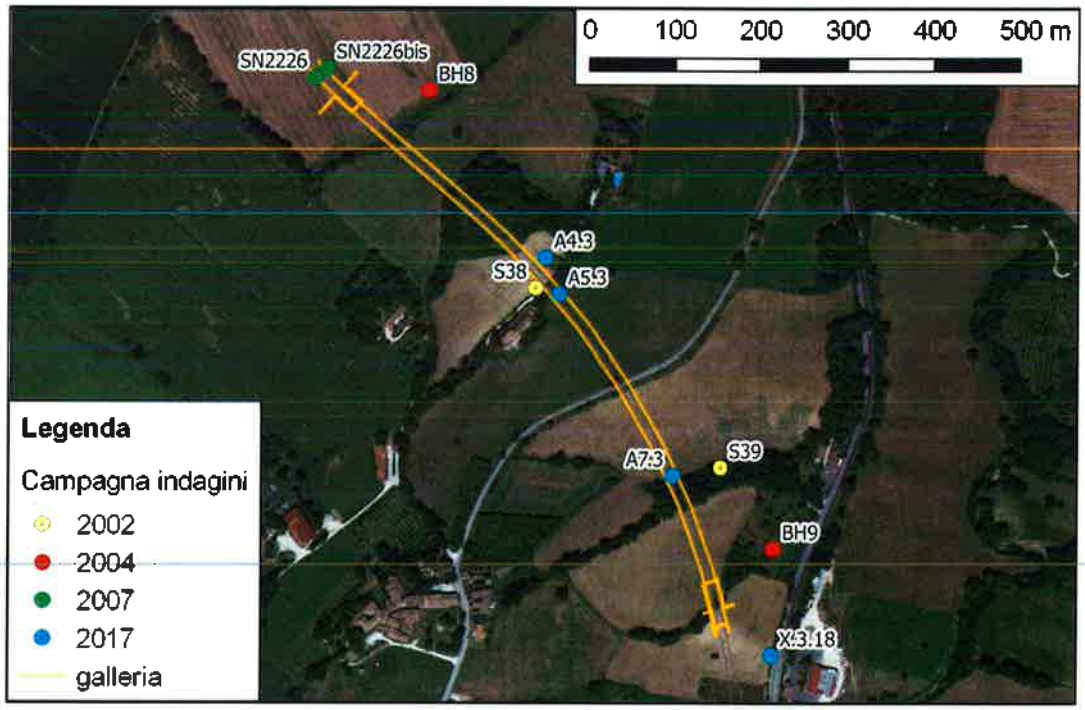


Figura 11. Disposizione planimetrica dei sondaggi lungo il tracciato della galleria Mecciano

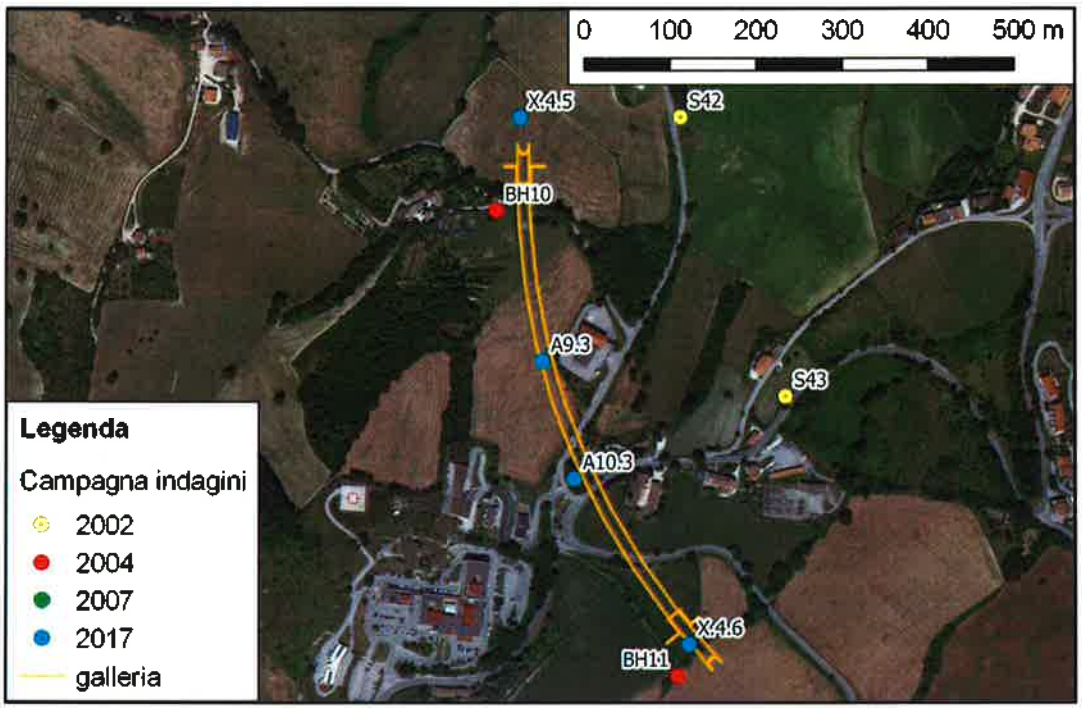


Figura 12. Disposizione planimetrica dei sondaggi lungo il tracciato della galleria Santa Barbara

Tabella 3. Sondaggi in prossimità e lungo il tracciato della gallerie oggetto di classifica: sono indicati i fori in cui sono state eseguite misure piezometriche e di permeabilità (n.d.: dato non disponibile). * Tentativo di esecuzione di 1 prova Lefranc tra 16,5 e 17,5 m s.p.c. (risalita di acqua fino al piano campagna)

Sondaggio	Galleria	Campagna di indagini	Lunghezza (m)	Tipo di perforazione	Misure piezometriche	Misure di permeabilità
S31	G.A. Feggiano 2	2002	n.d.	n.d.	NO	\
X3.5		2017	20	carotaggio	SI	\
X3.6		2017	15	carotaggio	SI	\
S33	G.N. S. Anna	2002	42,2	n.d.	SI	\
BH18		2004	25	n.d.	SI	\
A1.3		2017	55	carotaggio	NO	\
A2.3		2017	48	carotaggio	NO	\
S34	G.A. Seano	2002	30	n.d.	SI	\
X3.13		2017	20	carotaggio	SI	\
X3.14		2017	20	carotaggio	SI	\
S38	G.N. Mecciano	2002	72,2	n.d.	SI	3 Lugeon
S39		2002	20	n.d.	NO	\
BH8		2004	25	n.d.	SI	\
BH9		2004	25	n.d.	SI	\
SN2226		2007	35	carotaggio	NO	1 Lefranc*

Sondaggio	Galleria	Campagna di indagini	Lunghezza (m)	Tipo di perforazione	Misure piezometriche	Misure di permeabilità
SN2226bis		2007	30	distruzione	SI	\
A4.3		2017	107	distruzione / carotaggio	NO	\
A5.3		2017	100	distruzione / carotaggio	NO	\
A7.3		2017	58	carotaggio	NO	\
X3.18		2017	20	carotaggio	SI	\
S42	G.N. S. Barbara	2002	25	n.d.	NO	\
S43		2002	40	n.d.	SI	4 Lugeon
BH10		2004	25	n.d.	SI	\
BH11		2004	n.d.	n.d.	NO	\
X4.5		2017	16	carotaggio	SI	\
A9.3		2017	78	distruzione / carotaggio	NO	\
A10.3		2017	68	distruzione / carotaggio	NO	\
X4.6		2017	15	carotaggio	SI	\

In base alla ricostruzione geologico strutturale del Progetto Definitivo (elaborati [1.7]), le gallerie artificiali Feggiano 2 e Seano dovrebbero attraversare depositi alluvionali terrazzati del Pleistocene, a permeabilità alta, costituiti da ghiaie sabbiose, con intercalazioni di sabbie, limi ed argille (Figura 13). La galleria Seano interesserà anche l'associazione arenaceo-pelitica (AP) del Camerino.

Se si escludono le zone degli imbocchi, che interessano la copertura eluvio-colluviale, le gallerie Sant'Anna (Figura 14) e Mecciano (Figura 15) dovrebbero ricadere interamente all'interno della Formazione di Camerino. Nel caso della galleria Sant'Anna il substrato, sottostante la coltre terrigena, è costituito prevalentemente dall'associazione arenaceo-pelitica del Camerino (AP), mentre lungo il tracciato della galleria Mecciano, procedendo da Nord verso Sud, si dovrebbero attraversare le tre associazioni del Camerino (Tabella 4): arenaceo-pelitica (AP), pelitico-arenacea (PA) e pelitica (Pel).

La galleria Santa Barbara (Figura 16) dovrebbe interessare la Formazione dello Schlier (tra la pk 11+093,5 e la pk 11+661,6). In corrispondenza degli imbocchi, il tracciato attraversa la coltre terrigena superficiale.

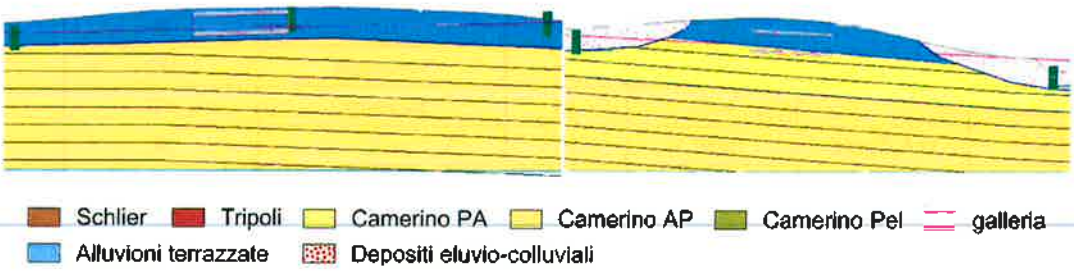
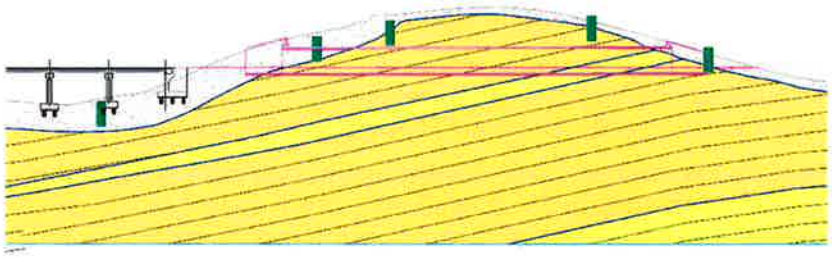
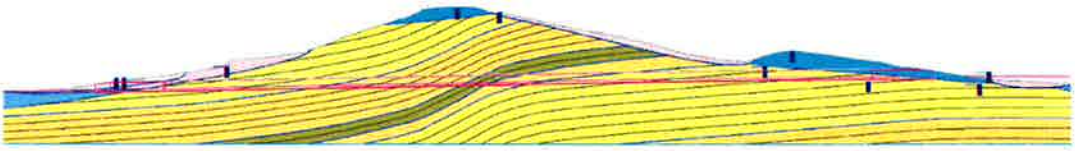


Figura 13. Profili geostrutturali delle gallerie artificiali Feggiano 2 (a sinistra) e Seano (a destra)



Schlier Tripoli Camerino PA Camerino AP Camerino Pel galleria
Alluvioni terrazzate Depositi eluvio-colluviali

Figura 14. Profilo geostrutturale della Galleria Sant'Anna

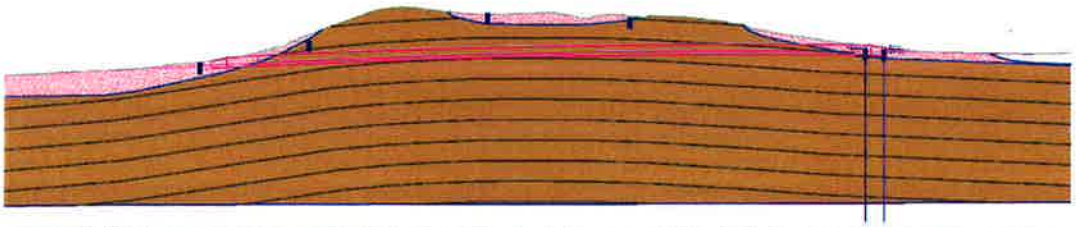


Schlier Tripoli Camerino PA Camerino AP Camerino Pel galleria
Alluvioni terrazzate Depositi eluvio-colluviali

Figura 15. Profilo geostrutturale della Galleria Mecciano

Tabella 4. Litologie interessate dal tracciato della galleria Mecciano ed indicazione delle progressive in base alla ricostruzione geologica del Progetto Definitivo

Litologia	Pk inizio	Pk fine
Copertura eluvio-colluviale	4+530,00	4+550,0
Associazione pelitico-arenacea del Camerino (PA)	4+550,0	4+732,5
Associazione arenaceo-pelitica del Camerino (AP)	4+732,5	4+866,2
Associazione pelitica del Camerino (Pel)	4+866,2	4+893,7
Associazione arenaceo-pelitica del Camerino (AP)	4+893,7	4+940,4
Associazione pelitico-arenacea del Camerino (PA)	4+940,4	5+340,0



Schlier Tripoli Camerino PA Camerino AP Camerino Pel galleria
Alluvioni terrazzate Depositi eluvio-colluviali

Figura 16. Profilo geostrutturale della Galleria Santa Barbara

4.1.1 Caratteristiche geomeccaniche delle formazioni

SERENGEO ritiene che non si possano esprimere valutazioni sulle caratteristiche geomeccaniche delle formazioni interessate dall'opera, a causa del limitato numero di sondaggi (Figura 17 e Figura 18) e di prove di laboratorio rese disponibili dal Progetto Definitivo (elaborato [1.6]).

Ciò nonostante, alcune informazioni sulle litologie interessate dal tracciato si possono desumere dall'esame delle carote e dall'analisi dei risultati delle prove di laboratorio condotte sui campioni prelevati, nelle stesse formazioni geologiche, lungo il tracciato delle gallerie Croce di Calle e Mistrianello (elaborato [2.1]).

L'analisi delle informazioni disponibili indica che la Formazione del Camerino presenta, in genere, proprietà meccaniche molto variabili da uno strato all'altro, in funzione della loro natura (arenacei o pelitici). Gli strati arenacei sono caratterizzati da valori di resistenza uniassiale (da 40 a 60 MPa) superiori rispetto alla resistenza degli strati pelitici (fra 2 e 20 MPa), ma appaiono spesso molto fratturati. I campioni pelitici sono talvolta terrigeni, talvolta litoidi; nel secondo caso, si tratta di rocce generalmente tenere, a resistenza bassa o molto bassa a media. Tale eterogeneità è causata da sensibili variazioni nelle caratteristiche degli strati in termini di granulometria, grado di cementazione, ecc.

I campioni di Schlier appaiono più competenti rispetto a quelli del Camerino, ma caratterizzati spesso da un elevato grado di fratturazione, variabile anche lungo la stessa verticale. Nei tratti con RQD elevato (> 85%) lo Schlier si presenta come una roccia lapidea massiva, con valori di resistenza a compressione uniassiale compresi tra 5 e 50 MPa in relazione alla percentuale di calcare presente. In condizioni alterate l'UCS è inferiore a 1 ÷ 2 MPa.

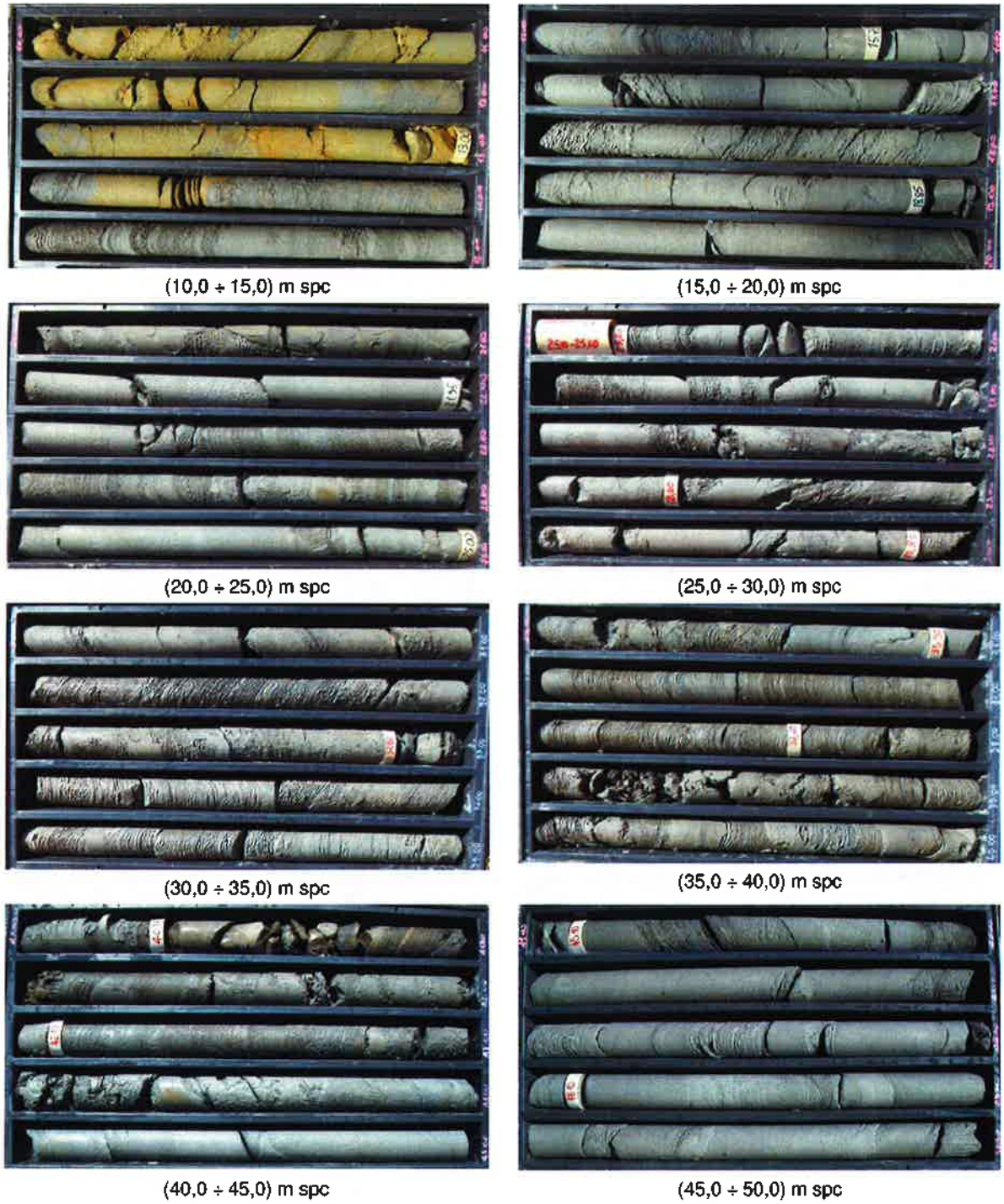


Figura 17. Foto del sondaggio A1.3 (campagna 2017) lungo il tracciato della galleria Sant'Anna: tratto a profondità compresa tra 10,0 e 50,0 m s.p.c. Il substrato sottostante la coltre terrigena è costituita dal Camerino

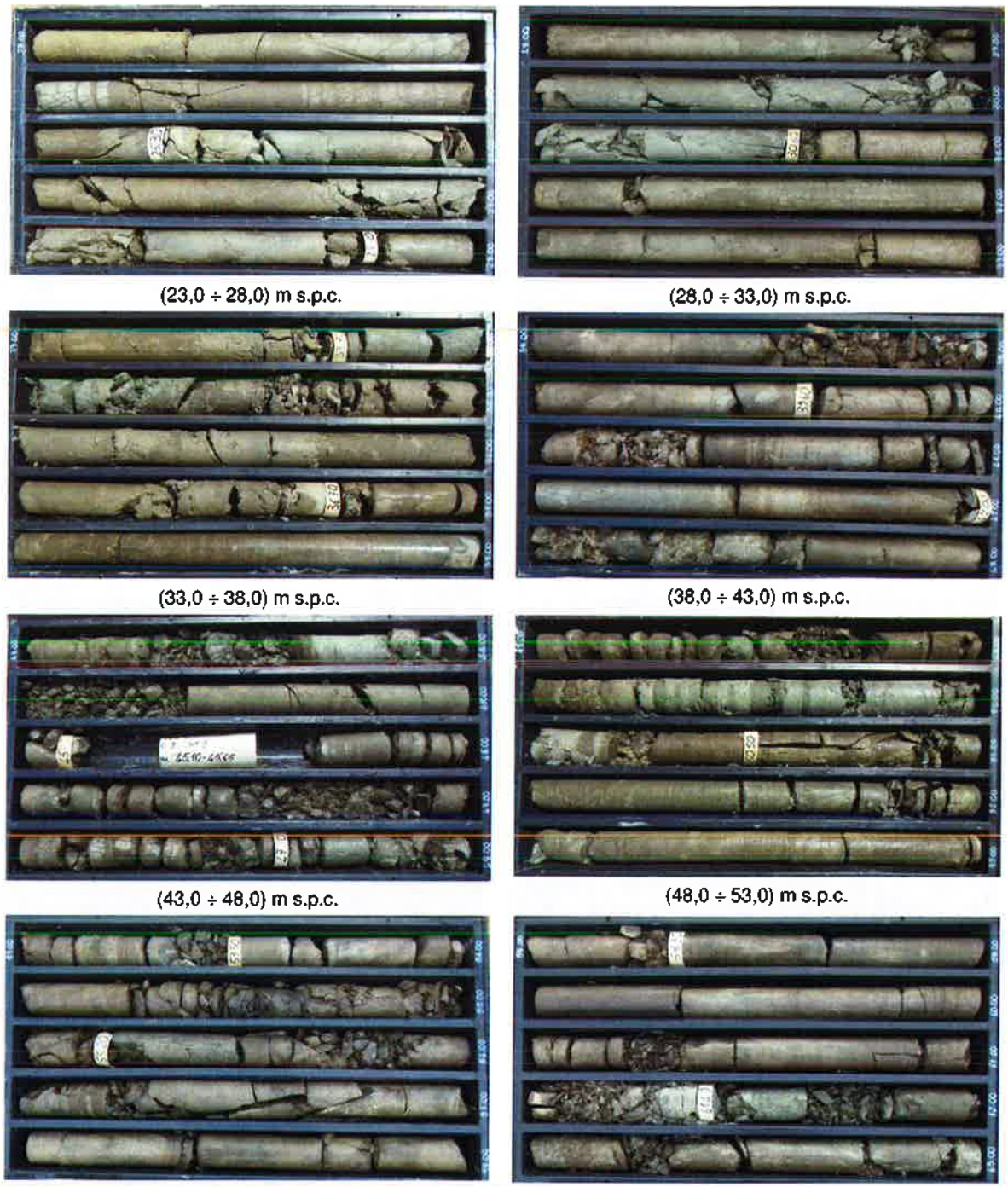


Figura 18. Foto del sondaggio A9.3 (campagna 2017), lungo il tracciato della galleria Santa Barbara: tratto a profondità compresa tra 23,0 e 63,0 m s.p.c. Il substrato sottostante la coltre terrigena è costituita dallo Schlier. È evidente la variabilità del grado di fratturazione lungo la verticale

4.1.2 Misure di permeabilità

Solo in 2 sondaggi (Tabella 5) sono state eseguite prove di permeabilità Lugeon mirate alla definizione delle condizioni idrauliche degli ammassi.

Le indagini sono state condotte solo in un paio di tratti per ogni sondaggio, di lunghezza variabile tra 1,9 m e 4,6 m. Pertanto, i risultati sono da considerarsi puntuali e solamente indicativi della distribuzione delle caratteristiche di permeabilità nell'ammasso che, si ricorda, è una grandezza vettoriale spesso caratterizzata da elevata anisotropia. Inoltre, va considerato che nei terreni con prevalenza di frazioni fini, come nel caso in esame, sulle pareti del sondaggio si può formare uno strato di materiale a grana fine che diminuisce il valore di permeabilità, portando ad una sottostima della misura (skin effect).

Di conseguenza, le modalità con cui sono state progettate e condotte le indagini non consentono di individuare, se non casualmente, la presenza o meno di litologie a bassa permeabilità in grado di "intrappolare" potenziali serbatoi di metano.

Le misure hanno interessato la Formazione del Camerino (sondaggio S38 lungo il tracciato della galleria Mecciano, Figura 19) e la Formazione dello Schlier (sondaggio S43, posto ad una distanza di circa 240 m dal tracciato della galleria Santa Barbara, Figura 20), limitatamente ad un solo sondaggio per formazione.

I valori di permeabilità ottenuti nella Formazione del Camerino (Tabella 5) sono caratteristici di terreni praticamente impermeabili (ordine di grandezza di 10^{-9} m/s), molto probabilmente perché l'indagine ha caratterizzato prevalentemente gli strati pelitici del Camerino.

I valori di permeabilità misurati nello Schlier, variabili tra 10^{-7} e 10^{-9} m/s, sono bassi o molto bassi, ovvero sono tipici di terreni poco permeabili o praticamente impermeabili. In altre parole, le misure non hanno interessato strati fratturati dello Schlier. La permeabilità rilevata alla quota della livelletta della galleria Mecciano è dell'ordine di 10^{-9} m/s (strati pelitici del Camerino).

Tabella 5. Misure di permeabilità eseguite lungo il tracciato delle gallerie oggetto di classifica. I sondaggi sono ordinati in funzione della posizione (da Nord verso Sud) e la litologia nei tratti di foro indagati è stata desunta dai rapporti di prova (elaborati [1.6])

Sondaggio	Galleria	Prova	Profondità sotto boccaforo (m)	Permeabilità (m/s)	Litologia	Formazione
S38	Mecciano	Lugeon	51,65 ÷ 55,20	$1{,}00 \cdot 10^{-9}$	Arenarie fini e medio-fini alternate a subordinate siltiti marnose e marne siltose	Camerino
		Lugeon	58,10 ÷ 62,40	$9{,}00 \cdot 10^{-9}$		
		Lugeon	68,00 ÷ 72,20	$4{,}00 \cdot 10^{-9}$		
S43	Santa Barbara	Lugeon	8,90 ÷ 11,50	prova nulla	Marne siltose e siltiti marnose molto fratturate	Schlier
		Lugeon	19,40 ÷ 21,30	$2{,}86 \cdot 10^{-7}$	Siliti marnose e marne siltose fratturate	
		Lugeon	24,00 ÷ 28,00	$2{,}30 \cdot 10^{-9}$	Calcareniti con arenarie fini e marne siltose	
		Lugeon	28,40 ÷ 33,00	$1{,}00 \cdot 10^{-9}$	Siltiti marnose e marne siltose	

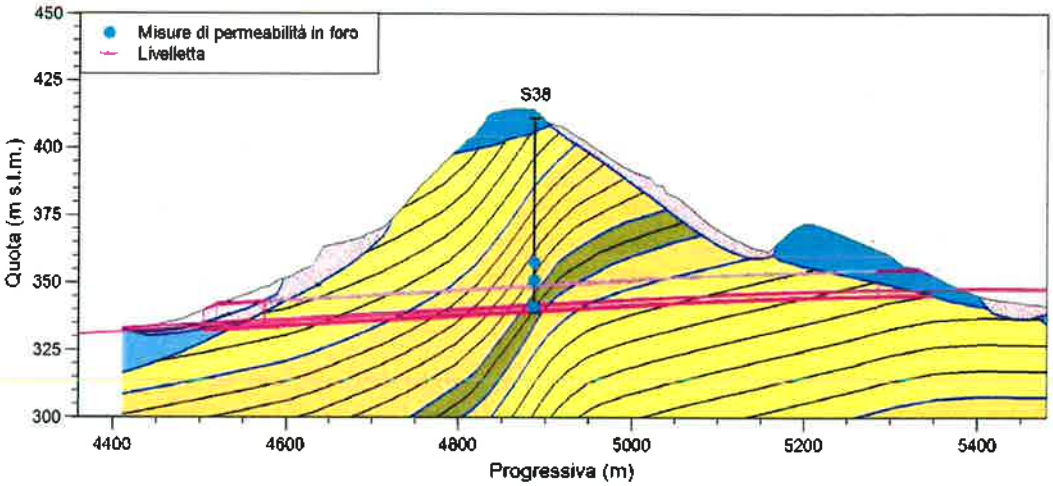


Figura 19. Misure di permeabilità in foro lungo il tracciato della galleria Mecciano: ubicazione dei punti di campionamento (pallini ciano) rispetto alla quota della livelletta della galleria (linea continua magenta)

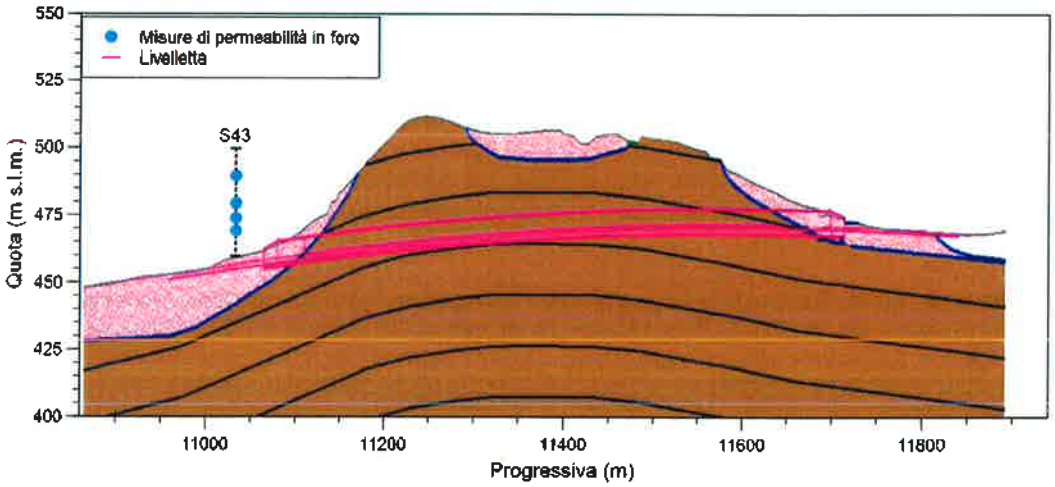


Figura 20. Misure di permeabilità in foro lungo il tracciato della galleria Santa Barbara: ubicazione dei punti di campionamento (pallini ciano) rispetto alla quota della livelletta della galleria (linea continua magenta). Il sondaggio S43 (linea tratteggiata) è proiettato sul profilo geostrutturale

4.2 Geostrutture lungo il tracciato delle gallerie

La principali strutture tettoniche presenti nell'area del 3° e 4° Stralcio Funzionale della PdM hanno direzione appenninica, NW – SE, e sono tendenzialmente parallele all'asse della sinclinale del Bacino di Camerino ma esterne ad esso (Figura 2).

I documenti di progetto (cfr. elaborato [1.1]) non forniscono informazioni sulla presenza o meno di geostrutture lungo il tracciato delle gallerie, perché non sono state condotte indagini geofisiche profonde (sismica a riflessione) nell'area di interesse e perché l'assenza di affioramenti sufficientemente estesi delle formazioni (Camerino e Schlier) lungo il tracciato non ha consentito il riconoscimento di dislocazioni tettoniche significative (faglie) in superficie. Come già anticipato, infatti, l'area è caratterizzata dalla presenza di una coltre di depositi recenti (alluvioni, accumuli di frana) e di alterazione eluviale, che si estende lungo l'intero tracciato senza soluzione di continuità.

Ciò nonostante, considerata anche la sismicità dell'area (Figura 21), non si può escludere l'esistenza di discontinuità e/o fratture nell'ammasso, che possono determinare un collegamento idraulico con potenziali accumuli profondi di metano. Tra l'altro, il contatto tra il Camerino e lo Schlier in questa porzione del tracciato (tratto compreso tra le gallerie Mecciano e Santa Barbara) è di tipo tettonico, corrispondente ad una faglia normale (Figura 6) secondo Scisciani et al. (2000). Inoltre, lo Schlier, che è stato oggetto di maggiori sollecitazioni tettoniche durante la formazione del Bacino di Camerino, risulta generalmente interessato da un diffuso clivaggio che ne oblitera la stratificazione, con superfici traslucide (Figura 18) e giunti e presenza di fratture, spesso ricementate da calcite secondaria.

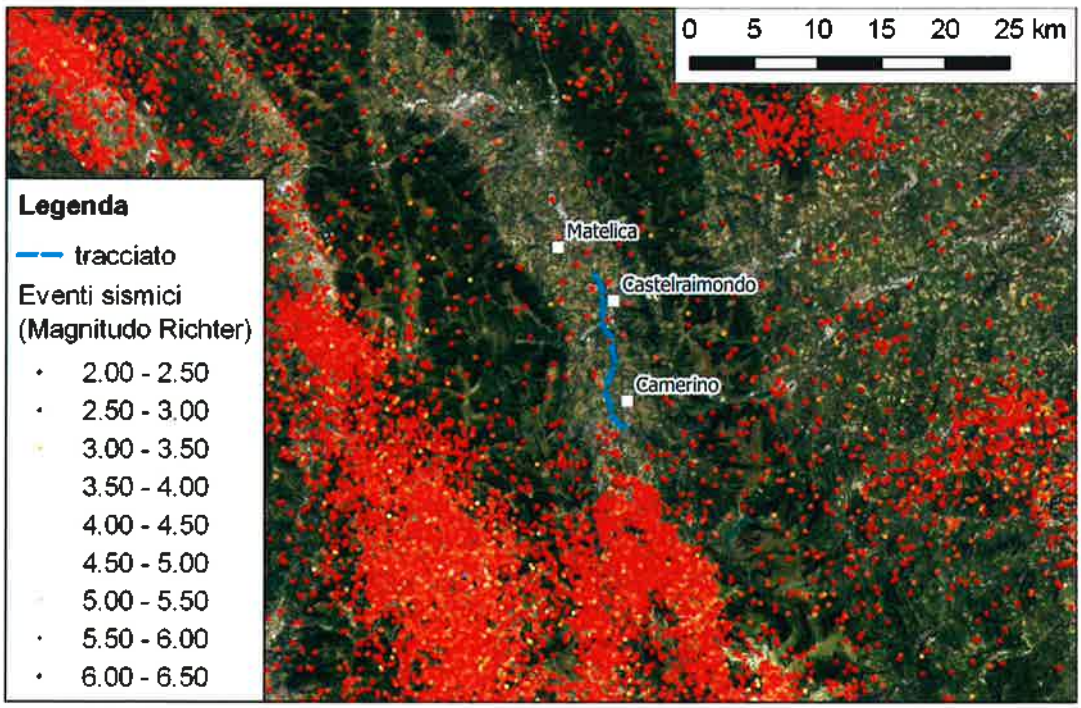


Figura 21. Distribuzione dei sismi (fonte: Iside, periodo 1900 – 2017) nella zona prossima all'area in esame

5 Studi e ricerche sulla possibilità o meno che le formazioni attraversate dalle gallerie determinino afflussi di metano nel cantiere sotterraneo

Gli studi e le ricerche, condotte da SERENGEO nell'ambito della consulenza, sulla presenza di metano nel sottosuolo interessato dalla realizzazione delle gallerie in progetto non sono finalizzati a determinare la genesi "locale" del metano, le modalità di migrazione ed accumulo del gas, la determinazione esatta della posizione delle sorgenti e la quantificazione degli afflussi. Dal punto di vista tecnico e scientifico, non ha senso investigare sui livelli di metano presenti negli ammassi, cercando di definirne natura, origine e localizzazione delle sorgenti.

Gli accumuli di metano di interesse ingegneristico nella realizzazione di gallerie sono, perlopiù, geometricamente limitati e raramente contengono volumi economicamente interessanti per l'industria degli idrocarburi. Peraltro, una volta intercettati, presentano modalità emissive molto varie.

Per classificare le gallerie o i tratti di gallerie contro il rischio associato a miscele aria – metano, è necessario definire, sulla base di ipotesi realistiche, la presenza di grisù, lungo il tracciato o in prossimità dello stesso, associato a "trappole" (pieghe anticlinali sovrastate da strati impermeabili, olistostromi – volumi di roccia permeabile avvolti da roccia o terreno impermeabile, ecc.) e potenziali vie di flusso (faglie, fratture). Le trappole possono, o meno, contenere i cosiddetti "serbatoi", così come le faglie possono collegare serbatoi profondi alle quote interessate dagli scavi.

La tecnica con cui condurre i sondaggi esplorativi per la ricerca del metano deve essere in grado di mettere in evidenza tutti gli indizi utili a determinarne la presenza. Se non si fa ricorso a soluzioni specifiche, il sondaggio può limitare o favorire solo parzialmente l'emissione del gas dalla formazione rocciosa intorno al foro. La presenza del fluido di perforazione e le frazioni fini dei cutting possono ridurre la permeabilità delle pareti del foro per la formazione di uno strato pellicolare che ne ostruisce le discontinuità ed i pori (skin effect).

Pertanto, per migliorare il livello dell'indagine, occorre isolare le porzioni di foro interessate dalle indagini con dei packer, svuotare il tratto dal fango di perforazione ed eseguire un profondo lavaggio delle pareti, per favorire l'emissione di metano e la sua individuazione e caratterizzazione.

Una seconda soluzione è la "gas-trap", adottata solo recentemente nelle indagini per la realizzazione di alcune gallerie come, ad esempio, la galleria Sparvo (VAV), le gallerie della D.G. 41 (3° Megalotto della SS 106 Ionica) e la galleria "Serre" (Pedemontana delle Marche, Sub Lotto 2.1). Tale tecnica, che trae origine dal sistema del "mudlogging" utilizzato in campo petrolifero, consente di monitorare con continuità il metano liberato dai fluidi di perforazione, caratterizzandone pressione e temperatura, secondo un protocollo standard (Whittaker 1992; Whittaker 1987).

Rispetto alle indagini eseguite con packer, la gas-trap presenta costi e tempi di esecuzione ridotti, ma la significatività delle indagini è limitata dalla riduzione di permeabilità delle pareti del foro a causa del fluido di perforazione e delle frazioni fini dei cutting che determinano skin effect.

In altri termini, sebbene questa tecnica consenta di associare i parametri di perforazione (profondità e velocità di perforazione, pressione e temperatura dei fluidi di perforazione) all'emissione di metano (pressione e portata di metano), non consente di determinare con certezza la posizione della sorgente del flusso di metano e di eliminare lo strato pellicolare che limita la permeabilità delle pareti del foro.

5.1 Presenza di metano nelle aree limitrofe al tracciato delle gallerie oggetto di classifica tecnica

L'analisi condotta da SERENGEO sui titoli (permessi di ricerca, concessioni per la produzione di idrocarburi e per lo stoccaggio di CO_2) e sui siti minerari nella Provincia di Macerata ha messo in evidenza la presenza di concessioni per la produzione di gas naturale e di pozzi esplorativi (di profondità variabile da 1100 m a 3200 m) ad una distanza di circa 25 km dal tracciato delle opere di interesse (Figura 22).

Le stratigrafie dei pozzi Paterno 001 e Nardi 001 (Allegati 1 e 2) sottolineano la presenza di formazioni carbonifere e, sebbene i pozzi risultino sterili sotto il profilo industriale della produzione mineraria di idrocarburi, forniscono elementi evidenti della possibile presenza di metano nel profondo. Tale condizione, come già discusso nel capitolo 4, non può escludersi a priori, sulla base delle informazioni disponibili e dell'assetto geologico – strutturale dell'area di interesse.

Informazioni utili ai fini della classificazione delle gallerie si possono desumere dal monitoraggio delle concentrazioni di metano nei sondaggi prossimi ai tracciati delle gallerie Serre, Croce di Calle e Mistrianello (primo e secondo stralcio funzionale, cfr. elaborati [2.1] [2.2] e [2.3]). Le tre gallerie sono a pochi chilometri di distanza dal tracciato delle opere del 3° e 4° Stralcio Funzionale, ma sono interessanti poiché intercettano lo Schlier ed il Camerino.

I rilievi eseguiti durante l'esecuzione dei sondaggi hanno mostrato la presenza di metano in quasi tutti i fori, con emissioni di entità e durata variabili da un foro all'altro, spesso accompagnate da rilascio di CO.

Lungo il tracciato della galleria Serre si sono registrate venute di metano durante la perforazione dei fori di sondaggi sia nello Schlier che nel Camerino, a partire da una profondità di 21 m s.p.c. ed anche a foro aperto.

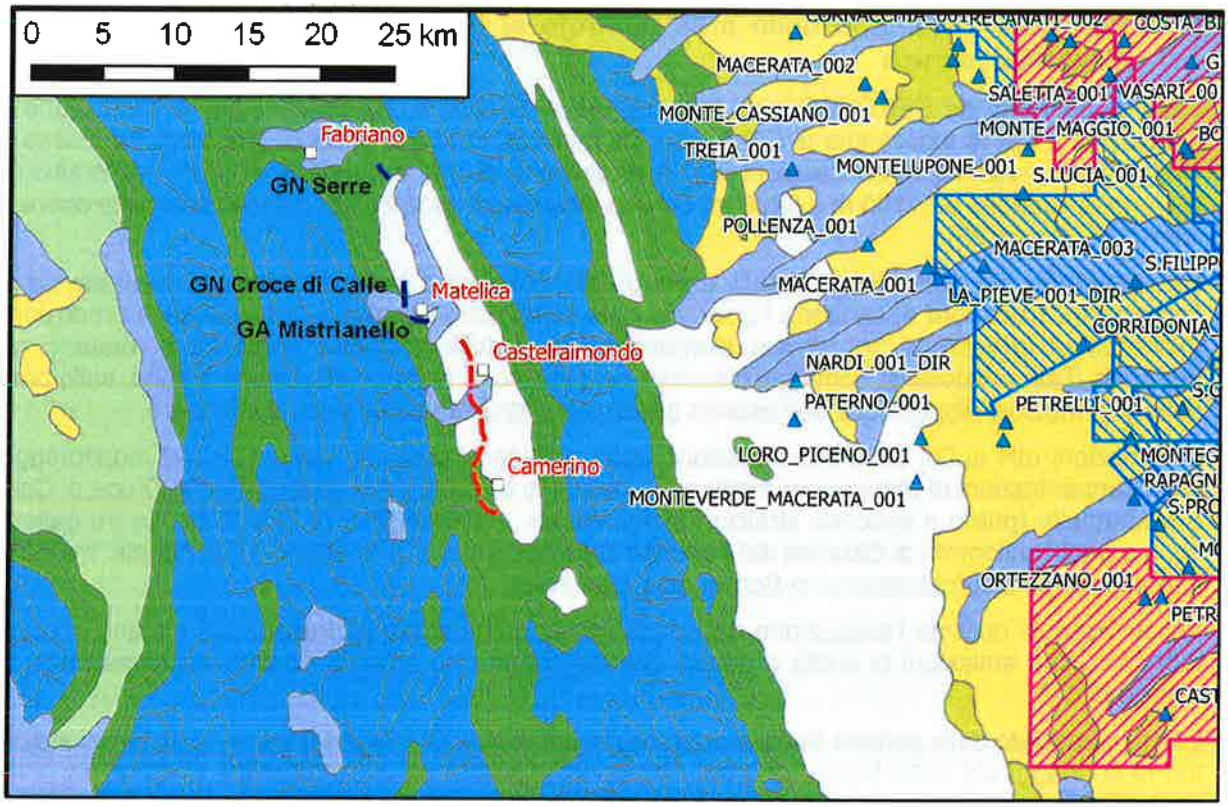
Nel caso della galleria Croce di Calle, le emissioni più significative si sono verificate nella porzione settentrionale del tracciato, che interessa il Camerino, laddove l'analisi delle stratigrafie dei sondaggi ha messo in evidenza la presenza di uno strato superficiale di peliti.

Emissioni più contenute e di breve durata sono state rilevate nel Camerino in presenza di porzioni arenacee fratturate ma con fratture prevalentemente chiuse, ricementate a calcite e/o in assenza del tetto pelitico.

Lungo il tracciato della galleria artificiale Mistrianello e nei tratti da realizzare con scavo in trincea le manifestazioni di metano più evidenti si sono osservate nel foro A16.2 (cfr. elaborato [2.1]), in corrispondenza del quale è presente uno strato superficiale pelitico nel substrato (Formazione del Camerino), seguito da una successione di marne argillose alternate ad arenarie, a tratti fratturate.

Negli altri fori le emissioni sono state più contenute e di breve durata, a partire da una profondità, nella maggioranza dei casi, di oltre 22,0 m s.p.c; in metà dei fori si sono verificate emissioni solo effettuando la misura alcune ore dopo la chiusura del boccaforo con nastro adesivo.

In generale, si ritiene, con buona probabilità, che le manifestazioni di metano riscontrate a boccaforo e nei rilievi in foro lungo il tracciato delle gallerie Serre, Croce di Calle e Mistrianello siano associabili a strati arenacei fratturati, a più elevata permeabilità.



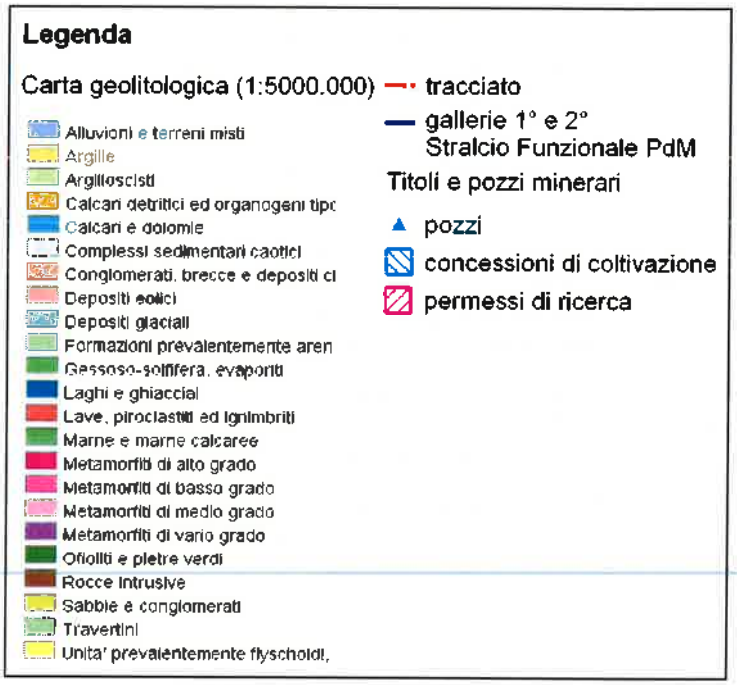


Figura 22. Tracciato dell'opera sovrapposto alla carta geolitologica, ai pozzi ed ai titoli minerari. I pozzi esplorativi "Paterno 001" e "Nardi 001 dir" si trovano a circa 25 km dal tracciato

5.2 Presenza di metano lungo il tracciato

Misure strumentali, rivolte ad accertare l'esistenza o meno di presumibili emissioni di metano dalle formazioni interessate dall'opera infrastrutturale, sono state realizzate durante la perforazione dei sondaggi geognostici eseguiti, nel 2017, lungo il tracciato delle gallerie (cfr. paragrafo 4.1). I controlli sono stati eseguiti a boccaforo, con esplosimetro manuale, dotato di sensori per rilevare le concentrazioni di O_2, H_2S, CO e CH4.

Lo strumento fornisce i valori di concentrazione volumetrica in percentuale (O_2) e ppm (H_2S e CO). La concentrazione di CH_4 è espressa come percentuale del "Limite inferiore di esplosività" (LEL), pari al 5% in volume (Figura 23).

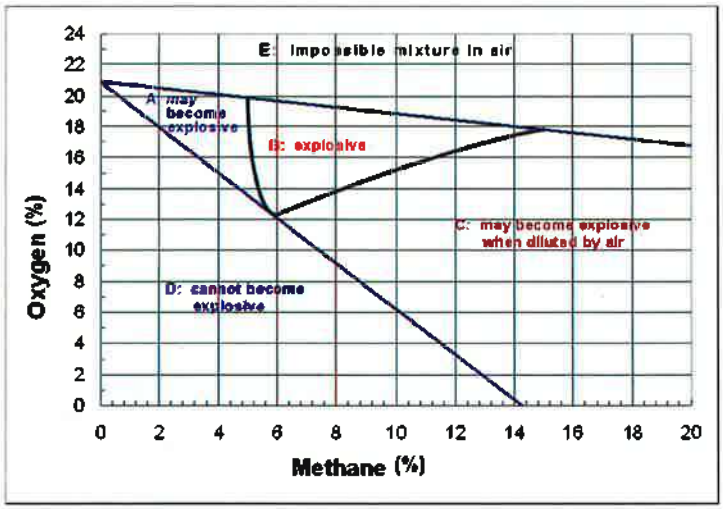


Figura 23. Triangolo di Coward (1928) che definisce il campo di esplosività della miscela aria-metano

Le misure sono state eseguite durante la realizzazione dei sondaggi, posizionando lo strumento a boccaforo ed inserendo dentro il foro il tubo di campionatura dello strumento, con la ventola di aspirazione accesa.

Nei tratti di foro perforati con carotaggio, le misure di concentrazione dei gas sono state eseguite ad ogni fine manovra di recupero della carota. Nel caso dei sondaggi a distruzione di nucleo, la rilevazione è stata effettuata generalmente ogni 3 m di avanzamento, interrompendo temporaneamente la perforazione, nel foro privo di aste di perforazione.

Le misure sono state effettuate prevalentemente a foro aperto, rivestito fin dai primi metri con tubi di acciaio. Al termine di ogni giornata lavorativa, sia nel caso di perforazioni a carotaggio che a distruzione di nucleo, il foro è stato chiuso con nastro adesivo da imballaggi. La prima misura giornaliera è stata, quindi, generalmente effettuata praticando un taglio sul nastro adesivo e calando dentro al foro il tubo di campionatura dello strumento. La stessa procedura è stata adottata anche a metà giornata, in occasione delle pause pranzo.

Le modalità di misura adottate non consentono di caratterizzare, se non indicativamente e qualitativamente, i flussi di metano dal sottosuolo verso il foro in termini di profondità della sorgente, intensità e durata dei flussi.

È stato rilevato metano a boccaforo in quasi tutti i fori di sondaggio eseguiti lungo il tracciato delle gallerie (da Figura 24 a Figura 30). Solo nei fori X3.14, X3.18, X4.5 e X4.6, caratterizzati da profondità inferiori a 20 m (Tabella 6), i valori di concentrazione si sono sempre mantenuti nulli.

Le manifestazioni hanno interessato sia la Formazione del Camerino sia lo Schlier ed in alcuni sondaggi si sono misurati valori non nulli, dell'ordine delle unità di % LEL, anche in corrispondenza del passaggio dalla coltre terrigena di copertura al substrato roccioso (profondità delle prime emissioni compresa tra 6,0 e 9,0 m s.p.c.).

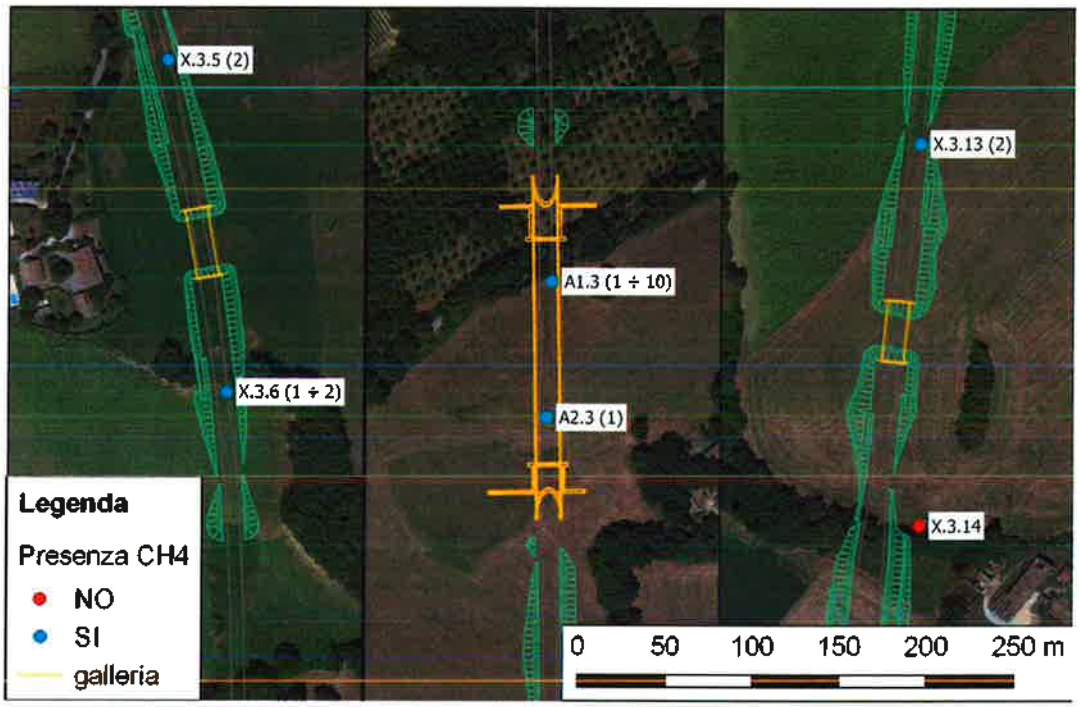


Figura 24. Tracciato delle gallerie Feggiano 2 (a sinistra), Sant'Anna (al centro) e Seano (a destra) su ortofoto (fonte: Google Satellite) con indicazione dei sondaggi (pallini azzurri) in cui sono state registrate emissioni di metano (% LEL)

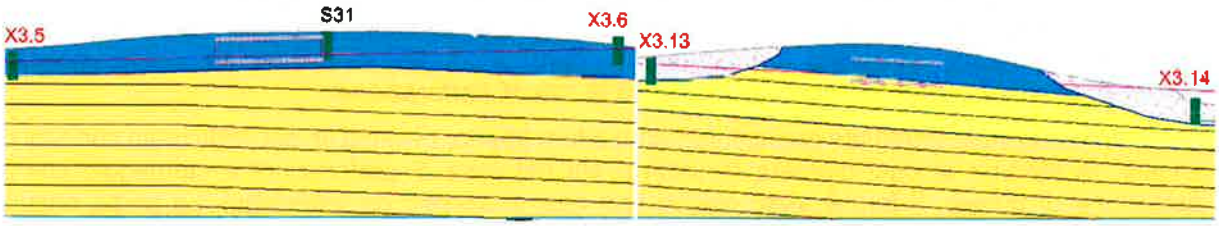


Figura 25. Gallerie Feggiano 2 (a sinistra) e Seano (a destra): profilo geostrutturale con indicazione dei sondaggi in cui sono state registrate emissioni di metano (etichette in rosso)

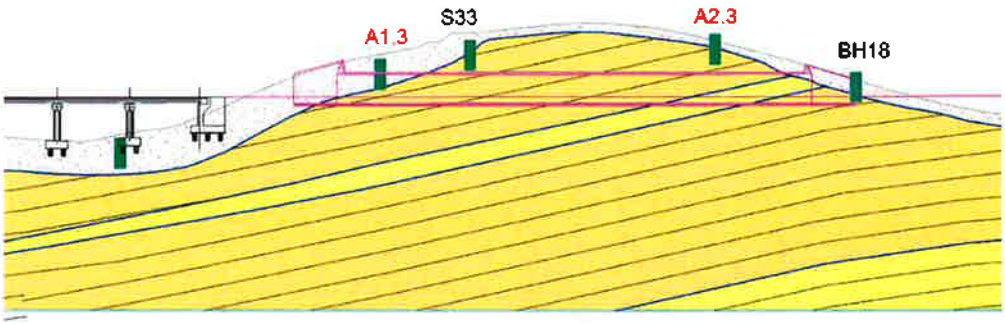


Figura 26. Galleria Sant'Anna: profilo geostrutturale con indicazione dei sondaggi in cui sono state registrate emissioni di metano (etichette in rosso)

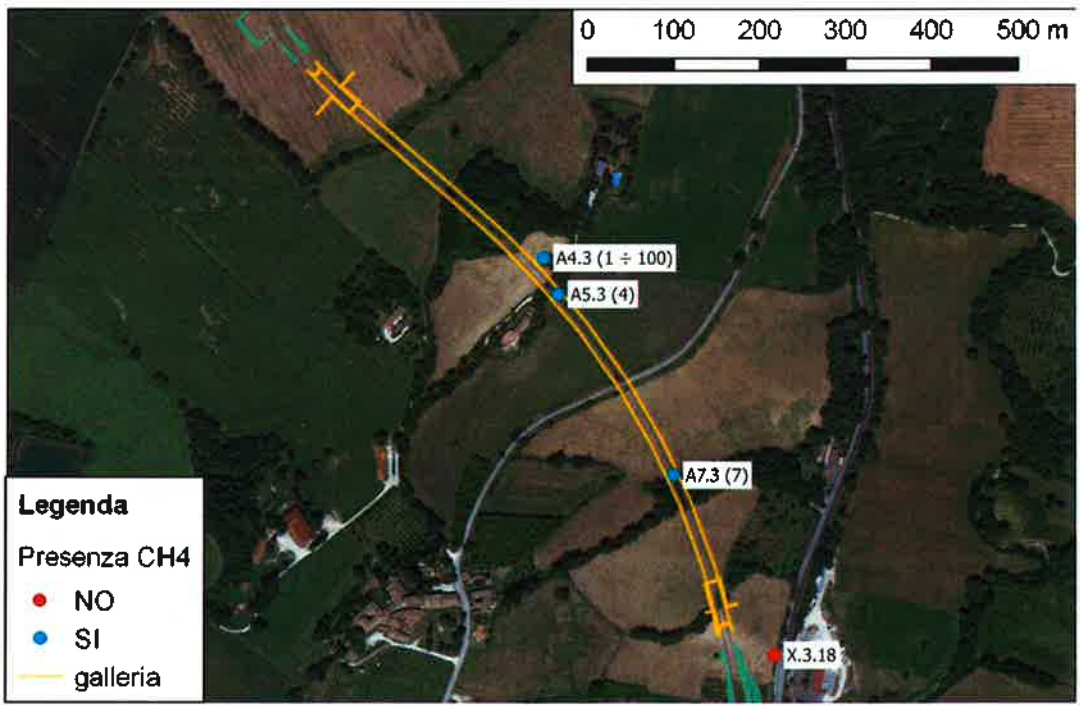


Figura 27. Tracciato della galleria Mecciano su ortofoto (fonte: Google Satellite) con indicazione dei sondaggi (cerchi azzurri) in cui sono state registrate emissioni di metano (% LEL)

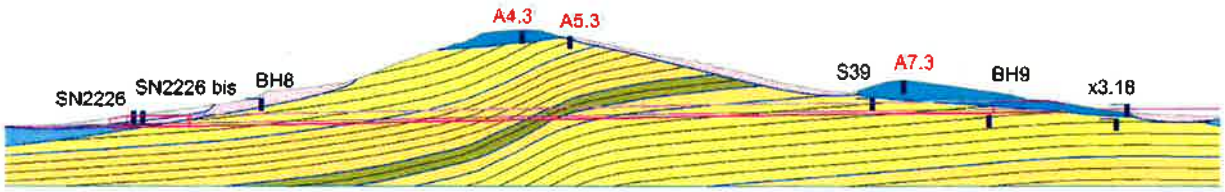


Figura 28. Galleria Mecciano: profilo geostrutturale con indicazione dei sondaggi in cui sono state registrate emissioni di metano (etichette in rosso)

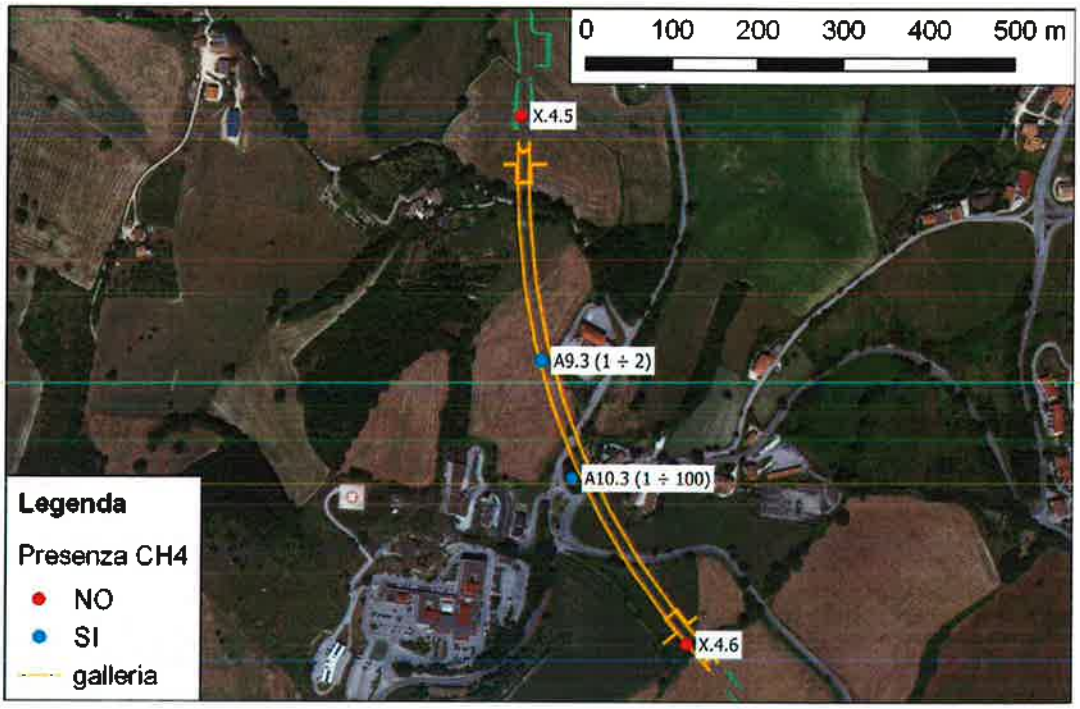


Figura 29. Tracciato della galleria Santa Barbara su ortofoto (fonte: Google Satellite) con indicazione dei sondaggi (cerchi azzurri) in cui sono state registrate emissioni di metano (% LEL)

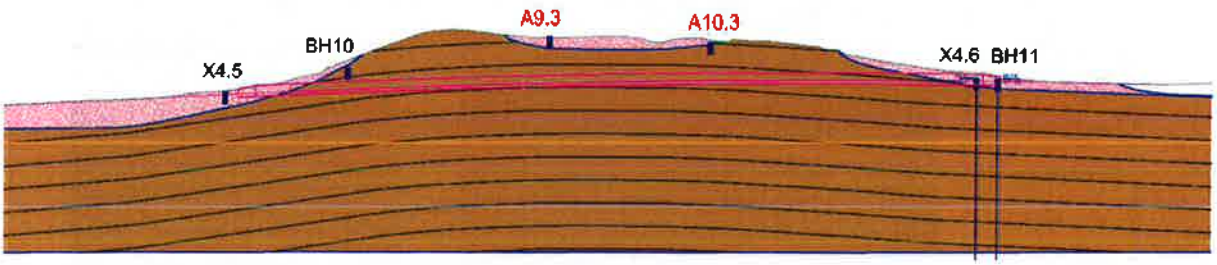


Figura 30. Galleria Santa Barbara: profilo geostrutturale con individuazione dei sondaggi in cui sono state registrate emissioni di metano (etichette in rosso)

Le emissioni più importanti si sono avute generalmente nei fori più profondi (sondaggi A4.3 e A10.3, Tabella 6), dove l'esplosimetro ha raggiunto più volte il fondo scala (100% LEL) a diverse profondità. L'esempio di Figura 31 si riferisce al sondaggio A4.3, lungo 107 m e realizzato lungo il tracciato della galleria Mecciano, nel punto a massima copertura (Figura 31). In questo caso, si sono registrate venute significative a boccaforo, con diversi superamenti del fondo scala strumentale a partire dai 73 m s.p.c. Arrestata temporaneamente la perforazione a tale profondità, si sono misurati valori elevati di concentrazione per ben quattro giorni. Ripresa la perforazione, si sono continuate a rilevare emissioni di metano a boccaforo a diverse profondità (82,0 m, 83,0 m, 86,5 m, 91,0 m e 92,5 m, 99,4 m e 100,0 m) fino a fondo foro con durata delle manifestazioni anche importanti (3 giorni a 92,5 m s.p.c.). L'analisi delle carote mostra che il sondaggio ha intercettato strati prevalentemente arenacei del Camerino, che risultano talora intensamente fratturati (Figura 32). Nel foro A10.3 (Figura 33), posto lungo il tracciato della galleria Santa Barbara, all'interno dello Schlier, si sono

avute emissioni di metano, a foro chiuso, a 40,5 m (100% LEL) e a 52,0 m s.p.c. (56% LEL), che si sono arrestate dopo pochi minuti, ed alcune piccole emissioni (ordine dei % LEL) a foro aperto.

Tabella 6. Profondità in cui si sono registrate emissioni di metano nei sondaggi della campagna 2017 posti lungo il tracciato delle gallerie

Sondaggio	Galleria	Lunghezza (m)	Profondità del foro in cui iniziano le emissioni (m spc)	Profondità del foro delle principali emissioni (m spc)	Campo di variabilità dei valori di concentrazione misurati
X.3.5	G.A. Feggiano 2	20	9,0	\	2% LEL
X.3.6		15	8,0	17	(1 ÷ 2)% LEL
A1.3	G.N. S. Anna	55	40,35	49,0	(1 ÷ 10)% LEL
A2.3		48	23,80	\	1% LEL
X.3.13	G.A. Seano	20	20,0	\	2% LEL
X.3.14		20	\	\	\
A4.3	G.N. Mecciano	107	6,0	73,0 / 82,0 / 83,0 / 86,5 / 91,0 / 92,5 / 107,0	(1 ÷ 100) % LEL
A5.3		100	50,3	\	4% LEL
A7.3		58	45,0	\	7% LEL
X.3.18		20	\	\	\
X.4.5	G.N. S. Barbara	16	\	\	\
A9.3		78	33,7	61,4	(1 ÷ 2)% LEL
A10.3		68	40,5	49,0 / 52,0 / 58,0 / 63,8	(1 ÷ 100)% LEL
X.4.6		15	\	\	\

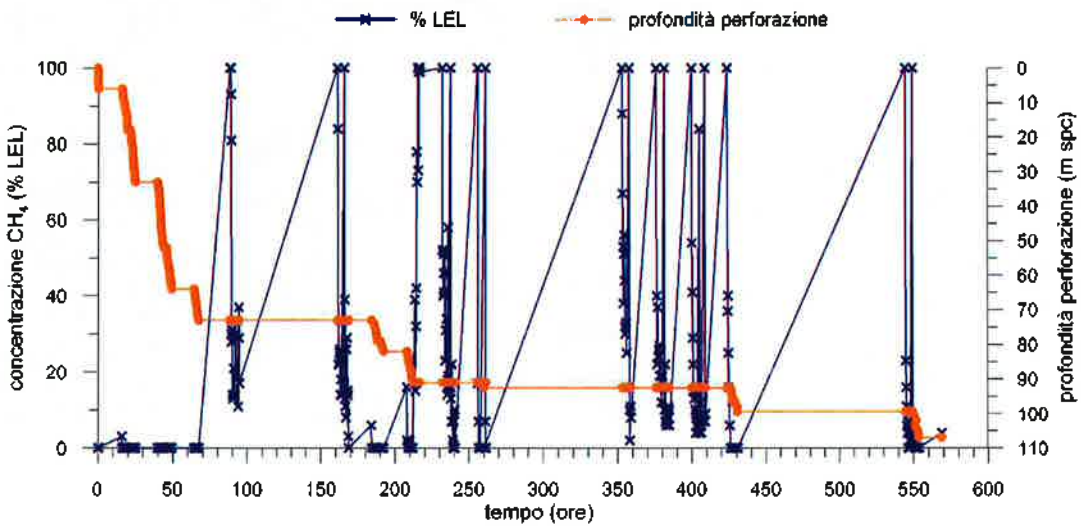
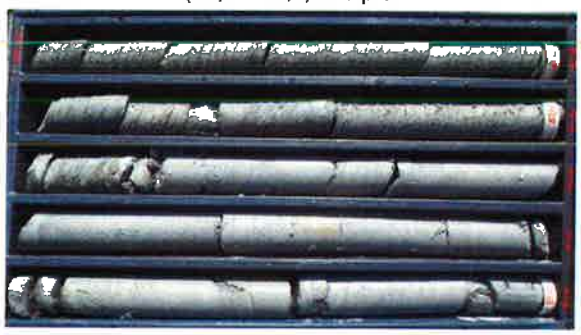


Figura 31. Sondaggio A4.3 (galleria Mecciano): concentrazione di metano (in % LEL) misurata a boccaforo durante la perforazione ed evoluzione nel tempo della profondità di perforazione

(70,0 ÷ 75,0) m s.p.c.

(75,0 ÷ 80,0) m s.p.c.



(80,0 ÷ 85,0) m s.p.c.

(85,0 ÷ 90,0) m s.p.c.

(90,0 ÷ 95,0) m s.p.c.

(95,0 ÷ 100,0) m s.p.c.

(100,0 ÷ 105,0) m s.p.c.

(105,0 ÷ 110,0) m s.p.c.

Figura 32. Foto del sondaggio A4.3 (galleria Mecciano): tratto a profondità compresa tra 85,0 e 107,0 m s.p.c. dove si sono registrate continue emissioni di metano

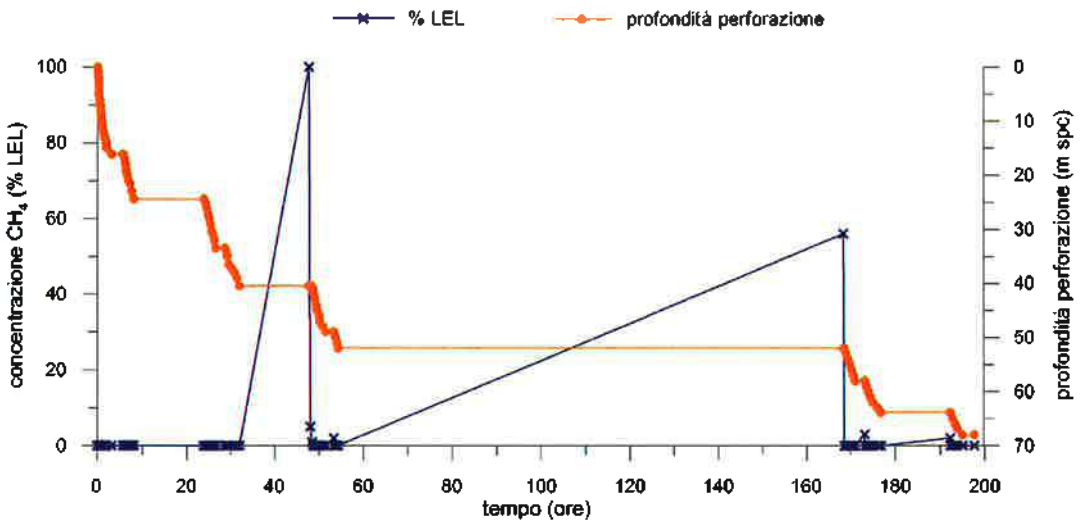


Figura 33. Sondaggio A10.3 (galleria Santa Barbara): concentrazione di metano (in % LEL) misurata a boccaforo durante la perforazione ed evoluzione nel tempo della profondità di perforazione

Anche nei fori disposti, lungo il tracciato, nelle aree esterne alle gallerie si segnalano emissioni di metano (Tabella 7), talora importanti, con superamento del fondo scala dell'esplosimetro. Le registrazioni riportate in Figura 34 si riferiscono al sondaggio X3.3 posto in corrispondenza del viadotto Castelraimondo, ad una distanza di circa 560 m, in direzione Nord, dall'imbocco Nord della galleria Feggiano 2. In questa porzione del tracciato il substrato sottostante i depositi alluvionali del Pleistocene è costituito dall'associazione arenaceo-pelitico del Camerino e, nonostante la limitata lunghezza del sondaggio (26,8 m), per più volte si è raggiunto il 100% LEL nelle acquisizioni a boccaforo durante la perforazione. Anche negli altri fori vicini (Figura 35) si sono misurati valori non nulli di concentrazione.

In generale, non si può escludere la presenza di metano alla quota delle gallerie, dato che si sono avute emissioni anche alla quota della livelletta (da Figura 36 a Figura 40).

Tabella 7. Profondità in cui si sono registrate emissioni di metano nei sondaggi della campagna 2017 posti nelle aree esterne alle gallerie

Sondaggio	Opera	Lunghezza (m)	Profondità del foro in cui iniziano le emissioni (m spc)	Profondità del foro delle principali emissioni (m spc)	Campo di variabilità dei valori di concentrazione misurati
X.3.3	viadotto Castelraimondo	20	26,8	20,75 / 26,80	(1 ÷ 100)% LEL
X.3.4		30	34,5	\	3
X.3.7	viadotto Vallone	\	20	\	\
X.3.7bis		18,0	20	\	3
X.3.9	viadotto S. Anna	\	27	\	\
X.3.10	viadotto S. Pietro	6,45	15	9,0 / 9,45 / 15,0	(1 ÷ 17)% LEL
X.3.16	viadotto Potenza	26,0	30	27,0 / 28,0 / 29,0 / 30,0	(1 ÷ 63)% LEL
X.3.17		\	45	\	\
X.3.20	sottopasso strada "Casale di Mergniano"	\	15	\	\
X.3.22	cavalcavia	\	15	\	\
X.4.1	viadotto Cesara	\	16	\	\
X.4.3	viadotto Palente	\	15	\	\

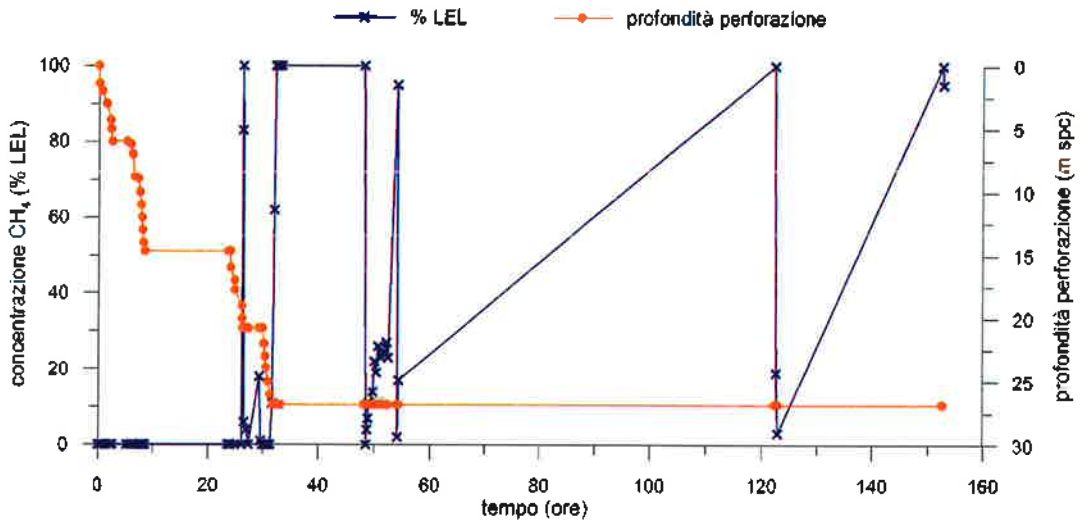


Figura 34. Sondaggio X3.3 in corrispondenza del viadotto Castelraimondo: concentrazione di metano (in % LEL) misurata a boccaforo durante la perforazione ed evoluzione nel tempo della profondità di perforazione

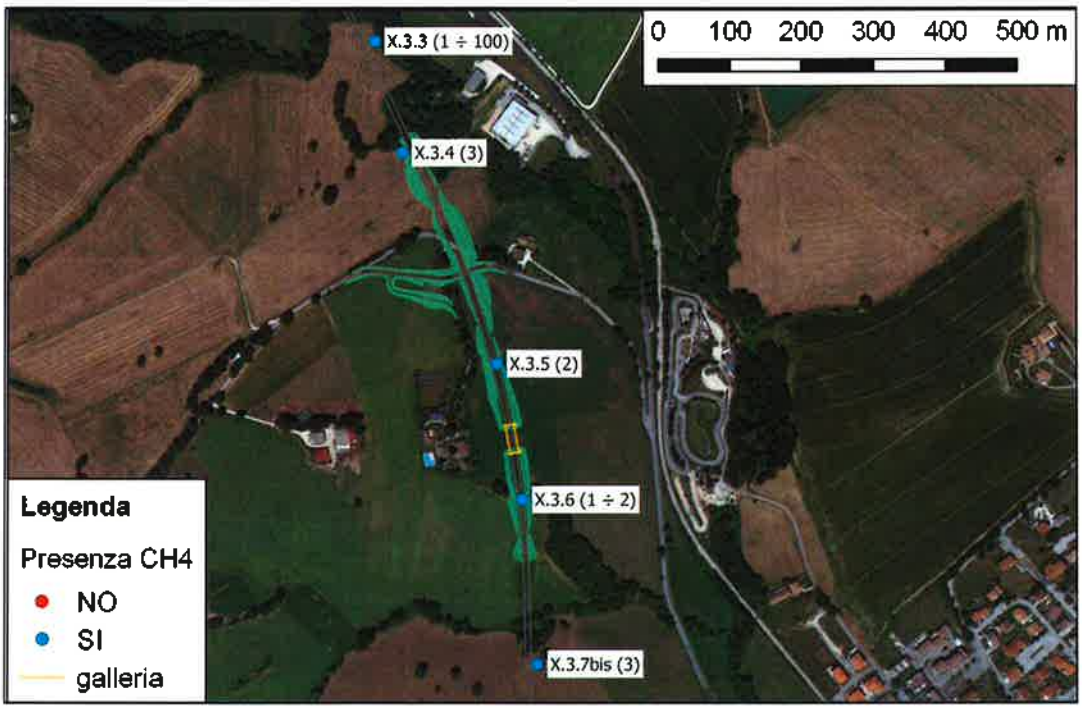


Figura 35. Sondaggi (cerchi azzurri) in cui sono state registrate emissioni di metano (% LEL) lungo il tracciato in corrispondenza del viadotto Castelraimondo, circa 560 m più a Nord della galleria Feggiano 2

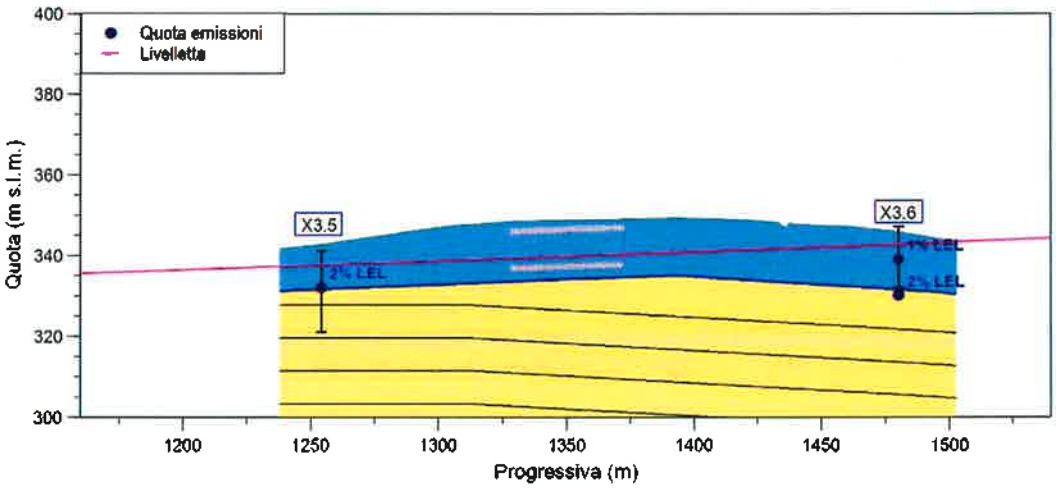


Figura 36. Galleria Feggiano 2: confronto tra la quota della livelletta della galleria (linea magenta) e la profondità delle emissioni di metano (contrassegnate con pallini blu) registrate nei fori posti lungo il tracciato della galleria

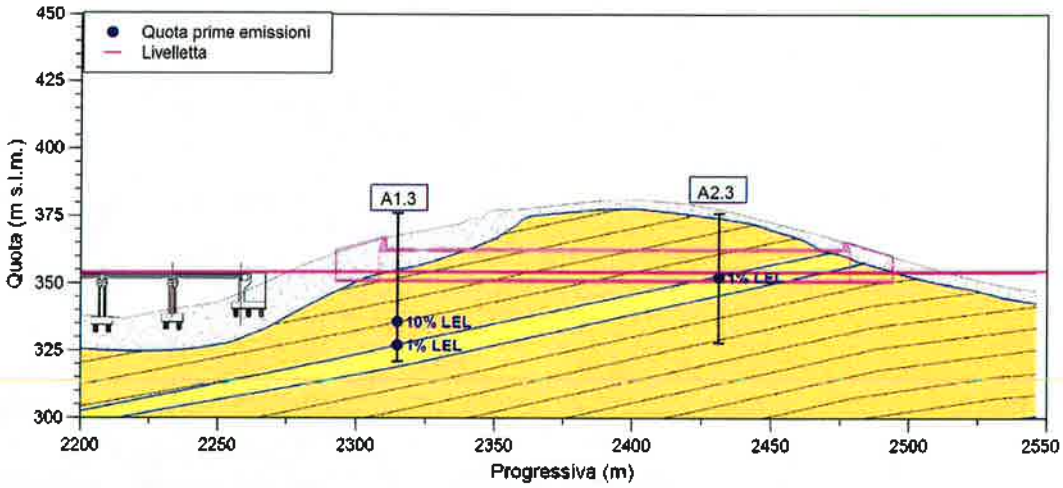


Figura 37. Galleria Sant'Anna: confronto tra la quota della livelletta della galleria (linea magenta) e la profondità delle emissioni di metano (contrassegnate con pallini blu) registrate nei fori posti lungo il tracciato della galleria

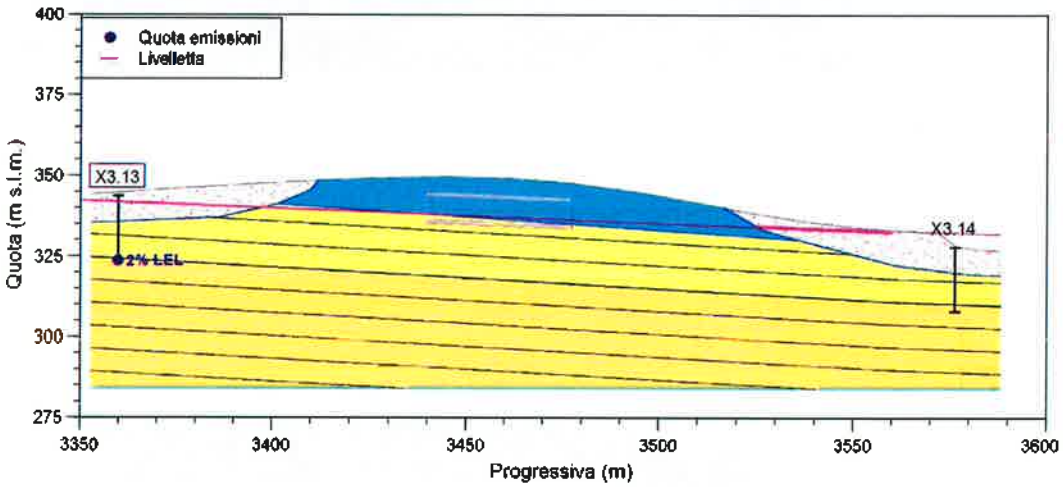


Figura 38. Galleria Seano: confronto tra la quota della livelletta della galleria (linea magenta) e la profondità delle emissioni di metano (contrassegnate con pallini blu) registrate nei fori posti lungo il tracciato della galleria

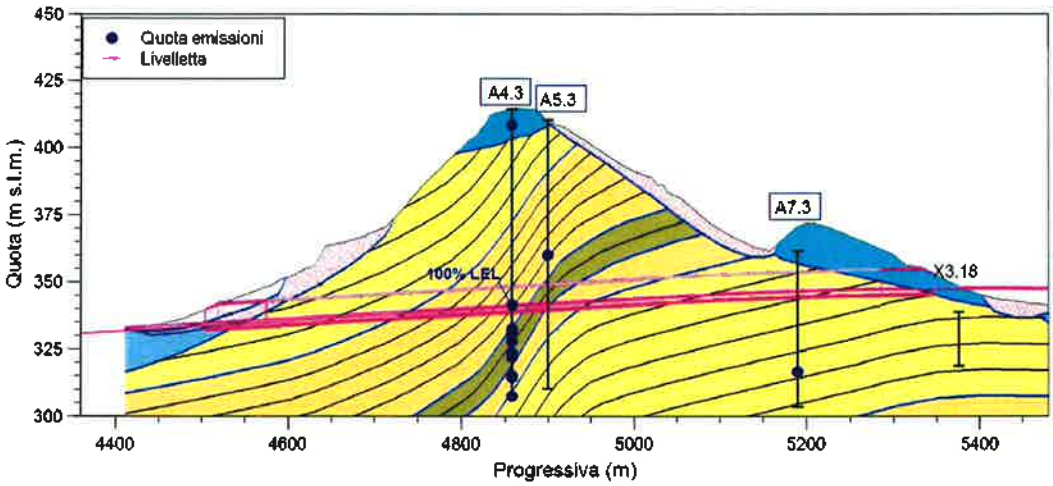


Figura 39. Galleria Mecciano: confronto tra la quota della livelletta della galleria (linea magenta) e la profondità delle emissioni di metano (contrassegnate con pallini blu) registrate nei fori posti lungo il tracciato della galleria

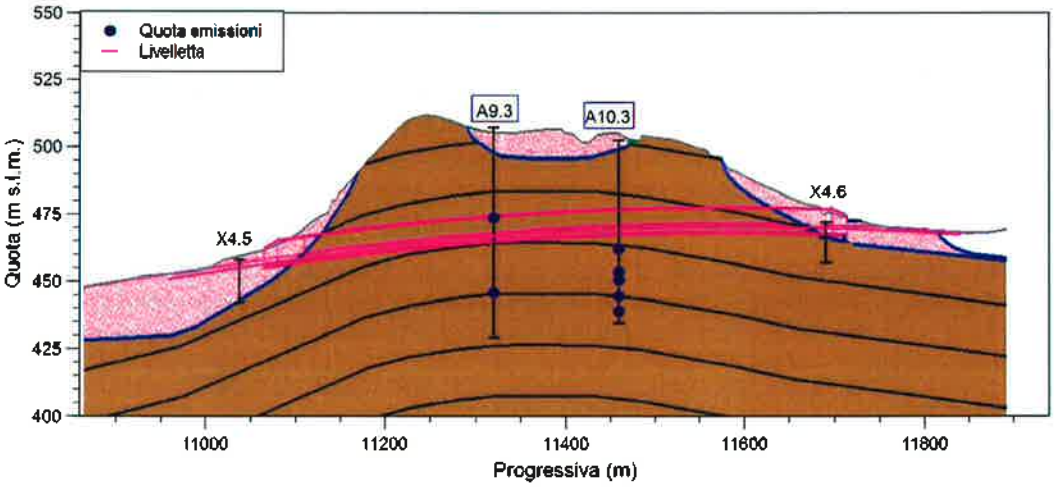


Figura 40. Galleria Santa Barbara: confronto tra la quota della livelletta della galleria (linea magenta) e la profondità delle emissioni di metano (contrassegnate con pallini blu) registrate nei fori posti lungo il tracciato della galleria

6 Classificazione delle gallerie

La classificazione di tratti omogenei di galleria è basata sull'approccio ingegneristico – sistematico per la valutazione degli aspetti connessi ad emissioni di metano in galleria, formalizzato con la Nota Tecnica "Standard di sicurezza da adottarsi durante la realizzazione delle Grandi Opere Infrastrutturali: Lavori in sotterraneo – Scavo in terreni grisutosi" della Regione Marche (Decreto n.18/SPU del 06/09/2013, Allegato 3), che recepisce la Nota Interregionale Emilia Romagna – Toscana n. 28, "Grisù 3° edizione" (prot. n. ASS/PRC/05/1141 del 13/01/2005).

Si tratta di standard di sicurezza per lo scavo di gallerie in terreni grisutosi, applicati con successo nella realizzazione di oltre 200 km di gallerie nei progetti "Treno Alta Velocità" (TAV), "Variante Autostradale di Valico" (VAV) e "Terza Corsia Autostradale" (TCA: A1 Barberino – Incisa e A14 Senigallia – Ancona Nord), garantendo il più elevato livello di sicurezza e riducendo drasticamente il numero di infortuni sul lavoro, nonostante i complessi problemi geologici ed ingegneristici affrontati.

La Nota Tecnica, che deve essere intesa come "Linea guida per buone pratiche di lavoro nelle costruzioni in sotterraneo", pone l'attenzione sull'analisi delle interazioni tra le caratteristiche dei fenomeni naturali (emissioni di grisù) e l'"architettura del cantiere", quest'ultima intesa come geometria, assetto impiantistico, organizzazione del lavoro.

L'assetto dei cantieri, degli impianti e delle macchine, gli interventi ed i controlli sui tenori di gas in atmosfera e nelle acque sotterranee, suggeriti nella Nota, sono frutto di analisi di rischio riferite a gallerie realizzate con tecniche tradizionali e con ampie dimensioni areali della sezione.

Pertanto, la classifica stessa non può che essere intesa come uno strumento di sicurezza tarato su quel tipo di gallerie (ampie dimensioni areali, metodo di scavo a piena sezione e tecnica tradizionale). La possibilità che la realizzazione delle gallerie causi un flusso di metano dall'ammasso roccioso è stata analizzata in ognuna delle due gallerie, in relazione alle specifiche modalità costruttive ed alle caratteristiche delle formazioni geologiche interessate dal tracciato e dell'inquadramento geologico-strutturale del sottosuolo lungo il tracciato.

La classifica tiene conto dei risultati ottenuti con i rilievi eseguiti a boccaforo con esplosimetro manuale, dei dati sui permessi di ricerca e di coltivazione di idrocarburi nelle zone circostanti l'area di intervento e delle informazioni più aggiornate sull'assetto geologico – stratigrafico dell'area fino ad elevate profondità.

Considerando che:

- lungo il tracciato dell'opera (e non solo in corrispondenza delle due gallerie oggetto di classificazione) è stata riscontrata la presenza, più o meno evidente, di gas;
- sono state rilevate concentrazioni di metano a boccaforo degli inclinometri anche alcune settimane dopo le perforazioni dei sondaggi;
- il flusso di metano sembra essere associato agli strati fratturati delle formazioni attraversate dal tracciato dell'opera;
- le informazioni relative all'assetto strutturale profondo dell'area di intervento indicano la presenza di faglie e dislocazioni tettoniche che, potenzialmente, consentono un collegamento idraulico tra il Bacino di Camerino (formazioni di Camerino e dello Schlier) e gli strati più profondi della crosta terrestre;
- le stratigrafie dei pozzi per la ricerca di idrocarburi realizzati a breve distanza dall'area di intervento rivelano la presenza di formazioni carbonifere (lignite),

alle gallerie naturali "S. Anna", "Mecciano" e "S. Barbara" viene assegnato l'indice di classe 2, che la Nota Tecnica definisce come segue:

"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."

Considerando la ridotta estensione della galleria "S. Anna" (195 m) ed i valori di concentrazione di metano rilevati alla quota del tracciato (1% LEL), si ritiene che si possano adottare, all'avvio dei lavori, le prescrizioni della Nota Tecnica per le gallerie di classe 1c, definita come segue:

"classe 1c: gallerie/tratti per le quali le indagini bibliografiche, storiche (storicità delle manifestazioni spontanee e degli interventi industriali per la produzione di idrocarburi, dei fenomeni registrati nell'esecuzione di altre opere, ecc.) e le indagini sperimentali di superficie e profonde (sondaggi, pozzi, cunicoli, indagini geofisiche, ecc.) fanno presumere che i lavori di scavo possano indurre flussi di grisù discontinui e poco frequenti e quindi tali da far ritenere l'emissione eccezionale. Situazioni del genere sono tipiche di serbatoi di idrocarburi isolati e di dimensioni limitate in collegamento idraulico con l'opera. Tali serbatoi hanno forma e dimensioni molto varie e distribuzione spaziale casuale ed imprevedibile e possono far affluire gas in galleria con portate molto varie non escluse quelle a carattere massivo."

Qualora durante le perforazioni in avanzamento per la ricerca del metano dovessero manifestarsi emissioni di metano a carattere massivo e continuo, il Tecnico Specialista valuterà la necessità di adottare l'indice di classe 2.

Le Note Interregionali Emilia Romagna – Toscana e, conseguentemente le Note Tecniche "Standard di sicurezza da adottare nella realizzazione delle Grandi Opere Infrastrutturali: Lavori in sotterraneo", non fanno riferimento e, quindi, non hanno redatto buone pratiche per la realizzazione, in condizioni di estrema sicurezza, di scavi a cielo aperto o di gallerie artificiali. In altri termini, le NIR e le Note della Regione Marche non hanno predisposto indicazioni tecnico – scientifiche cui fare riferimento per classificare correttamente il cantiere di scavo rispetto al rischio associato ad emissioni di metano a cielo aperto.

Ciononostante, la stessa Nota prevede che il Tecnico Specialista, redattore della presente classifica, prenda in considerazione gli aspetti rilevanti in relazione alla creazione di miscele esplosive aria – metano nel cantiere di scavo.

Con riferimento alle gallerie artificiali ed alla realizzazione degli imbocchi delle gallerie naturali in artificiale con protesi, in considerazione del fatto che, sebbene gli scavi interessino una quota molto prossima alla superficie topografica, non possono essere escluse emissioni di metano, si suggerisce di adottare misure rivolte a:

- mantenere sotto costante controllo potenziali emissioni di metano dal piano di calpestio in corso di scavo, così da individuare la presenza di miscele grisutose;
- neutralizzare le potenziali sorgenti di innesco (in particolare quelle attritive e quelle dovute ad alte temperature);
- a favorire il drenaggio del metano nonché la diluizione e miscelazione delle atmosfere aria-

metano.

In generale, si ritiene opportuno adottare le misure previste dalla Nota Tecnica per le gallerie naturali in classe 1b, di cui si riporta la definizione:

"classe 1b: gallerie/tratti per le quali l'analisi geologico – 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"

Bologna, 15 giugno 2017

Il Tecnico Specialista

Prof. Ing. Paolo Berry

Ph.D. Ing. Annalisa Bandini

Ph.D. Ing. Carlo Cormio

Riferimenti bibliografici

Calamita, F., Deiana, G., 1980. Evidenze di una fase tettonica distensiva del Messiniano basale nel "bacino di Camerino" (Appennino umbro-marchigiano). Studi Geologici Camerti VI: 7–11.

Cantalamessa, G., Centamore, E., Chiocchini, U., Micarelli, A., Potetti, M., di Lorito, L., 1986. Il Miocene delle Marche. Studi Geologici Camerti, volume speciale "La Geologia delle Marche": 35–55.

Chiocchini, U., Cipriani, C., 1986. Caratteri petrografici delle arenarie torbiditiche mioceniche dei "bacini minori". Studi Geologici Camerti, volume spec. "La Geologia delle Marche": 57–60.

Coward, H.F., 1928. Explosibility of atmospheres behind stoppings. Transactions of the Institution of Mining Engineers 77: 94–115.

Deiana, G., Cello, G., Chiocchini, M., Galdenzi, S., Mazzoli, S., Pistolesi, E., Potetti, M., Romano, A., Turco, E., Principi, M., 2002. Tectonic evolution of the external zones of the Umbria-Marche Apennines in the Monte San Vicino-Cingoli area. Bollettino della Società Geologica Italiana, volume special: 229–238.

Scisciani, V., Agostini, S., Calamita, F., Pace, P., Cilli, A., Giori, I., Paltrinieri, W., 2014. Positive inversion tectonics in foreland fold-and-thrust belts: A reappraisal of the Umbria–Marche Northern Apennines (Central Italy) by integrating geological and geophysical data. Tectonophysics 637: 218–237, doi: 10.1016/j.tecto.2014.10.010.

Scisciani, V., Tavarnelli, E., Calamita, F., Paltrinieri, W., 2002. Pre;thrusting normal faults within syn-orogenic basins of the Outer Central Apennines,Italy:implications for Apennine tectonics. Bollettino della Società Geologica Italiana, volume speciale, 295–304.

Scisciani, V., Rusciadelli, G., Calamita, F., 2000. Faglie normali nell'evoluzione tortoniano-messiniane dei bacini sinorogenici dell'Appennino centrale esterno. Bollettino della Società Geologica Italiana 119: 715–732.

Whittaker, A., 1992. Mudlogging: Gas Extraction and Monitoring: Part 3. Wellsite Methods. In: Morton-Thompson, D., Woods, A.M. (Eds), Development Geology Reference Manual. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, pp 106–108.

Whittaker, A.H., 1987. Mud Logging. In: Bradley, H.B. (Ed.), Petroleum Engineering Handbook. Society of Petroleum Engineers Richardson, Texas, chap. 52, pp. 1–31.

ALLEGATO 1

Pagina intenzionalmente bianca

n° 2636

elf italiana s.p.a.

PATERNO 1

PERMESSO FONTE RASTELLO		PTN 001
TITOLARI	OPERATORE	
ELF-FINA-TOTAL	E.I	

PAESE : ITALIA
ZONA : MARCHE
COMUNE : TOLENTINO

COORDINATE GEOGRAFICHE	COORDINATE GAUSS BOAGA	
X=0°51'53",553 EMM	X=2.383.230,822	INIZIO CANTIERE : 02/02/1989
Y=43°10'46",131 N	Y=4.782.207,063	INIZIO PERFORAZIONE : 02/02/1989
Zs=445,2 m s.l.m.	Z=445,2	FINE PERFORAZIONE : 24/04/1989
Zt=453 m		FINE CANTIERE : 30/04/1989
IMPIANTO : NATIONAL 130		FONDO PERFORAZIONE = 3200 m
PARTENZA : MESSINIANO		
ARRIVO : LIAS INFERIORE		FONDO SCHLUMBERGER = 3194,7 m

RISULTATI:
- Il primo obiettivo, Fm."Scaglia bianca-rossa" (Cretaceo superiore-Eocene medio), raggiunto a 2386 m/T.R., è stato riscontrato acquifero.
- Il secondo obiettivo, Fm."Massiccio" (Lias inferiore), raggiunto a 3050 m/T.R. è stato riscontrato ugualmente acquifero.
Pozzo minerariamente sterile, abbandonato previa chiusura mineraria.

COMPILATO DA: S.MARINELLI

AGGIORNATO IL: MAGGIO 1989

SCALA : 1/1000

DIAGRAFIE EFFETTUATE NEL SONDAGGIO

Natura	Run	Data	Profondità raggiunte da	Profondità raggiunte a	Scala
DIL/SLS/GR/SP	1	10/02/89	131	454m	1/1000-1/200
DIL/SLS/GR/SP	2	27/02/89	454	1868m	1/1000-1/200
SHDT(BGT)	1	27/02/89	454	1868m	1/1000-1/200
LDL/CNL/EATT/GR	1	27/02/89	1275	1680m	1/1000-1/200
DLL/MSFL/SLS/GR/SP	3	22/04/89	1872	3187,5m	1/1000-1/200
SHDT(BGT)	2	22/04/89	1821	3187,5m	1/200
VSP	1	23/04/89	50	3186m	81 misure
LDL/CNL/NGS/GR	2	24/04/89	1872	3194,7m	1/1000-1/200

DIAGRAFIE UTILIZZATE NEL LOG

Natura	Run	Parte del log utilizzato da	Parte del log utilizzato a	Profondità raggiunta sondaggio	Profondità raggiunta diagrafia	Natura fango	Scalpello	Osservazioni
DIL/SLS	1	0	450	458	454	Benton. d=1,19 v=38	17"1/2	Rmf=0,344Ω 36°C
DIL/SLS	2	450	1870	1875	1868	d=1,20 v=48	12"1/4	Rmf=0,360Ω 42°C
DLL/SLS	3	1870	3200	3200	3187,5	d=1,16 v=60	8"1/2	Rmf=0,371Ω 57°C

CAROTE

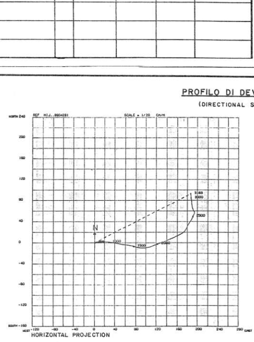
K1 : 3105 - 3113 m = 8 m - Recupero 100%

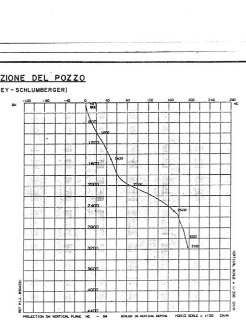
TESTS

NESSUNO

PROFILO DI DEVIAZIONE DEL POZZO

(DIRECTIONAL SURVEY - SCHLUMBERGER)





TIE-IN LOCATION

MEASURED DEPTH : 456,7m
TRUE VERTICAL DEPTH : 456,7m
DISTANCE NORTH : 0,0m
DISTANCE EAST : 0,0m

BOTTOM-HOLE LOCATION

MEASURED DEPTH : 3183,0m
TRUE VERTICAL DEPTH : 3166,7m
TOTAL DRILLING DEPTH : 3200,0m
EXTRAPOLATED VERTICAL DEPTH : 3183,7m
DISTANCE NORTH : 93,6 m
DISTANCE EAST : 186,8 m
COURSE LENGTH : 208,9 m
COURSE AZIMUTH : 63,3 Deg

ALLEGATO 2

Pagina intenzionalmente bianca

elf italiana s.p.a. N° 2819

POZZO : NARDI 1 Direzionato

PERMESSO		
TOLENTINO		
TITOLARI	OPERATORE	
E.I. 43,5% - FI 31,5%	E.I.	NRD 001

PAESE	: ITALIA
REGIONE	: Marche
COMUNE	: Tolentino

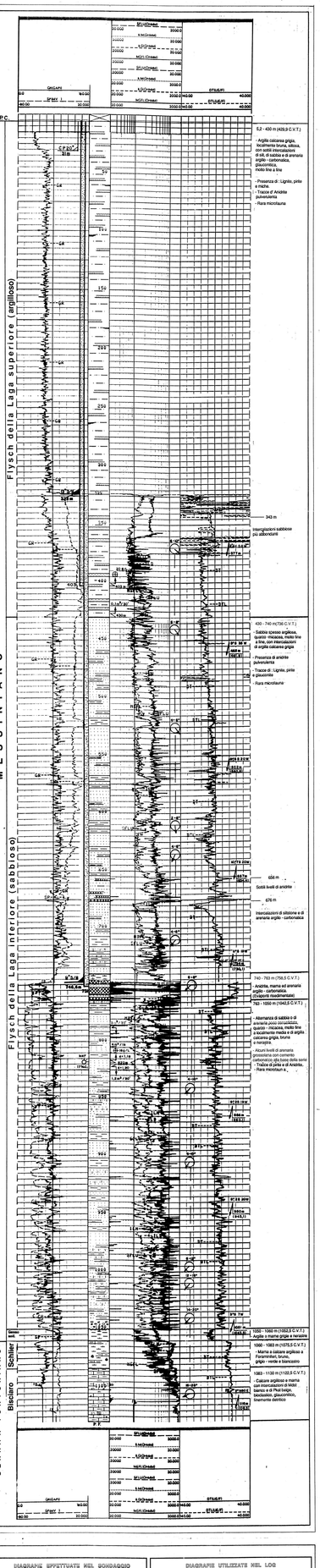
COORDINATE GEOGRAFICHE	GAUSS BOAGA	
X = 9°41' 00",41 Est MM	X = 2.383.414,2 m	INIZIO CANTIERE : 07/05/1991
Y = 43° 12' 12",38 Nord	Y = 4.764.075,6 m	INIZIO PERFORAZIONE : 17/05/1991
Zs = 335,8 m	Z =	FINE PERFORAZIONE : 09/06/1991
Zr = 330 m		FINE CANTIERE : 15/06/1991
IMPIANTO : Messaroni 7000		FONDO PERFOR. = 1130 m (-795,8 m / m)
PARTENZA : Messiniano		FONDO SCHLUMBERGER = 1124,5 m
ARRIVO : Miocene medio		

RISULTATI :
- Obiettivo, trovato : " Flysch della Laga " del Messiniano, risultato acquifero in base alla prova di produzione
- Pozzo chiuso minerarimente ed abbandonato

COMPILATO DA : S. Marinelli

AGGIORNATO A.: Giugno 1991

SCALA : 1/1000



DIAGRAPHIE EFFETTUATE NEL SONDAGGIO

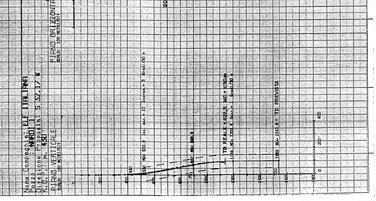
Natura	Run	Data	Profondità raggiunte da	a	Scala
DIL/MSFL/SL1/GR/SP	1	30/05/91	751	323 m	1/1000-1/200
SHDT/GR	1	30/05/91	751	323 m	1/200
DIL/MSFL/SL1/GR/SP	2	08/06/91	1123,5	747 m	1/1000-1/200
SHDT/GR	2	08/06/91	1124,5	747 m	1/200

DIAGRAPHIE UTILIZZATE NEL LOG

Natura	Run	Parte del log utilizzata da	a	Profondità raggiunte sondaggio	diagrafie	Natura fango	Densità	Observat.
DIL/MSFL/SL1/GR/SP	1	15	748 m	751	751	d=1,03 v = 27 s = 10	32" / 1/2	dist = 0,11 m ; m 30°C
DIL/MSFL/SL1/GR/SP	2	748	1123,5	1130	1123,5	d = 1,20 v = 45	87 1/2	dist = 0,27 m ; m 30° C

CAROTE
NESSUNA

TESTS
NESSUNO



ALLEGATO 3

Pagina intenzionalmente bianca

DECRETO DEL DIRIGENTE
PF PREVENZIONE E PROMOZIONE DELLA SALUTE NEI LUOGHI DI VITA E DI LAVORO
N. 18/SPU DEL 06/09/2013

Oggetto: Standard di sicurezza da adottarsi durante la realizzazione delle Grandi Opere infrastrutturali: Lavori in sotterraneo - SCAVO IN TERRENI GRISUTOSI

IL DIRIGENTE
PF PREVENZIONE E PROMOZIONE DELLA SALUTE NEI LUOGHI DI VITA E DI LAVORO

- . - . -
(omissis)

- D E C R E T A -

- di approvare lo standard di sicurezza da adottarsi durante la realizzazione delle Grandi Opere infrastrutturali: **Lavori in sotterraneo - SCAVO IN TERRENI GRISUTOSI** riportato nell'allegato 1 che fa parte integrante e sostanziale del presente decreto.

Si attesta inoltre che dal presente decreto non deriva né può comunque derivare un impegno di spesa a carico della Regione.

IL DIRIGENTE DELLA PF

Dr. Giuliano Tagliavento

- ALLEGATI -

ALLEGATO 1

ALLEGATO 1

LAVORI IN SOTTERRANEO - SCAVO IN TERRENI GRISUTOSI

1. PREMESSA

La presente Nota Tecnica contiene standard tecnici di sicurezza per scavi di gallerie potenzialmente soggetti al pericolo di esplosione di miscele aria - metano.
Il suo contenuto costituisce un riferimento tecnico per il Committente, il Coordinatore della Sicurezza ed il Datore di Lavoro nell'ambito dei rispettivi compiti in materia di sicurezza.
Le più recenti novità normative prese in considerazione dalla presente Nota Tecnica sono le seguenti:

- il D.P.R. 126/98 che recepisce la Direttiva di prodotto 94/9/CE (nota come ATEX 4). Tale decreto disciplina gli apparecchi e i sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva. Il campo di applicazione riguarda l'ambiente industriale e più in generale tutti gli impianti di superficie (apparecchi di gruppo II) e l'ambiente minerario e dei lavori in sotterraneo (apparecchi di gruppo I);
- la norma UNI EN 1834-2:2001 che disciplina la costruzione dei motori da utilizzarsi in lavori sotterranei in atmosfere potenzialmente esplosive, grisutose con o senza polveri infiammabili;
- il D.Lgs. 233/03 che recepisce la Direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive e che introduce nel D.Lgs.81/08 il Titolo XI "Protezione da atmosfere esplosive";
- la norma UNI EN 1127-1:2011 "Prevenzione dell'esplosione e protezione contro l'esplosione. Concetti fondamentali e metodologia";
- la norma UNI EN 1127-2:2008 "Prevenzione dell'esplosione e protezione contro l'esplosione. Concetti fondamentali e metodologia per attività in miniera".
- La Direttiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16/12/1999 non tratta esplicitamente i lavori in sotterraneo soggetti a rischio di atmosfere esplosive, che vengono invece esplicitamente trattati dal decreto di recepimento italiano (D.Lgs. 233/03) e nel successivo D.Lgs.81/08, Titolo XI.

Tale scelta nazionale e la contemporanea abrogazione del Capo X "Scavi in terreni grisutosi e misure di sicurezza contro le esplosioni" del D.P.R. 320/56 sono tese ad aggiornare la normativa, richiedendo nel contempo l'individuazione di soluzioni tecniche adeguate a questo specifico settore.
La presente Nota Tecnica è stata redatta considerando gallerie di grande sezione, realizzate con metodo a piena sezione e con tecnologia di scavo tradizionale. Nel caso di opere con sezioni medio - piccole o di opere realizzate con sezione parzializzata e nel caso di scavo a piena sezione con TBM occorre ridefinire l'applicazione dei concetti enunciati.
La presente Nota deve essere intesa come indicazione specifica per la redazione del "Documento sulla protezione dalle esplosioni" previsto dal D.Lgs. 81/08, Titolo XI.

2. GLOSSARIO PER LE GALLERIE

In questa Nota, si adotteranno termini tecnici il cui significato è definito nel seguente glossario:

a) **Ammassi sospetti:** ammassi o complessi di rocce e terreni che possono dare luogo ad emissioni di gas nell'atmosfera della galleria (emettitori di gas), perché contengono serbatoi di grisù direttamente interessati dalla realizzazione dell'opera d'ingegneria, oppure perché le operazioni di scavo possono collegare idraulicamente l'opera con ammassi, contenenti grisù, non direttamente interessati dallo scavo;

b) **Tratto di galleria**: segmento dell'opera che attraversa una porzione di ammasso che può essere considerato omogeneo come emettitore di gas e 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);

c) **Galleria**: opera in corso di realizzazione, compresa tra due sezioni a cielo aperto o tra il fronte ed una sezione a cielo aperto, comprendente la successione dei tratti di galleria tra loro comunicanti in sotterraneo senza soluzione di continuità;

d) **Tecnico Specialista**: laureato in ingegneria o in scienze geologiche ed 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 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;

e) **Serbatoio di grisù**: porzione di ammasso permeabile, contenente grisù nei sistemi di fratture e/o nei pori, isolata idraulicamente in alto e lateralmente dai circostanti ammassi;

f) **Trappola di grisù**: contesto geologico strutturale con caratteristiche morfologiche ed idrauliche idonee a determinare l'accumulo di gas nei serbatoi di grisù;

g) **Responsabile del Monitoraggio**: laureato, preferibilmente, in ingegneria iscritto all'Albo professionale, non appartenente all'organizzazione aziendale, con esperienza documentata in misure dello stato fisico dell'aria nei cantieri in sotterraneo e nella loro elaborazione, in controlli ed in condizionamento della composizione dell'atmosfera in galleria, nella progettazione, realizzazione e controllo di circuiti di ventilazione. Il Responsabile coordina le rilevazioni di grisù, sovrintende ai sistemi di monitoraggio ed all'analisi ed elaborazione dei valori misurati, collabora con la direzione di cantiere nelle "situazioni di crisi";

h) **Addetto al Monitoraggio**: tecnico, funzionalmente dipendente dal Responsabile del Monitoraggio, formato ed addestrato da quest'ultimo sulla esecuzione corretta di misure dello stato fisico dell'aria nei cantieri in sotterraneo, sui controlli e sul condizionamento della composizione dell'atmosfera in galleria, in grado di esprimere una prima valutazione sui valori

misurati in relazione al rischio di esplosione;

i) **Flusso di grisù**: afflusso di grisù da ammassi (vicini o lontani) verso la galleria, di qualsiasi entità purché rilevabile dal sistema di monitoraggio;

j) **Situazione di crisi**: situazione determinata da invasioni di grisù con concentrazioni che raggiungono i valori limite prescritti dalla presente Nota per interventi di sicurezza, quali la sospensione temporanea dei lavori o l'evacuazione del cantiere;

k) **Classe**: indice di classifica, attribuito al tratto di galleria od alla galleria, che esprime la previsione delle condizioni di flusso di grisù in relazione alla geometria dello scavo ed alle modalità costruttive dell'opera;

l) **Grado di sicurezza equivalente** (con riferimento all'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 di loro indipendenti da cause comuni di inefficienza, ne indica il livello di efficacia contro il manifestarsi dell'evento non voluto ed è la somma dei gradi di sicurezza delle singole barriere.

Nella presente Nota Tecnica i termini gas, metano, grisù, miscela aria-metano, miscela aria-grisù sono utilizzati in modo indifferenziato in quanto considerati sinonimi.

3. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FLUSSO DI GRISÙ E SUA CLASSIFICAZIONE

Il rischio di flusso di grisù e la conseguente classificazione delle gallerie devono essere valutati e verificati in tutte le fasi progettuali ed anche in corso d'opera.

3.1 VALUTAZIONE DEL RISCHIO E RELAZIONE TECNICA

Il rischio, che gli scavi causino un flusso di grisù, deve essere valutato dal Tecnico Specialista.
La valutazione del rischio é formalizzata con una Relazione tecnica, che deve quanto meno:

a) essere riferita specificatamente alla galleria in esame;
b) contenere valutazioni documentate sul rischio di invasione del gas, qualunque siano l'entità e le modalità attese del flusso (da tracce di gas a grosse manifestazioni);
c) essere esplicitamente basata sullo studio, documentato, del "tratto di galleria" valutato;
d) classificare, utilizzando i criteri indicati nel capitolo seguente, per ogni tratto ed eventualmente per tutta la galleria, la previsione che si provochino flussi di grisù. La previsione deve considerare anche gli effetti indotti dalla realizzazione dell'opera sull'ammasso circostante gli scavi, in termini di variazione dello stato di fratturazione e della permeabilità dell'ammasso stesso, parametri che potenzialmente influiscono sul flusso di gas;
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.

Da quanto sopra deriva che ogni "tratto di galleria" deve essere classificato sulla base dei risultati di studi, ricerche ed indagini. Le indagini 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.

Inoltre, le valutazioni devono essere integrate, in corso d'opera, in relazione all'evoluzione dello stato delle conoscenze, con ulteriori studi mirati alla evoluzione della previsione di afflusso di metano nei cantieri sotterranei.

3.2 CLASSIFICAZIONE DELLE GALLERIE

La classificazione 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 flusso di grisù correlabili alla realizzazione dell'opera in sotterraneo:

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 flussi 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 remota la possibilità di flussi di grisù, in base all'assenza di indizi derivanti dalle indagini preliminari (studi e ricerche, analisi della storicità, sondaggi), alle informazioni ottenute nello scavo della porzione d'opera già realizzata, alle considerazioni geologiche e strutturali;

classe 1b: gallerie/tratti per le quali l'analisi geologica strutturale porta a prevedere flussi di grisù, ma non ci sono elementi di riscontro desunti dalle indagini preliminari (studi e ricerche, analisi della storicità, sondaggi) effettuate in fase di progetto e dalla porzione d'opera già realizzata. In definitiva le manifestazioni gassose sono possibili ma con portate prevedibilmente modeste o con modalità che si ritiene non portino a condizioni di rischio;

classe 1c: gallerie/tratti per le quali le indagini bibliografiche, storiche (storicità delle manifestazioni spontanee e degli interventi industriali per la produzione di idrocarburi, dei fenomeni registrati nell'esecuzione di altre opere, ecc.) e le indagini sperimentali di superficie e profonde (sondaggi, pozzi, cunicoli, indagini geofisiche, ecc.) fanno presumere che i lavori di scavo possano indurre flussi di grisù discontinui e poco frequenti e quindi tali da far ritenere l'emissione eccezionale. Situazioni del genere sono tipiche di serbatoi di idrocarburi isolati e di dimensioni limitate in collegamento idraulico con l'opera. Tali serbatoi hanno forma e dimensioni molto varie e distribuzione spaziale casuale ed

imprevedibile e possono far affluire gas in galleria con portate molto varie non escluse quelle a carattere massivo;

classe 2: gallerie/tratti per le quali le indagini 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 (sondaggi, pozzi, cunicoli, indagini geofisiche, ecc.), fanno ritenere che, a causa della realizzazione degli scavi, siano probabili 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 realizzato a seguito dello scavo, sono da attendersi flussi di grisù continui oppure discontinui ma con frequenza tale da non farli ritenere un evento eccezionale.

Le classi 1a ed 1b sono applicabili in assenza di geo - strutture favorevoli all'accumulo del gas e, conseguentemente, è limitata ma non si può escludere con assoluta certezza la possibilità che gli scavi determinino flussi di grisù nel sotterraneo.

Il sistema di interventi di sicurezza rappresentato dalla classe 1c, è il più articolato poiché considera gli ammassi caratterizzati dalla presenza di potenziali serbatoi di grisù costituiti da volumi di roccia ad alta permeabilità racchiusi in una matrice pressoché impermeabile. In particolare, tiene conto dei casi in cui non è possibile stabilire a priori la distribuzione spaziale, le dimensioni e le forme, le caratteristiche idrauliche (contenuto in idrocarburi, pressione, ecc.) dei potenziali serbatoi e, conseguentemente, i plausibili flussi di grisù in galleria devono essere considerati prevalentemente casuali e con modalità di flusso in gran parte imprevedibili.

Per contro, la classe 2 indica gli interventi di sicurezza che devono essere posti in essere nei casi in cui, i risultati degli studi e delle ricerche specialistiche, permettono di determinare posizione, forma e volume delle trappole di idrocarburi e di accertare la presenza o meno di un serbatoio e delle sue caratteristiche idrauliche.

3.3 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.

4. MISURE DI SICUREZZA CORRELATE ALL'INDICE DI CLASSIFICA

La classifica delle gallerie al paragrafo 3.2 individua al massimo la sola *CONDIZIONE PERICOLOSA 2* definita dalla Norma UNI EN 1127-2:2008 (vedi Appendice A).

Nei lavori di scavo in terreni grisutosi la prevenzione contro le esplosioni persegue l'obiettivo di EVITARE SEMPRE E COMUNQUE LA CONDIZIONE PERICOLOSA 1, ossia lo svolgimento dell'attività lavorativa in presenza di atmosfera esplosiva, ricorrendo agli apprestamenti di difesa ed alle procedure di lavoro indicate nella presente Nota.

Questi, quantomeno, impongono la ventilazione forzata della galleria e la presenza di un sistema di monitoraggio ambientale che prevede l'interruzione dei lavori con conseguente

progressiva messa fuori servizio delle macchine operatrici e messa fuori tensione degli impianti elettrici, anche idonei ad operare in atmosfera potenzialmente esplosiva, fino al raggiungimento di valori di concentrazione di grisù in aria pari al massimo al suo limite inferiore di esplodibilità (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 di rischio di afflusso di grisù: devono essere installati, ove necessario, apparecchi del gruppo 1 e di categoria M2 (vedi Appendice B).

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

- una barriera nell'ambiente, mediante la presenza dell'impianto di ventilazione forzata;
- due barriere sugli apparecchi, in relazione ai modi di protezione previsti (vedi 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.

4.1 CLASSE 0: alle gallerie/tratti che rientrano in questa classe si applicano le seguenti misure di sicurezza

- **Monitoraggio gas**
  > Assente

- **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

4.2 CLASSE 1A: 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 costituita dalla miscela aria- grisù (apparecchio del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B). Il monitoraggio manuale deve essere integrato con prelievi di acqua per la misura del grisù 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 8.

- **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 costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchio del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi 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

  > al fronte deve essere disponibile un veicolo per l'immediata evacuazione del personale in situazioni di crisi

- **Ventilazione**

  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 impegnate. 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. L'efficienza della ventilazione deve essere controllata anche con misure manuali in sezioni di riflusso significative. Il Responsabile del Monitoraggio deve imporre specifiche procedure di sicurezza idonee a fare fronte a condizioni di ventilazione carente, rispetto a problematiche connesse al rischio grisù, o all'arresto dei ventilatori

- **Aspetti organizzativi**

  si deve:

> informare, formare ed addestrare il personale relativamente alle proprie funzioni anche:
  - sui rischi derivanti da 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 rischio 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 rischio grisù
> attuare il sistema di procedure di monitoraggio, di allarme e di abbandono indicati nei successivi capitoli 5 e 6

- **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 di rischio, 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 si siano registrati flussi di gas, il Responsabile del Monitoraggio deve autorizzare di volta in volta l'esecuzione dei lavori a rischio di 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

4.3 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 6. 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 costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchio del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B) e con prelievi di acqua per la misura del grisù 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 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 costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B)
  - > ordinari, con esclusione dell'illuminazione del fronte che deve essere di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B)
  - > ordinari, con esclusione dei sensori di concentrazione gas che devono governare il sistema di allarme e devono mettere fuori tensione automaticamente gli impianti elettrici non idonei a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù. 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 devono essere sezionati automaticamente al raggiungimento della concentrazione di grisù del 5% in volume
  - > al fronte deve essere presente un veicolo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B e motori del gruppo I, categoria M2, in conformità a UNI EN 1834-2:2001) per l'immediata evacuazione del personale nelle situazioni di crisi

- Ventilazione

  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 impegnate. 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. L'efficienza della ventilazione deve essere controllata anche con misure manuali in sezioni di riflusso significative. Il Responsabile del Monitoraggio deve imporre specifiche procedure di sicurezza idonee a fare fronte a condizioni di ventilazione carente, rispetto a problematiche connesse al rischio grisù, o all'arresto dei ventilatori

- Aspetti organizzativi

  si deve:
  - > informare, formare ed addestrare il personale relativamente alle proprie funzioni anche:
    - sui rischi derivanti da 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 rischio 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 rischio grisù

> attuare il sistema di procedure di monitoraggio, di allarme e di abbandono indicati nei successivi capitoli 5 e 6

- **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 di rischio, 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 si siano registrati flussi di gas, il Responsabile del Monitoraggio deve autorizzare di volta in volta l'esecuzione dei lavori a rischio di 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

4.4 CLASSE 1C: 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 aria. L'impianto deve governare i sistemi di allarme associati alle concentrazioni limite di gas definite nel successivo capitolo 6. 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 costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchio del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B) e con prelievi di acqua per la misura del grisù 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. 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 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 costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B)

> ordinari, con esclusione dei sensori di concentrazione gas che devono governare il sistema di allarme e devono mettere fuori tensione automaticamente gli impianti elettrici non idonei a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù. 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 lungo almeno 500 m, estensione misurata a partire dal fronte (franco di sicurezza, vedi cap. 9), l'impianto di illuminazione deve essere idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B)
> nella fase di ricerca del gas tramite sondaggi al fronte deve essere impiegata una macchina perforatrice idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B e motore del gruppo I, categoria M2, in conformità a UNI EN 1834-2:2001) 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 costituita dalla miscela aria-grisù
> durante la fase di ricerca del gas, a distanza di almeno 500 m dal fronte (inizio 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. Divieto di fumare"
> deve essere possibile la messa fuori tensione manuale degli impianti elettrici non idonei
> gli impianti elettrici a sicurezza devono essere sezionati automaticamente al raggiungimento della concentrazione di grisù del 5% in volume
> al fronte deve essere presente un veicolo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B e motori del gruppo I, categoria M2, in conformità a UNI EN 1834-2:2001) per l'immediata evacuazione del personale nelle situazioni di crisi

- Ventilazione

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 impegnate. 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. L'efficienza della ventilazione deve essere controllata anche con misure manuali in sezioni di riflusso significative. Il Responsabile del Monitoraggio deve imporre specifiche procedure di sicurezza idonee a fare fronte a condizioni di ventilazione carente, rispetto a problematiche connesse al rischio grisù, o all'arresto dei ventilatori

- **Aspetti organizzativi**

  si deve:

  > informare, formare ed addestrare il personale relativamente alle proprie funzioni anche:
  - sui rischi derivanti da 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 rischio 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 rischio grisù

  > attuare il sistema di procedure di monitoraggio, di allarme e di abbandono indicati nei successivi capitoli 5 e 6

- **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 di rischio, deve imporre procedure di sicurezza da porre in essere per l'utilizzazione di sorgenti di calore con temperature pericolose e/o produzione di fiamme e/o di scintille. Nel caso si siano registrati flussi di gas, il Responsabile del Monitoraggio deve autorizzare di volta in volta l'esecuzione dei lavori a rischio di 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

4.5 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 aria. L'impianto deve governare i sistemi di allarme associati alle concentrazioni limite di gas definite nel successivo capitolo 6. 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 costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchio del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B) e con prelievi di acqua per la misura del grisù 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. 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 8

- Impianti, macchine ed attrezzature

> impianti, macchine ed attrezzature idonei a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B e motori del gruppo I, categoria M2, in conformità a UNI EN 1834-2:2001)

> gli impianti elettrici a sicurezza devono essere sezionati automaticamente al raggiungimento della concentrazione di grisù del 5% in volume

> al fronte deve essere presente un veicolo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B e motore del gruppo I, categoria M2, in conformità a UNI EN 1834-2:2001) per l'immediata evacuazione del personale nelle situazioni di crisi

- Ventilazione

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 impegnate. 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. L'efficienza della ventilazione deve essere controllata anche con misure manuali in sezioni di riflusso significative. Il Responsabile del Monitoraggio deve imporre specifiche procedure di sicurezza idonee a fare fronte a condizioni di ventilazione carente, rispetto a problematiche connesse al rischio grisù, o all'arresto dei ventilatori

- Aspetti organizzativi

si deve:

> informare, formare ed addestrare il personale relativamente alle proprie funzioni anche:
  - sui rischi derivanti da 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 rischio 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 rischio grisù

> attuare il sistema di procedure di monitoraggio, di allarme e di abbandono indicati nei successivi capitoli 5 e 6

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

in linea di principio, sulla base di una corretta valutazione del rischio, 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 tale rischio. Se, a seguito di un'attenta analisi delle singole lavorazioni, permanesse la necessità di ricorrere ad alcune lavorazioni pericolose, 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 localizzati all'interno dello scavo (lancio dello spritz beton)
> analisi dello stato dell'aria in un significativo intorno della sorgente 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, al fine 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 dei lavori

- Utilizzazione degli esplosivi
  > esplosivi ed accessori di tipo antigrisutoso

5. 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.

5.1 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 registrazione continua dei tenori di gas di

tipo locale, per il controllo dell'atmosfera in prossimità del fronte di avanzamento. L'impianto deve essere costituito da una stazione di misura con almeno 2 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)

> 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

5.2 CLASSE 1 B

- 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 con 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 fresca proveniente dall'esterno e devono essere 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

5.3 CLASSE 1 C

- 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 composta da almeno 5 rilevatori, da posizionare in modo tale che non siano investiti dalla corrente di aria fresca proveniente dall'esterno e che siano soggetti alla corrente di riflusso (alle spalle della sezione terminale del tubo di ventilazione). Tre dei cinque rilevatori costituiscono la stazione di misura prossima al fronte da collocare come indicato al precedente punto 5.2 Classe 1b e 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. Terminata la fase di prospezione, nel caso 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 boccaforo durante tutta la successiva fase di perforazione
  - > il controllo deve essere integrato con prelievi di acqua per la ricerca del gas disciolto

5.4 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. Questo personale, visto che l'azione di controllo gas è il punto nodale del sistema di sicurezza ed è necessario sia di tipo continuo, deve essere costituito da personale non aziendale e funzionalmente dipendente 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

6 STATI DI ALLARME E ABBANDONO DELLA GALLERIA

Ai fini della 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 % < 0,7 %	BLU
PREALLARME	≥ 0,15 % < 0,35 %	NON PREVISTO	≥ 0,15 % < 0,35 %	GIALLO	≥ 0,7 % < 1 %	GIALLO
ALLARME (ABBANDONO)	≥ 0,35 %	NON PREVISTO	≥ 0,35 %	ROSSO	≥ 1 %	ROSSO

6.1 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 ≥ 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 generale, previsto dal Piano di Emergenza.

Se le concentrazioni limite sopraccitate 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.

6.2 CLASSE 1 B

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 ≥ 0,35 % si deve dare corso alle procedure per l'abbandono del 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 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

6.3 CLASSE 1 C

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 ≥ 0,35 % si deve dare corso alle procedure per l'abbandono del 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 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

6.4 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%

7 SEZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

7.1 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.

7.2 CLASSE 1 B

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 deve essere messa automaticamente fuori tensione.

7.3 CLASSE 1 C

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 deve essere messa automaticamente fuori tensione.

7.4 CLASSE 2

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

8 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 costituita dalla miscela aria-grisù 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.

8.1 ISPEZIONE E MANUTENZIONE DEI SISTEMI DI CONTROLLO DELL'ESPLOSIVITÀ 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.

Si definiscono:

- ISPEZIONE, accertamento che comprende l'esame a vista e l'eventuale esecuzione di prove;
- CONTROLLO E MANUTENZIONE PREVENTIVA, periodico accertamento della completa e corretta funzionalità del sistema ed esecuzione dei necessari interventi; la cadenza dei controlli deve essere adeguata a garantire costantemente l'efficienza del sistema;
- 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

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 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.

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

8.2.1 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.

8.2.2 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.

8.2.3 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.

9 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 di linea), deve essere esaminato il problema dell'assetto impiantistico ed organizzativo sia in sede di progettazione che di gestione.

La progettazione e la gestione devono tenere conto che l'emissione di grisù forma un "tappo" che si allontana dal fronte con velocità pari a quella dell'aria di 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:

Stato di Allarme	Colori dei semafori
Funzionamento normale	Verde
Attenzione	Blu
Preallarme	Giallo
Allarme (abbandono)	Rosso

Nei tratti di galleria che, indipendentemente dalla classificazione, possono essere interessati dall'invasione o 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 costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B).

Si definisce "**franco di sicurezza**" un segmento di galleria privo di emissioni, contiguo a progressive con possibili emissioni, all'interno del quale si applicano le procedure di sicurezza tipiche della classe 2.

L'estensione del franco di sicurezza deve essere almeno pari a 500 m, ed è stata stabilita in modo da garantire che il fronte del tappo di grisù impieghi un tempo pari almeno a 16 minuti a percorrerlo, considerando una velocità dell'aria di riflusso pari a 0,5 m/s.[1]

Il franco di sicurezza ha inizio 500 m prima della progressiva relativa, in corrispondenza della quale sono possibili emissioni in atmosfera secondo le modalità tipiche della classe 2.

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.

9.1 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 all'inizio del presente capitolo, occorre garantire un tempo (almeno 16 minuti) affinché 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 costituire più una fonte di innesco al passaggio del tappo di grisù.

1- In termini di sicurezza il parametro guida è costituito dal tempo. La temperatura di accensione del grisù riportata in letteratura è pari a 537°C. Le norme costruttive di sicurezza prevedono che la massima temperatura superficiale dei componenti a contatto con l'atmosfera potenzialmente esplosiva non superi i 450°C. Prove sperimentali eseguite sulle macchine in assetto ordinario impiegate in galleria indicano che, una volta spenta la macchina, la temperatura superficiale delle parti più calde scende a circa 200°C in 15 minuti.

Per rispettare l'intervallo di tempo considerato (16 minuti), tenuto conto che frequentemente le caratteristiche geometriche e costruttive della finestra differiscono da quelle della galleria, qualora il franco di sicurezza di 500 m interessi la finestra stessa o una porzione di essa, può essere necessario calcolare la lunghezza del franco considerando la sezione della finestra.

Occorre inoltre considerare che il tappo di grisù può invadere una porzione dell'altro ramo di galleria qualora quest'ultimo non sia ventilato.

Si devono inoltre osservare le seguenti indicazioni:

- IMPIANTISTICA ELETTRICA
  - > all'interno del franco di sicurezza e da questo fino al fronte in classe 2 l'impiantistica deve essere di tipo idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B)
  - > la finestra 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 costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi 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
  - > all'interno del 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 costituita dalla miscela aria-grisù (apparecchi del gruppo I, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B e motori del gruppo I, categoria M2, in conformità a UNI EN 1834-2:2001)
  - > nel ramo di galleria non interessato dal passaggio o invasione di grisù è comunque 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/SEMAFORI
  - > 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 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)
  - > il raggiungimento della concentrazione 0,35% deve comportare almeno l'evacuazione dei tratti non in classe 2

9.2 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 rispettare l'intervallo di tempo considerato (16 minuti), fino a quando il fronte classificato in classe 1c non si allontana di 500 metri (franco di sicurezza) dall'innesto, tenuto conto che frequentemente le caratteristiche geometriche e costruttive della finestra differiscono da quelle della galleria, può essere necessario calcolare la lunghezza del franco considerando la sezione della finestra.

Occorre inoltre considerare che il tappo di grisù può invadere una porzione dell'altro ramo di galleria qualora quest'ultimo non sia ventilato.

Si devono inoltre osservare le seguenti indicazioni:

- IMPIANTISTICA ELETTRICA
  - > all'interno del franco di sicurezza, l'impiantistica deve essere di tipo idoneo a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva (apparecchi del gruppo 1, categoria M2, modi di protezione: vedi Tab. 5 nell'Appendice B)
  - > la finestra è interessata dal transito del tappo di grisù. Nella porzione di finestra non interessata dal franco di sicurezza, 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 1, categoria M2, modi di protezione: vedi 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
  - > all'interno del 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: vedi Tab. 5 nell'Appendice B e motori del gruppo I, categoria M2, in conformità a UNI EN 1834-2:2001)
  - > nel ramo di galleria non interessato dal passaggio o invasione di grisù è comunque 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)

10 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'ARPA Marche territorialmente competente;
- L'ARPA Marche 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'ARPA Marche o a un Organismo abilitato dal Ministero delle Attività Produttive le **verifiche periodiche biennali;**
- l'ARPA Marche (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.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 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:

- probabilità e durata della presenza di atmosfere esplosive;
- probabilità 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.

Il D.Lgs. 81/08 indica come possibile riferimento per la definizione delle zone suddette la Norma Tecnica armonizzata EN 60079-10 (CEI 31-87 ex CEI 31-30) "*Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas*. PARTE 10: *Classificazione dei luoghi pericolosi*"

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'inviluppo 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, 2001-01, Seconda edizione "Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30). Classificazione dei luoghi pericolosi".

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 (2)	$10^{-3} \geq P > 10^{-5}$	OLTRE 0,1 H FINO A 10 H (1)
(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.		
(2) QUANDO NON SONO DISPONIBILI VALORI ATTENDIBILI DEI RATEI DI GUASTO, PUÒ ESSERE GENERALMENTE CONSIDERATO ALMENO UN EVENTO OGNI 365 D.		

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 1127-2:2008 "*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 [2] esposti al pericolo di esplosione, perché generalmente questo termine definisce lo

2 In tali impianti per analogia si possono includere anche le gallerie grisutose.

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" a diversa probabilità di presenza di atmosfera esplosiva non può essere condotta applicando i criteri stabiliti dalla Norma CEI EN 60079-10 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 probabilità 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 probabilità, 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 probabilità 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 Nota tecnica, le gallerie sono classificate, come precisato nel paragrafo 3.2, in tre classi (0, 1, 2) di cui la 1 suddivisa in tre sottoclassi (1a, 1b, 1c) a probabilità 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 1127-2:2008 :

- **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 grisutose 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 grisutose 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:

- immissione in olio "o";
- sovrapressione 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 probabilità 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 probabilità, ma alle due **condizioni pericolose** (**1** e **2**) definite dalla Norma UNI EN 1127-2:2008 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 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. 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 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 probabilità di presenza di atmosfera esplosiva decrescente dalla categoria 1 alla categoria 3; 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 (1)	Categoria degli apparecchi (2)				Sistemi di protezione
		M1-1	M2-2 [E]	M2-2 [N]	3	
Fase di progetto						
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
Fase di produzione						
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

Note:
(1) ATEX Direttiva 94/9/CE
(2) [E] Apparecchi elettrici e motori a combustione interna
[N] Apparecchi non elettrici
(3) I documenti tecnici devono essere depositati presso un Organismo notificato

X – Procedura obbligatoria
O – Procedura alternativa
Y – Procedure alternative tra loro

Tabella 1 – Procedure di valutazione della conformità

CENELEC (EN 50014)			ATEX (Direttiva 94/9/CE)			
EEx	*	*	CE	Ex	*	*
Protezioni contro le esplosioni. Norme Europee	Codice del **modo di protezione**	**Gruppo del gas** I (miniere e gallerie grisutose)	Contrassegno CE	Marchio distintivo comunitario		

MODI DI PROTEZIONE
Apparecchiature elettriche per gas

	Codice	CENELEC EN	Categoria
Regole generali		50014	
Immersione in olio	o	50015	M2
Sovrapressione interna	p	50016	M2
Riempimento polverulento	q	50017	M2
Custodie a prova di esplosione	d	50018	M2
Sicurezza aumentata	e	50019	M2
Sicurezza intrinseca	ia	50020	M1
Sicurezza intrinseca	ib	50020	M2
Incapsulamento	m	50028	M2
Categoria M1	(*)	50303	M1

Apparecchiature non elettriche (**)

Regole generali
Custodie a respirazione limitata
Custodie a prova di esplosione
Sicurezza implicita
Sicurezza costruttiva
Controllo delle sorgenti d'innesco

(*) Il modo di protezione è una combinazione dei modi di protezione previsti per gli apparecchi M2.
(**) Le Norme **CEN EN** relative sono in preparazione

Gruppo apparecchi	Categoria apparecchi
I miniere e gallerie grisutose	**M1** protezione molto elevata **M2** protezione elevata

Tabella 5 - Contrassegni degli apparecchi del gruppo I

Requisiti della Direttiva 94/9/CE	
TIZIO VIA VERDI, 1 00100 ROMA (RM) ITALIA	NOME E INDIRIZZO DEL COSTRUTTORE
APPARECCHIO DI SALDATURA TIPO CAIO XYZ 2004	TIPO, NUMERO DI SERIE ANNO DI COSTRUZIONE
CE	CONTRASSEGNO CE
XXXX	N° DI IDENTIFICAZIONE DELL'ORGANISMO NOTIFICATO, RESPONSABILE DELLA SORVEGLIANZA
©	MARCHIO DISTINTIVO COMUNITARIO
I **M2**	APPARECCHIO DI GRUPPO I (MINIERE) CATEGORIA M2 (NON ALIMENTATO IN PRESENZA DI ATMOSFERA ESPLOSIVA)
Requisiti della norma EN 60079	
Eex	PROTEZIONE CONTRO LE ESPLOSIONI; NORME EUROPEE
d[ib]ib e **I**	MODO DI PROTEZIONE GRUPPO
INERIS **00** **ATEX0001** **X**	ORGANISMO NOTIFICATO ANNO DI EMISSIONE DEL CERTIFICATO NUMERO DI CERTIFICATO NELL'ALLEGATO ALL'ATTESTATO DI ESAME CE DEL TIPO SONO CONTENUTE LE INDICAZIONI INDISPENSABILI ALL'IMPIEGO IN CONDIZIONI DI 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 (abrogato dal D.Lgs. 81/08) *"NORME PER LA PREVENZIONE DEGLI INFORTUNI SUL LAVORO",* 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 é 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 1834-2:2001

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 (98/37/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 (UNI EN 1834-2:2001).

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 1 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 1;
- per i motori a combustione interna, nell'ambito del rispetto dei RES, può essere applicata la Norma UNI EN 1834-2:2001.

INDICE

1 PREMESSA
2 GLOSSARIO PER LE GALLERIE
3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI FLUSSO DI GRISU' E SUA CLASSIFICAZIONE
3.1 VALUTAZIONE DEL RISCHIO E RELAZIONE TECNICA
3.2 CLASSIFICAZIONE DELLE GALLERIE
3.3 MODIFICA DELL'INDICE DI CLASSIFICA
4 MISURE DI SICUREZZA CORRELATE ALL'INDICE DI CLASSIFICA
4.1 CLASSE 0
4.2 CLASSE 1A
4.3 CLASSE 1B
4.4 CASSE 1C
4.5 CLASSE 2
5 DEFINIZIONE DEL SISTEMA E DELLE PROCEDURE DI MONITORAGGIO
5.1 CLASSE 1A
5.2 CLASSE 1B
5.3 CASSE 1C
5.4 CLASSE 2
6 STATI DI ALLARME E ABBANDONO DELLA GALLERIA
6.1 CLASSE 1A
6.2 CLASSE 1B
6.3 CLASSE 1C
6.4 CLASSE 2
7 SEZIONAMENTO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI
7.1 CLASSE 1A
7.2 CLASSE 1B
7.3 CLASSE 1C
7.4 CLASSE 2
8 MANUTENZIONE E VERIFICA DEI SISTEMI DI CONTROLLO DELL'ESPLOSIVITÀ'
8.1 ISPEZIONE E MANUTENZIONE DEI SISTEMI DI CONTROLLO DELL'ESPLOSIVITÀ DELL'ATMOSFERA
8.2 VERIFICA DEI SISTEMI DI CONTROLLO DELL'ESPLOSIVITÀ DELL'ATMOSFERA, DELLE COSTRUZIONI ELETTRICHE A SOVRAPRESSIONE INTERNA E DEI LOCALI PRESSURIZZATI
8.2.1 TARATURA DEI SENSORI
8.2.2 VERIFICA DELLA CORRISPONDENZA TRA LE CONCENTRAZIONI RILEVATE E LE AZIONI DEL SISTEMA. PROVE PERIODICHE DI MESSA FUORI TENSIONE DELL'IMPIANTO ELETTRICO
8.2.3 PROVE STRAORDINARIE DI MESSA FUORI TENSIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI
9 INTERAZIONE TRA GALLERIE DI DIVERSA CLASSE
9.1 FINESTRA PER L'ACCESSO A DUE FRONTI OPPOSTI E CLASSIFICATI UNO IN CLASSE 2 E L'ALTRO IN UNO DELLE ALTRE CLASSI 0, 1A, 1B, 1C
9.2 FINESTRA PER L'ACCESSO A DUE FRONTI OPPOSTI E CLASSIFICATI UNO IN CLASSE 1C E L'ALTRO IN UNO DELLE TRE CLASSI 0, 1A, 1B
10 MESSA IN ESERCIZIO E VERIFICHE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

APPENDICI

A RISCHIO DI ATMOSFERE ESPLOSIVE
- **A.1** LE INNOVAZIONI INTRODOTTE DAL TITOLO XI D.LGS. 81/08
- **A.2** L'APPLICAZIONE DEL D.LGS. 81/08

B APPARECCHI E SISTEMI DI PROTEZIONE DESTINATI AD ESSERE UTILIZZATI IN ATMOSFERA A RISCHIO GRISU'
- **B.1** APPARECCHI ELETTRICI
  - **B.1.1** LA NORMATIVA PREESISTENTE AL DPR 126/98
  - **B.1.2** LE NOVITA' INTRODOTTE DAL DPR 126/98
- **B.2** MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA
  - **B.2.1** LE NORME PREESISTENTI AL DPR 126/98
  - **B.2.2** LA NORMA UNI EN 1834-2:2001
- **B.3** L'APPLICAZIONE NELLE GALLERIE A RISCHIO GRISU' DELLE CATEGORIE DI APPARECCHI M1 E M2