

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

GEOLOGIA

Relazione idrogeologica

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PK REV.

I V 0 I 0 0 D 6 9 R G G E 0 0 0 2 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	W. Rivola 	Nov. 2021	E. Poggi 	Nov. 2021	G. Fadda 	Nov. 2021	M. Comedini Nov. 2021

File: IV0100D69RGGE0002001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	ALTRI DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
3	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO.....	9
4	DATI DI BASE.....	11
4.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE	11
4.1.1	<i>Campagna Itaferr 2021 (PD Finale Ligure - Andora).....</i>	<i>11</i>
4.1.2	<i>Campagna Itaferr 2010 (PD Finale Ligure - Andora).....</i>	<i>13</i>
4.1.3	<i>Campagne indagini pre 2010.....</i>	<i>14</i>
4.2	DATI DI MONITORAGGIO	14
4.3	PUNTI D'ACQUA.....	17
5	DEFINIZIONE DELLA PERMEABILITÀ DELLE FORMAZIONI.....	21
5.1	PERMEABILITÀ DELL'AMMASSO E TRASMISSIVITÀ PRESUNTA LUNGO LE FRATTURE PRINCIPALI	21
5.2	SINTESI DELLE PROVE LEFRANC E DEGLI RQD DELLE SINGOLE FORMAZIONI	23
5.3	FORMAZIONI CLASSIFICABILI COME TERRENI.....	25
5.4	FORMAZIONI CLASSIFICABILI COME ROCCE	30
5.5	SCHEMA DI SINTESI DELLE CLASSI DI PERMEABILITÀ DELLE FORMAZIONI.....	51
6	DESCRIZIONE DEGLI ELABORATI IDROGEOLOGICI	54
6.1	CARTA IDROGEOLOGICA.....	54
6.2	PROFILO IDROGEOLOGICO.....	55
7	MODELLO IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO E POTENZIALI CRITICITÀ.....	57
7.1	TRATTA ALL'APERTO FINALE LIGURE (DA PK 65+627 A PK 66+144).....	58
7.2	GALLERIA CAPRAZOPPA (DA PK 66+144 A PK 69+457).....	59
7.3	TRATTA ALL'APERTO BORGIO VEREZZI (DA PK 69+457 A PK 69+515).....	64

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	3 di 120

Relazione idrogeologica

7.4	GALLERIA MONTE GROSSO (DA PK 69+515 A PK 70+992)	64
7.5	TRATTA ALL'APERTO PIETRA LIGURE (DA PK 70+992 A PK 71+454).....	65
7.6	GALLERIA CASTELLARI (DA PK 71+454 A PK 76+482)	65
7.7	TRATTA ALL'APERTO RIO DEL CASTELLARO (DA PK 76+482 A PK 76+696)	68
7.8	GALLERIA PINELAND (DA PK 76+696 A PK 77+077).....	68
7.9	TRATTA ALL'APERTO BORGHETTO SANTO SPIRITO (DA PK 77+077 A PK 77+703)	68
7.10	GALLERIA CROCE (DA PK 77+703 A PK 82+265)	68
7.11	TRATTA ALL'APERTO CERIALE E ALBENGA (DA PK 82+265 A PK 87+136).....	71
7.12	GALLERIA ALASSIO (DA PK 87+136 A PK 96+861)	72
7.13	TRATTA ALL'APERTO ANDORA (DA PK 96+861 A PK 97+663).....	73
8	BIBLIOGRAFIA.....	74

INDICE

Appendice 1: Database pozzi e sorgenti

Appendice 2: Grafici RQD e Lefranc

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0002 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 4 di 120</p>

1 PREMESSA

La presente relazione illustra e riassume i risultati dello studio idrogeologico eseguito a supporto del Progetto Definitivo del raddoppio della tratta “Finale Ligure - Andora” (linea “Genova - Ventimiglia”), come illustrato in Figura 1.1. Per gli aspetti geologici si rimanda all’apposita Relazione Geologica e Geomorfologica redatta a corredo del presente Progetto.

La lunghezza complessiva del tracciato in progetto è di circa 31,6 Km, dei quali circa 25 in sotterraneo essendo, infatti, prevista la realizzazione di n.11 gallerie di linea, 5 delle quali realizzate in naturale (denominate “Caprazoppa”, “Monte Grosso”, “Castellari”, “Croce” e “Alassio” procedendo da Finale Ligure verso Andora).

L’area interessata dallo studio rappresenta una fascia di territorio di circa 90 km² situata per la sua totalità nella Regione Liguria, nella porzione sud-occidentale della provincia di Savona.



Figura 1.1 Corografia dell’area di studio con individuazione della tratta ferroviaria in progetto, in rosso (scala grafica)

Con riferimento alla Carta Topografica d’Italia edita dall’Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l’area di studio è individuabile all’interno dei Fogli 92 “Albenga” e 103 “Imperia” in scala 1:100.000, nelle Tavole 245.1, 245.2, 245.3, 245.4, 246.4 e 259.4 in scala 1:25000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Liguria,

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0002 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 5 di 120</p>

negli elementi 245032, 245041, 245042, 245043, 245044, 245071, 245072, 245073, 245074, 245083, 245084, 245101, 245102, 245111, 245112, 245113, 245114, 245141, 245142, 245151, 245153, 245154, 246013, 246014, 259021, 259022, 259023, 259024 e 259033 in scala 1:5.000.

In particolare, il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti riguardanti l'area di interesse, in particolare, quelli del Progetto CARG n. 259 "Imperia" (ISPRA 2011a) e delle carte idrogeologiche dei Piani Urbanistici Comunali dei comuni attraversati dall'opera, laddove disponibili;
- rilievi diretti sul terreno ed attività di monitoraggio piezometrico mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area, con la realizzazione di stop geologici;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili ed appositamente realizzate nell'area di interesse progettuale;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

Il lavoro si è articolato in una fase preliminare di raccolta ed analisi dei dati bibliografici, a cui hanno fatto seguito le attività in campo (rilievo geologico, rilievo geomorfologico e supervisione delle indagini geognostiche effettuate).

Nello studio si è fatto riferimento ai risultati della campagna di indagini geognostiche in sito appositamente realizzate nel corso del 2021 nell'ambito della presente fase progettuale e nell'anno 2010 nell'ambito della precedente progettazione definitiva, nonché alle indagini disponibili in campagne pregresse e bibliografiche.

La presente relazione e gli elaborati cartografici ad esse allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente idrogeologica in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista idrogeologico, fornendo un quadro d'insieme adeguato all'attuale livello progettuale.

Le informazioni di carattere idrogeologico sono state sintetizzate nei seguenti elaborati, che costituiscono parte integrante della presente relazione:

- Carta idrogeologica (n.6 tavole in scala 1:5.000);
- Profilo idrogeologico in asse al tracciato - Binario pari (n.6 tavole in scala 1:5.000/500);

Si segnala che nel presente documento le progressive chilometriche (in seguito pk) citate si riferiscono al tracciamento sul binario pari e fanno riferimento all'ultima versione del profilo 2011.

L'elenco completo degli elaborati prodotti nell'ambito dello studio idrogeologico è riportato nella seguente Tabella 1.1, suddiviso per gruppi tematici.

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV0I	00	D 69 RG	GE0002 001	A	6 di 120

Relazione idrogeologica
Tabella 1.1 Tratta Finale Ligure - Andora: elenco elaborati

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IV0I00D69RGGE0002001A	Relazione idrogeologica	-
IV0I00D69N5GE0002001A	Carta idrogeologica tav 1/6 da pk 64+934,80 a pk 73+380	1:5.000
IV0I00D69N5GE0002002A	Carta idrogeologica tav 2/6 da pk 70+940 a pk 77+850	1:5.000
IV0I00D69N5GE0002003A	Carta idrogeologica tav 3/6 da pk 76+640 a pk 83+600	1:5.000
IV0I00D69N5GE0002004A	Carta idrogeologica tav 4/6 da pk 82+270 a pk 89+840	1:5.000
IV0I00D69N5GE0002005A	Carta idrogeologica tav 5/6 da pk 86+040 a pk 93+230	1:5.000
IV0I00D69N5GE0002006A	Carta idrogeologica tav 6/6 da pk 91+630 a pk 97+718,39	1:5.000
IV0I00D69FZGE0002001A	Profilo idrogeologico tav 1/6 da pk 65+630 a pk 72+420	1:5.000/500
IV0I00D69FZGE0002002A	Profilo idrogeologico tav 2/6 da pk 71+000 a pk 77+790	1:5.000/500
IV0I00D69FZGE0002003A	Profilo idrogeologico tav 3/6 da pk 76+630 a pk 83+420	1:5.000/500
IV0I00D69FZGE0002004A	Profilo idrogeologico tav 4/6 da pk 82+250 a pk 89+030	1:5.000/500
IV0I00D69FZGE0002005A	Profilo idrogeologico tav 5/6 da pk 86+250 a pk 93+040	1:5.000/500
IV0I00D69FZGE0002006A	Profilo idrogeologico tav 6/6 da pk 91+350 a pk 98+130	1:5.000/500

1.1 Altri documenti di riferimento

Ai fini del presente studio, si è fatto inoltre riferimento agli elaborati elencati nella seguente Tabella 1.2 relativi ad indagini in sito, di laboratorio e monitoraggio, prodotti a corredo della presente fase progettuale.

Tabella 1.2 Documentazione tecnica di riferimento a supporto dello studio geologico

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IV0I00D69SGGE0001001A	Report delle indagini geognostiche e prove in situ - campagna 2021	-
IV0I00D69SGGE0001002A	Report delle indagini geognostiche e prove in situ - campagna precedente	-
IV0I00D69PRGE0000001A	Prove geotecniche di laboratorio indagini 2021	-
IV0I00D69PRGE0000002A	Prove geotecniche di laboratorio indagini pregresse	-
IV0I00D69RGGE0000001A	Monitoraggio piezometrico settembre 2021 ÷ novembre 2021	-
IV0I00D69RGGE0000002A	Monitoraggio piezometrico pregresso	-

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0002 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 7 di 120</p>

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Piano di Bacino del Torrente Bottassano (D.C.P. n° 47 del 25/11/2003 e ss.mm.ii.);
- Piano di Bacino del Torrente Carenda (D.C.P. n° 47 del 25/11/2003 e ss.mm.ii.);
- Piano di Bacino del Torrente Centa (D.C.P. n° 47 del 25/11/2003 e ss.mm.ii.);
- Piano di Bacino del Torrente La Liggia (D.C.P. n° 43 del 28/10/2002 e ss.mm.ii.);
- Piano di Bacino del Torrente Maremola (D.C.P. n° 47 del 25/11/2003 e ss.mm.ii.);
- Piano di Bacino del Torrente Merula (D.C.P. n° 47 del 25/11/2003 e ss.mm.ii.);
- Piano di Bacino del Torrente Nimbalto (D.C.P. n° 47 del 25/11/2003 e ss.mm.ii.);
- Piano di Bacino del Torrente Pora (D.C.P. n° 47 del 25/11/2003 e ss.mm.ii.);
- Piano di Bacino del Torrente Varatella (D.C.P. n° 47 del 25/11/2003 e ss.mm.ii.);
- Piano Regolatore Generale del Comune di Alassio del marzo 1995;
- Piano Urbanistico Comunale di Albenga adottato con delibera di C.C. n.72 del 22/10/2015;
- Piano Urbanistico Comunale di Andora vigente dal 04/06/2008;
- Piano Urbanistico Comunale di Boissano approvato con delibera di C.C. n.17 del 15/03/2007;
- Piano Urbanistico Comunale di Borghetto S. Spirito vigente dal 24/07/2009;
- Piano Urbanistico Comunale di Borgio Verezzi adottato con delibera di C.C. n.3 del 30/01/2018;
- Piano Urbanistico Comunale di Finale Ligure approvato con delibera di C.C. n.48 del 12/07/2006;
- Piano Urbanistico Comunale di Villanova di Albenga vigente dal marzo 2021;
- L.R. n.4 del 22/01/1999, “Norme in materia di foreste e di assetto idrogeologico”;
- Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio n.2000/60/CE del 23/10/2000, “Quadro per l'azione comunitaria in materia di acque”.
- O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e ss.mm.ii., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
----------	-------	----------	-----------	------	--------

Relazione idrogeologica

IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	8 di 120
------	----	---------	------------	---	----------

- D.G.R. n.1308 del 24/10/2008, “Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria” e ss.mm.ii.;
- D.M. 17/01/2018, “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21/01/2019, n.7 recante "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018".

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0002 001	REV. A

3 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il tracciato in progetto si sviluppa tra la stazione di Finale Ligure, alla pk 65+836, e la stazione di Andora, alla pk 97+435. Il senso di percorrenza, e quindi di avanzamento delle progressive, è dalla Stazione di Finale Ligure verso Andora, cioè in direzione Ventimiglia. Come indicato al paragrafo precedente, il tracciato è per la maggior parte in sotterraneo; infatti, la somma delle lunghezze delle gallerie in progetto (11 gallerie, delle quali 5 naturali) porta ad un totale di 25.315 metri di tracciato in sotterraneo.

In Tabella 3.1 si riportano le lunghezze delle tratte all'aperto e delle gallerie in progetto con la definizione delle progressive di riferimento.

Tabella 3.1 Suddivisione delle gallerie sul tracciato in progetto

Tratta di linea	da pk (m)	a pk (m)	L (m)
Tratta all'aperto Finale Ligure	65+836	66+144	308
Galleria Caprazoppa	66+144	69+457	3.313
Tratta all'aperto Borgo Verezzi	69+457	69+515	58
Galleria Monte Grosso	69+515	70+992	1.477
Tratta all'aperto Pietra Ligure	70+992	71+454	462
Galleria Castellari	71+454	76+482	5.028
Tratta all'aperto Loano	76+482	76+696	214
Galleria Artificiale Pineland	76+696	77+077	381
Tratta all'aperto Borghetto Santo Spirito	77+077	77+703	626
Galleria Croce	77+703	82+265	4.562
Tratta all'aperto Ceriale-Albenga *	82+265	87+136	4.871
Galleria Alassio	87+136	96+861	9.725
Tratta all'aperto Andora	96+861	97+435	574

* nella tratta sono presenti le gallerie artificiali denominate "16", "17", "Parei", "Bastia1" e Bastia2"

In linea generale, la galleria Caprazoppa presenta coperture inferiori ai 50 metri esclusivamente nelle zone degli imbocchi e la massima copertura è pari a circa 265 metri in corrispondenza del Monte Caprazoppa, alla pk 67+100 circa.

La galleria Monte Grosso presenta coperture inferiori ai 50 metri esclusivamente nelle zone degli imbocchi e la massima copertura è pari a circa 260 metri in corrispondenza del Monte Grosso, alla pk 70+100 circa.

La galleria Castellari presenta coperture comprese tra 40 e 90 metri dall'imbocco lato Finale Andora fino alla pk 74+600 circa; da qui fino all'imbocco della galleria lato Andora, le coperture si mantengono su valori non superiori a 30 metri. La massima copertura è pari a circa 100 metri nel tratto a nord-ovest del casello autostradale di Pietra Ligure, alla pk 71+800 circa.

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
----------	-------	----------	-----------	------	--------

Relazione idrogeologica

IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	10 di 120
------	----	---------	------------	---	-----------

La galleria Croce, nel tratto fino alla pk 80+700 circa, a meno del tratto di imbocco lato Finale Ligure, presenta coperture comprese tra 50 e 420 metri, con la massima copertura in corrispondenza della Costa di Cane, alla pk 78+900. Dalla pk 80+700 fino all'imbocco lato Andora le coperture si mantengono su valori non superiori a 40 metri.

In ultimo, la galleria Alassio nel tratto fino alla pk 91+750 circa, a meno del tratto di imbocco lato Finale Ligure, presenta coperture comprese tra 50 e 500 metri, con la massima copertura in corrispondenza del Poggio Vallega, alla pk 89+550. Nel tratto di sottoattraversamento dell'abitato di Alassio, tra le pk 91+750 e 92+750, le coperture si mantengono su valori non superiori a 40 metri. Da qua sino all'imbocco della galleria lato Andora le coperture si mantengono su valori compresi tra 40 e 200 metri.

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0002 001	REV. A	FOGLIO 11 di 120

4 DATI DI BASE

La base documentale del presente studio è costituita dagli elaborati del Progetto Definitivo del raddoppio della linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Ligure-Andora, del 2011.

La cartografia idrogeologica è stata revisionata ed aggiornata al fine di recepire quanto disponibile nell'ambito del progetto CARG, del Piano Urbanistico Comunale (PUC) dei comune interessati dal progetto e della bibliografia scientifica: in particolare, si è fatto riferimento al foglio della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000 n.259 (Imperia). Sono stati verificati gli elementi geologici, quali i limiti delle formazioni, le faglie ed i depositi quaternari, anche in relazione alle risultanze delle attività di campagna (rilevamento geologico e attività di monitoraggio), della campagna geognostica in sito realizzata a supporto del presente progetto ed alla revisione critica dei dati delle campagne di indagine pregresse.

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche disponibili o appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto, oltre agli studi e rilievi in sito effettuati nelle precedenti fasi progettuali. L'intero set di dati ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione alla specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto idrogeologico dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

4.1 Indagini geognostiche

Nel presente paragrafo verranno descritte tutte le indagini in sito disponibili nell'area di studio, caratterizzate da sondaggi, prove in foro, indagini geofisiche e l'installazione di strumentazione di monitoraggio geotecnico.

In particolare, le indagini disponibili sono state eseguite nelle seguenti campagne di indagine, elencate e descritte nel seguito a partire da quella più recente:

- campagna Italferr 2021 - Progetto Definitivo Raddoppio tratta Finale Ligure - Andora;
- campagna Italferr 2010 - Progetto Definitivo Raddoppio tratta Finale Ligure - Andora;
- campagna Italferr 2005/06 - - Raddoppio linea Genova - Ventimiglia, tratta Finale Ligure - Andora;
- campagna Italferr 2001 - Progetto linea Genova - Ventimiglia, tratta Andora-Finale;
- campagna RFI 1989/93.

Per l'ubicazione delle indagini utilizzate si rimanda alle tavole denominate "Planimetria ubicazione indagini geognostiche" in scala 1:5.000 allegate al presente studio.

4.1.1 Campagna Italferr 2021 (PD Finale Ligure - Andora)

Durante la campagna indagini Italferr realizzata nel periodo aprile-novembre 2021 a supporto del Progetto Definitivo, nell'area in oggetto sono stati eseguiti:

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	12 di 120

Relazione idrogeologica

- n. 19 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, spinti a profondità variabili tra 15 e 152 m dal piano di campagna, attrezzati con piezometri;
- n. 24 sondaggi ambientali a carotaggio continuo, spinti a profondità variabili tra 5 e 10 m dal piano di campagna, eseguiti a secco.

In Tabella 4.1 e Tabella 4.2 si riporta il quadro riassuntivo dei sondaggi stratigrafici e dei sondaggi ambientali con l'indicazione, per ciascun sondaggio, dei principali dati tecnici, quali sigla, ubicazione (coordinate nel sistema Gauss-Boaga o Roma40 e quota altimetrica), eventuale strumentazione installata e prove in foro.

Tabella 4.1 Elenco dei sondaggi eseguiti nella campagna Italferr 2021 - Raddoppio tratta Finale L. - Andora

Sigla	Coordinate (Gauss-Boaga)		Quota <i>m</i> <i>s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità (<i>m</i>)	Campioni	SPT	Lefranc/Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche	Log termico
	Est	Nord									
SAF21-S01	1443111	4890054	108.35	Piezometro Norton 2"	110	5	2	1	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>
SAF21-S05	1432737	4874742	-	Piezometro Norton 3"	152	8	0	1	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>
SAF21-S06-OC5	1442375	4890394	-	Piezometro Norton 3"	51,4	0	7	1	0	1	<input checked="" type="checkbox"/>
SAF21-S07	1432697	4877278	-	Piezometro Norton 2"	103	3	0	1	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>
SAF21-S08	1432377	4870812	107.15	Piezometro Norton 3"	65	9	3	1	1	0	-
SAF21-S09	1431038	4868065	9.45	Piezometro Norton 3"	50	6	4	1	0	1	-
SAF21-S10	1438419	4885348	16.23	Piezometro Norton 3"	50	9	7	1	0	1	-
SAF21-S11	1432840	4872441	-	Piezometro Norton 3"	40	5	4	1	1	1	-
SAF21-OC3-A1	1447071	4890681	-	Piezometro Norton 3"	20	0	5	0	0	0	-
SAF21-OC4-A2-A3	1443876	4890845	-	Piezometro Norton 3"	20	0	4	0	0	0	-
SAF21-OC7-A4	1442316	4889956	-	Piezometro Norton 3"	20	0	7	0	0	0	-
SAF21-OC11-A5	1438972	4885896	-	-	15	0	5	0	0	0	-
SAF21-OC12-A6	1438840	4885807	-	Piezometro Norton 3"	30	0	7				-
SAF21-OC17-A8	1435737	4881265	-	Piezometro Norton 3"	22	0	8	0	0	0	-
SAF21-OC22-A9	1434572	4879917	-	Piezometro Norton 3"	27	0	7	0	0	0	-
SAF21-OC27-A10	1433462	4878793	-	Piezometro Norton 3"	20	0	6	0	0	0	-
SAF21-A11	1431291	4868325	-	Piezometro Norton 3"	25	0	3	0	0	0	-
SAF21-OCX	1433414	4878235	-	Piezometro Norton 3"	40	8	8	1	0	0	-
SAF21-OCY	1433321	4877986	-	Piezometro Norton 3"	40	7	7	1	0	1	-

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	13 di 120

Relazione idrogeologica
Tabella 4.2 Elenco dei sondaggi ambientali eseguiti nella campagna Italferr 2021 - Raddoppio tratta Finale L. - Andora

Sigla	Coordinate (Gauss-Boaga)		Quota <i>m</i> <i>s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità (<i>m</i>)	Campioni	SPT	Lefranc/Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche	Log termico
	Est	Nord									
SAF21-OC1	1447338	4890890	-	-	5	0	0	1	0	0	-
SAF21-OC2	1447267	4890839	-	-	5	0	0	1	0	0	-
SAF21-OC6	1442465	4889938	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC8	1441911	4890119	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC9	1439139	4886259	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC10	1439067	4886136	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC13	1438611	4885429	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC15	1438180	4885245	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC16	1438367	4884992	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC18	1435604	4881066	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC19	1435447	4880921	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC20	1435205	4880591	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC21	1435032	4880477	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC23	1434363	4879793	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC24	1434056	4879525	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC25	1433811	4879169	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC28	1433308	4878589	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC34	1433050	4878038	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC36	1432880	4877644	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC37	1431180	4868388	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC38	1430966	4867800	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC39	1431030	4867718	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC40	1430851	4867787	-	-	5	0	2	1	0	0	-
SAF21-OC41	1434222	4877880	-	-	10	0	3	1	0	0	-

4.1.2 Campagna Italferr 2010 (PD Finale Ligure - Andora)

Durante la campagna indagini Italferr realizzata nel periodo aprile-agosto 2010 a supporto del Progetto Definitivo, nell'area in oggetto sono stati eseguiti:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica	COMMESSA IV0I	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0002 001	REV. A

- n. 11 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, spinti a profondità variabili tra 20 e 205 m dal piano di campagna, attrezzati con piezometri.

In Tabella 4.3 si riporta il quadro riassuntivo dei sondaggi disponibili, con l'indicazione, per ciascun sondaggio, dei principali dati tecnici, quali sigla, ubicazione (coordinate nel sistema Gauss-Boaga o Roma40 e quota altimetrica), strumentazione installata e prove in foro.

Tabella 4.3 Elenco dei sondaggi eseguiti nella campagna Italferr 2010 - Raddoppio tratta Finale L. - Andora

Sigla	Coordinate (Gauss-Boaga)		Quota <i>m</i> <i>s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità (<i>m</i>)	Campioni	SPT	Lefranc/Lugeon	Dilatometriche	Pressionetriche
	Est	Nord								
D1	1444944	4890831	202.10	Piezometro Norton 1"	187,1	16	0	0	0	0
D2	1444151	4891188	228.15	Piezometro Norton 2"	210,1	10	0	0	0	0
D3	1443272	4891180	200.20	Piezometro Norton 2"	183	10	0	0	0	0
D4	1437823	4885259	56	Piezometro Norton 1.5"	58	5	0	2	1	1
D5	1436853	4883290	145	Piezometro Norton 2"	125	9	0	0	0	0
D6	1432622	4874350	325	Piezometro Norton 2"	50	7	0	2	2	0
D7	1447315	4890924	-	Piezometro Norton 2"	25	5	6	2	0	0
SV1	1441967	4890034	-	Piezometro Norton 2"	20					
SV2	1441745	4889720	-	Piezometro Norton 2"	20					
SV3	1438086	4885467	-	Piezometro Norton 2"	30					
SV5	1434652	4878455	-	Piezometro Norton 2"	30					

4.1.3 Campagne indagini pre 2010

Per quanto concerne le indagini pregresse, si è fatto riferimento alle indagini in sito e alle prove di laboratorio delle campagne di indagine realizzate negli anni 1989-93, 2001 e 2005-06, per le cui risultanze si rimanda agli elaborati di progetto "Report delle indagini geognostiche e prove in situ - campagne precedenti" (cod. elaborato IV0I00D69SGGE0001002A) e al documento "Prove geotecniche di laboratorio indagini pregresse" (cod. IV0I00D69PRGE0000002A).

4.2 Dati di monitoraggio

Come descritto nel dettaglio al paragrafo precedente, durante le campagne di indagine eseguite dal 2001 ad oggi, nei fori di sondaggio sono stati installati diversi strumenti di monitoraggio piezometrico (piezometri Norton e Casagrande); ad eccezione degli strumenti installati precedentemente alla campagna 2001, che non sono più individuabili in campagna, sugli strumenti disponibili è in corso una campagna di monitoraggio piezometrico. Nel dettaglio, la strumentazione ad oggi disponibile conta di:

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	15 di 120

Relazione idrogeologica

- n.3 piezometri realizzati nell'ambito delle attività di indagine in sito realizzate nel 2001;
- n.2 piezometri realizzati nell'ambito della campagna di indagini in sito 2005;
- n.5 piezometri realizzati nell'ambito della campagna indagini a supporto del progetto definitivo del 2010;
- n.17 piezometri a tubo aperto realizzati nell'ambito della campagna indagini a supporto del progetto definitivo del 2021;
- n.1 piezometro, situato in prossimità della stazione di Andora, di cui non si hanno informazioni nelle campagne di indagine pregresse sulla tratta in esame e verosimilmente riconducibile ad indagini realizzate a supporto dell'adiacente tratta Andora - San Lorenzo.

Nella seguente Tabella 4.4 si riporta l'elenco della strumentazione piezometrica monitorata nel corso della presente fase di studio lungo la tratta in progetto, con l'indicazione della campagna di riferimento e delle caratteristiche tecniche della strumentazione; mentre in Tabella 4.5 si elencano le risultanze delle letture piezometriche effettuate nel 2021, espresse come soggiacenza in metri dal piano campagna. Per il monitoraggio effettuato nei periodi precedenti, in particolare giugno-ottobre 2001, aprile 2006-aprile 2007 e marzo-settembre 2010 si rimanda al documento "Monitoraggio piezometrico progressivo" (cod. elaborato IV0100D69RGGE0000002A).

Tabella 4.4 Piezometri interessati dalle attività di monitoraggio 2021

Sigla	Anno	Coordinate (Gauss-Boaga)		Quota m s.l.m.	Tubo piezometrico		
		Est	Nord		Lunghezza (m) / Tipo / Tratto Fessurato o drenante		
BH1	2001	1447065	4890710	8.05	30.00	Norton	4.5÷30.0
BH11	2001	1439212	4886225	23.72	28.00	Norton	4.5÷28.0
CR5	2001	1436283	4881941	65.00	53.00	doppio Norton	2.0÷7.0 14.0÷52.5
PNL371D18	2005	1434631	4880131	34.00	30.00	Norton	6.0÷30.0
PNL371O13	2005	1435595	4881098	23.00	40.00	Norton	6.0÷40.0
D2	2010	1444151	4891188	228.00	210.00	Norton	175.0÷210.0
D3	2010	1443272	4891180	183.00	200.00	Norton	143.0÷183.0
D5	2010	1436853	4883290	143.00	125.00	Norton	120.0÷125.0
D6	2010	1432622	4874350	330.00	50.00	Norton	24.0÷48.0
D7	2010	1447315	4890924	7.80	25.00	Norton	5.0÷22.0
XIV16R40	---	1431030	4867718	7.4	n.d.	Norton	n.d.
SAF21-OC3-A1	2021	1447071	4890681	---	20.00	Norton Ø3"	6.0÷20.0
SAF21-OC4-A2-A3	2021	1443876	4890845	---	20.00	Norton Ø3"	6.0÷20.0
SAF21-OC7-A4	2021	1442316	4889956	---	20.00	Norton Ø3"	9.0÷20.0
SAF21-OC12-A6	2021	1438840	4885807	---	30.00	Norton Ø3"	3.0÷30.0

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	16 di 120

Relazione idrogeologica

Sigla	Anno	Coordinate (Gauss-Boaga)		Quota m s.l.m.	Tubo piezometrico		
		Est	Nord		Lunghezza (m) / Tipo / Tratto Fessurato o drenante		
SAF21-OC17-A8	2021	1435737	4881265	---	22.00	Norton Ø3"	6.0÷22.0
SAF21-OC22-A9	2021	1434572	4879917	---	27.00	Norton Ø3"	21.0÷27.0
SAF21-OC27-A10	2021	1433462	4878793	---	20.00	Norton Ø3"	9.0÷11.0
SAF21-A11	2021	1431291	4868325	---	25.00	Norton Ø3"	9.0÷25.0
SAF21-OCX	2021	1433414	4878235	---	40.00	Norton Ø3"	7.0÷31.0
SAF21-OCY	2021	1433321	4877986	---	40.00	Norton Ø3"	7.0÷34.0
SAF21-S01	2021	1443111	4890054	108.35	109.60	Norton Ø2"	30.0÷109.0
SAF21-S05	2021	1432737	4874742	---	152.00	Norton Ø3"	30.0÷150.0
SAF21-S06-OC5	2021	1442375	4890394	---	51.40	Norton Ø3"	3.0÷51.0
SAF21-S07	2021	1432697	4877278	---	103.00	Norton Ø2"	12.0÷102.0
SAF21-S08	2021	1432377	4870812	107.15	65.00	Norton Ø3"	12.0÷65.0
SAF21-S09	2021	1431038	4868065	9.45	50.00	PVC Ø3" per Down-Hole	---
SAF21-S10	2021	1438419	4885348	16.23	50.00	Norton Ø3"	25.0÷50.0
SAF21-S11	2021	1432840	4872441	---	40.00	Norton Ø3"	3.0÷40.0

Tabella 4.5 Quadro riassuntivo delle letture piezometriche disponibili, espresse come soggiacenza [metri da p.c.]

Sigla	02/09/21	22/09/21	30/10/21	30/11/21
BH1	7.10	7.12	7.10	6.44
BH11	4.10		4.56	4.41
CR5 (Norton 1 - alto)			asciutto	asciutto
CR5 (Norton 2 - basso)		12.40	12.55	12.65
D2			chiusino bloccato	chiusino bloccato
D3	163.92		160.30	161.79
D5		103.78	102.35	101.57
D6	38.85		36.05	36.97
D7	6.50		7.20	6.16
PNL371D18		27.20	27.56	27.47
PNL371O13		15.00	17.46	17.05

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	17 di 120

Relazione idrogeologica

Sigla	02/09/21	22/09/21	30/10/21	30/11/21
XIV16R40	11.70	13.45	11.35	5.82
SAF21-A1	7.02	7.05	7.02	6.32
SAF21-A2			10.00	9.85
SAF21-A4			9.00	7.20
SAF21-A6			14.15	14.06
SAF21-A8			20.88	22.05
SAF21-A9			asciutto	asciutto
SAF21-A10			10.94	11.08
SAF21-A11			19.97	17.35
SAF21-OCX			6.51	4.86
SAF21-OCY			8.69	6.72
SAF21-S1			105.40	104.20
SAF21-S5			24.23	24.48
SAF21-S6	32.10		no accesso	31.08
SAF21-S7			no accesso	no accesso
SAF21-S8			13.45	13.48
SAF21-S9	10.95		14.10	13.21
SAF21-S10			11.80	8.58
SAF21-S11			auto sopra chiusino	3.30

4.3 Punti d'acqua

Per poter ricostruire con maggior dettaglio l'andamento e le caratteristiche delle falde idriche presenti nell'area e per la valutazione del rischio di interferenza dovuta allo scavo delle gallerie in progetto, nel corso della presente fase di studio si è provveduto ad acquisire tutte le informazioni disponibili relativamente ai punti d'acqua esistenti nel settore di intervento.

Nell'area interessata dal tracciato sono state censite una serie di sorgenti, riportate sulla carta idrogeologica con un numero identificativo.

In corrispondenza di questi punti non è stato eseguito un monitoraggio protratto nel tempo e quindi non è noto il regime idraulico. Si dispone però di misure puntuali e, in qualche caso, anche di valori di portata medi.

Le sorgenti per le quali si dispone di valori medi sono quelle che in Figura 4.1 sono numerate da 1 a 27. Le sorgenti per le quali si dispone invece di una sola misura puntuale sono quelle numerate da 110 a 197. La misura puntuale è

stata raccolta nel 1993 nel corso del censimento eseguito fra luglio e agosto. Si tratta quindi di un dato raccolto in un periodo di magra.

La portata maggiore si registra in corrispondenza della sorgente 4, ubicata a Pietra Ligure e captata dall'acquedotto consortile Pietra-Tovo-Mogliolo. Dall'esame della carta questa sorgente risulta ubicata in corrispondenza di una conoide detritico-alluvionale, in una zona sub pianeggiante. È probabile quindi che non si tratti di una vera sorgente, ma piuttosto di un'opera di captazione tipo pozzo.

In corrispondenza del punto d'acqua è segnata una faglia e questa evidenza potrebbe spiegare le elevate portate.

La sorgente 8 corrisponde alla Cuore. È captata a fine idropotabile ed è segnalata una portata media di 4 litri/sec, che però si incrementa in corrispondenza dei periodi piovosi. La sorgente affiora in un'area tettonicamente disturbata nella quale si ritrovano anche formazioni potenzialmente soggette a carsismo. Per cercare di incrementare le portate di estrazione, in prossimità di questo punto d'acqua sono stati perforati alcuni pozzi. I livelli riscontrati nei fori sono risultati però significativamente differenti rispetto alla quota di emergenza della sorgente e in molti casi le venute intercettate sono risultate nulle o estremamente modeste. L'ipotesi più probabile, quindi, è che la sorgente venga alimentata da una circolazione lungo condotti carsici o comunque lungo fratture aperte e continue che convogliano l'acqua verso il punto di emergenza.

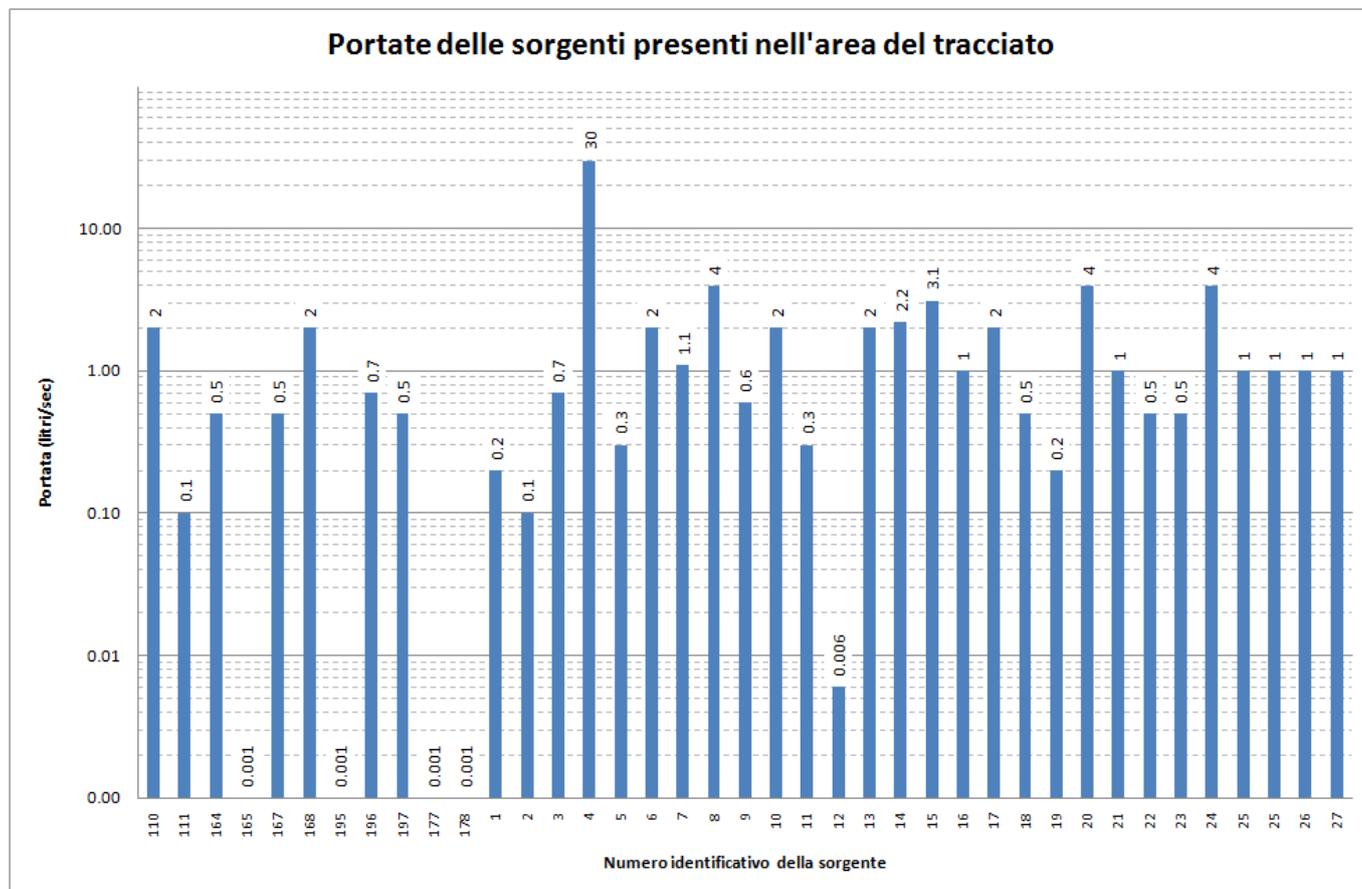


Figura 4.1 Portate delle sorgenti presenti nell'area del tracciato e riportate nella carta idrogeologica

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0002 001	REV. A

La Tabella 4.6 riporta l'elenco delle sorgenti per le quali è indicata una portata superiore a 2 litri/sec. Le uniche formazioni con sorgenti di portata rilevante risultano i Calcari di Ubaga (UBA), le Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM-do) e le Quarziti di Monte Bignone (QMB). In tutte le altre formazioni le sorgenti risultano con portata inferiore a 2 litri/sec.

Tabella 4.6 Sorgenti con portata superiore a 2 litri/sec. Per ogni sorgente è riportata la sigla, la formazione in corrispondenza della quale si trova il punto di emergenza e la portata (puntuale o media, in funzione del dato disponibile)

Sorgente	Formazione	Portata (litri/sec)
4-C	Detrito/conoide	30 [portata media]
6-C	SPM-do	2 [portata media]
8-C	Varie	4 [portata media]
14-E	QMB-UBA-detrito	2.2 [portata media]
15-E	QMB-detrito	3.1 [portata media]
168-E	UBA	2 [portata puntuale]
110-E	UBA	2 [portata puntuale]
13-C	UBA	2 [portata media]
10-E	Fuori mappa	2 [portata media]
20-C	Detrito su TES	4 [portata media]

I Calcari di Ubaga sono stati inseriti in classe di permeabilità 5 (valore di rif. 10^{-7} m/sec) e sono classificati con media trasmissività lungo le fratture principali. Dai dati a disposizione la formazione non risulta essere sede di un acquifero importante e le sorgenti possono essere spiegate come emergenze di piccole falde, sostenute da livelli pelitici.

In corrispondenza di questa formazione, infatti, sono state individuate una serie di sorgenti in quota che non possono essere collegate alla falda principale ma che devono necessariamente essere ricondotte ad emergenze di locali falde sospese.

Le Quarziti di Monte Bignone e le Dolomie di San Pietro dei Monti sono entrambe classificate con elevata trasmissività lungo le fratture principali. Nel caso delle dolomie l'effetto può essere ulteriormente amplificato da fenomeni di dissoluzione carsica.

Sulla base dei dati al momento disponibili si può concludere che nell'area non esistono sorgenti con portata rilevante e pertanto si può dedurre che gli acquiferi presenti siano in genere di modesta entità.

Visto che l'area non è caratterizzata da un imponente massiccio montuoso, ma piuttosto da creste separate da corsi d'acqua con andamento tendenzialmente perpendicolare alla linea di costa, si può immaginare che l'alimentazione degli acquiferi sia ridotta e questo contribuisce a spiegare l'assenza di sorgenti con portata elevata.

Dall'esame della carta risulta che la maggior parte dei pozzi sono perforati in corrispondenza delle zone di conoide e molti di questi pozzi captano la falda profonda presente al di sotto del detrito. Spesso i livelli filtranti si trovano ad una quota inferiore rispetto a quella del mare.

La Figura 4.2 mostra la relazione fra portata estratta e la profondità di una serie di pozzi presenti lungo il tracciato. Da questa figura emerge che i pozzi più produttivi, che sono anche i più profondi, captano acqua dolce ad una profondità di qualche decina di metri al di sotto del livello del mare. La captazione in questi casi avviene direttamente dall'ammasso roccioso che costituisce il substrato delle conoidi detritiche.

Ulteriori dati sui pozzi e sorgenti ubicati in prossimità del tracciato si possono trovare nell'Appendice 1 della relazione.

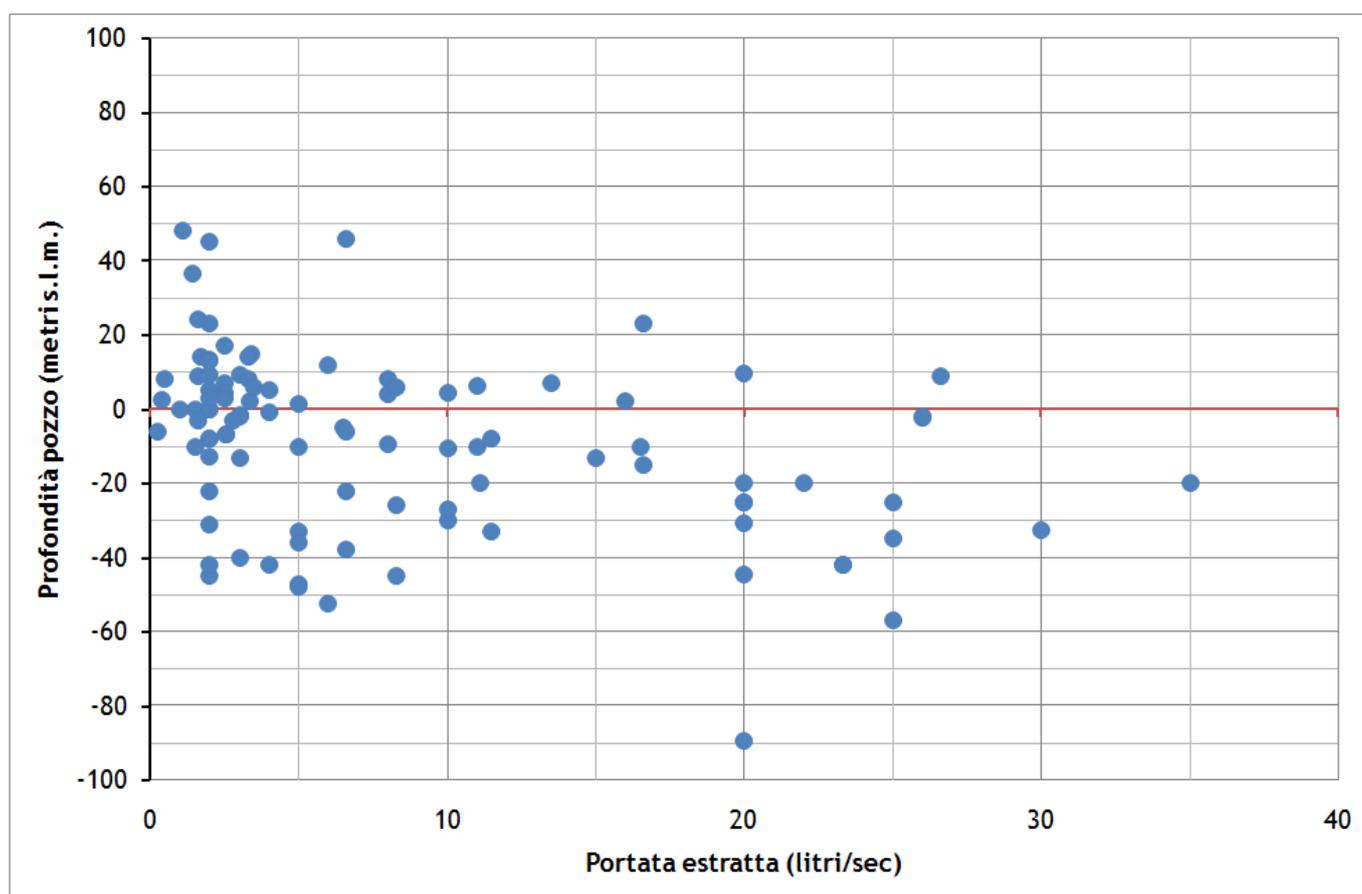


Figura 4.2 Comparazione fra le profondità dei pozzi e la portata estratta

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0002 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 21 di 120</p>

5 DEFINIZIONE DELLA PERMEABILITÀ DELLE FORMAZIONI

Per caratterizzare da un punto di vista idrogeologico le formazioni interessate dal tracciato e per dedurre le condizioni idrauliche in fase di scavo è stata eseguita un'analisi di tutti i dati di base al momento disponibili. In particolare, sono stati considerati:

- i referti di prove di permeabilità in foro (Lefranc e Lugeon);
- i referti di stratigrafie di sondaggi con indicazione del parametro RQD;
- i referti di analisi granulometriche eseguite in laboratorio (per la caratterizzazione delle formazioni classificabili come terreni).

Inoltre, sono stati esaminati i documenti e le relazioni finora prodotte, per tentare di definire nel modo più preciso possibile le caratteristiche litologiche e strutturali di ogni formazione interessata dal tracciato.

Tutti i dati bibliografici raccolti sono stati esaminati anche alla luce delle campagne di rilievo condotte nel 2010 e nel 2021, che hanno permesso di integrare le informazioni mancanti e di confermare quelle incerte.

5.1 Permeabilità dell'ammasso e trasmissività presunta lungo le fratture principali

In una galleria realizzata in un ammasso roccioso le venute d'acqua tendono a concentrarsi in corrispondenza delle discontinuità più persistenti e più aperte. Un caso tipico di struttura che può generare una consistente venuta d'acqua è ad esempio la faglia diretta di grande rigetto. Questa, potendo avere una continuità anche ettometrica o chilometrica, una volta intercettata riesce a richiamare acqua da porzioni dell'ammasso anche molto distanti dal cavo (Figura 5.2). In molti casi in corrispondenza di queste discontinuità si possono trovare anche zone fratturate più o meno estese che ne amplificano l'effetto drenante.

Le prove eseguite in fase di progetto non riescono quasi mai ad individuare le discontinuità ad elevata persistenza. Queste raramente sono posizionabili con precisione e pertanto possono essere intercettate da un sondaggio unicamente per una casualità. Inoltre, anche se vengono intercettate, è molto difficile individuarle in fase di perforazione e di conseguenza diviene molto improbabile riuscirle a caratterizzare. Le prove Lefranc e Lugeon quindi, se eseguite in quantità sufficiente possono essere un utile strumento per caratterizzare la permeabilità dovuta alla fatturazione alla scala dello strato (quella a scala metrica o decametrica), ma non possono essere ritenute uno strumento per caratterizzare le discontinuità principali che attraversano in modo persistente l'ammasso roccioso.

Nel corso dello scavo in ammassi rocciosi però, la maggior parte dell'acqua proviene proprio da queste discontinuità che, nel caso di ammassi soggetti a carsismo, possono essere anche delle vere e proprie cavità.

Per ovviare a questo problema per le formazioni permeabili per fratturazione è stata eseguita una doppia caratterizzazione. Mediante l'esame delle prove Lefranc e Lugeon, integrate con l'esame dei valori di RQD delle stratigrafie, è stata definita per ogni formazione una classe di permeabilità. Questo valore definisce la permeabilità dell'ammasso roccioso determinata dall'insieme di fratture alla scala dello strato o comunque alla scala metrica o decametrica. La definizione delle classi di permeabilità è indicata nella Figura 5.1. Facendo riferimento allo schema riportato in figura, se una formazione ha una classe di permeabilità 3 significa che ha una permeabilità

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0002 001	REV. A

probabilmente variabile fra $2 \cdot 10^{-6}$ m/sec e $5 \cdot 10^{-5}$ m/sec (fascia blu), ma non si esclude possa anche ricadere in un range più ampio (da $5 \cdot 10^{-7}$ m/sec a $2 \cdot 10^{-4}$ m/sec).

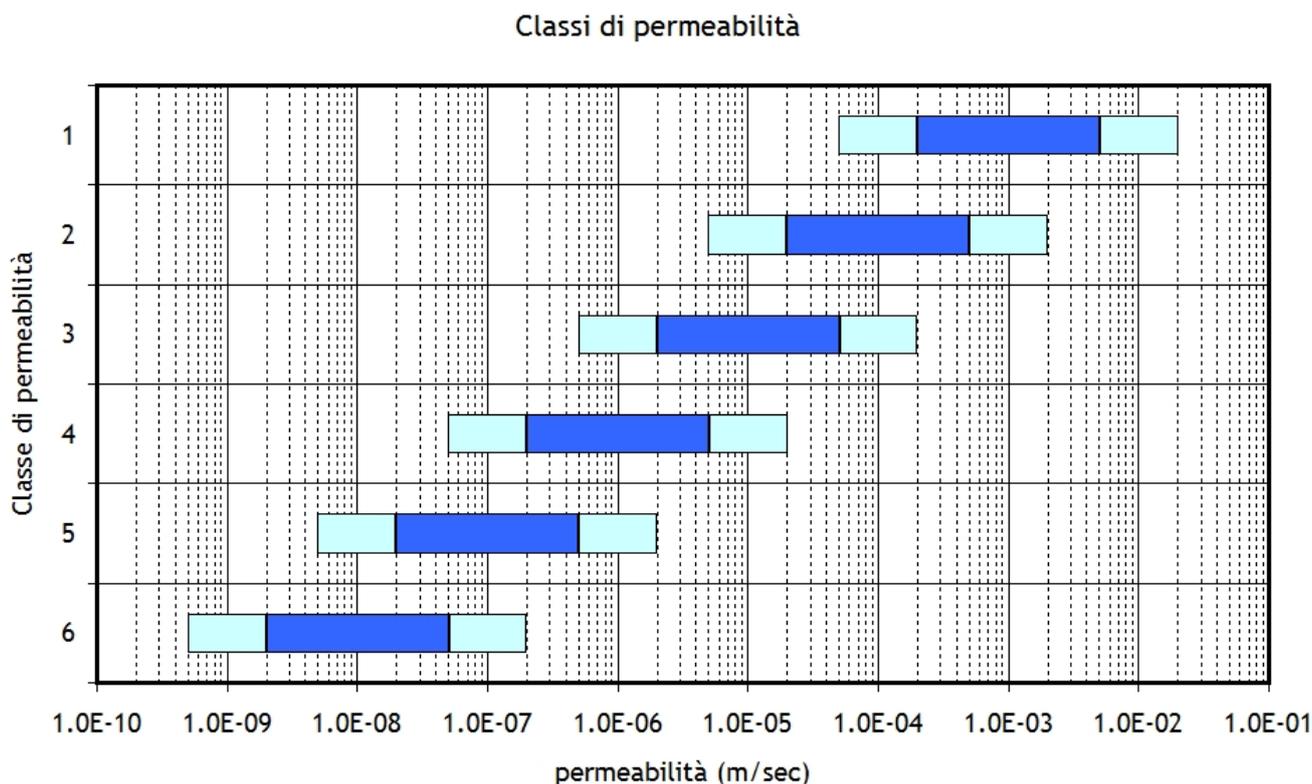


Figura 5.1 Classe di permeabilità (riferita alla roccia in assenza di fratture particolarmente aperte o persistenti)

Per tenere in considerazione il contributo dovuto alle discontinuità principali, sulla base delle caratteristiche litologiche è stata anche definita una trasmissività presunta lungo le principali strutture disgiuntive.

Questa informazione, descritta in modo qualitativo con gli aggettivi alta, media e bassa, indica quanto può essere trasmissiva una frattura persistente. Ad esempio, in un calcare, formazione molto cementata che quindi può dare luogo a fratture prive di riempimento e in alcune circostanze anche carsificate, la trasmissività presunta lungo una frattura è elevata. Al contrario in una marna argillosa, poco cementata, nella quale le fratture sono quasi sempre riempite con materiale di disfacimento, la trasmissività presunta lungo le principali discontinuità è indicata come bassa.

Per le formazioni permeabili per porosità è stato definito unicamente un valore di permeabilità, basato sulle prove in foro e sulle analisi granulometriche.

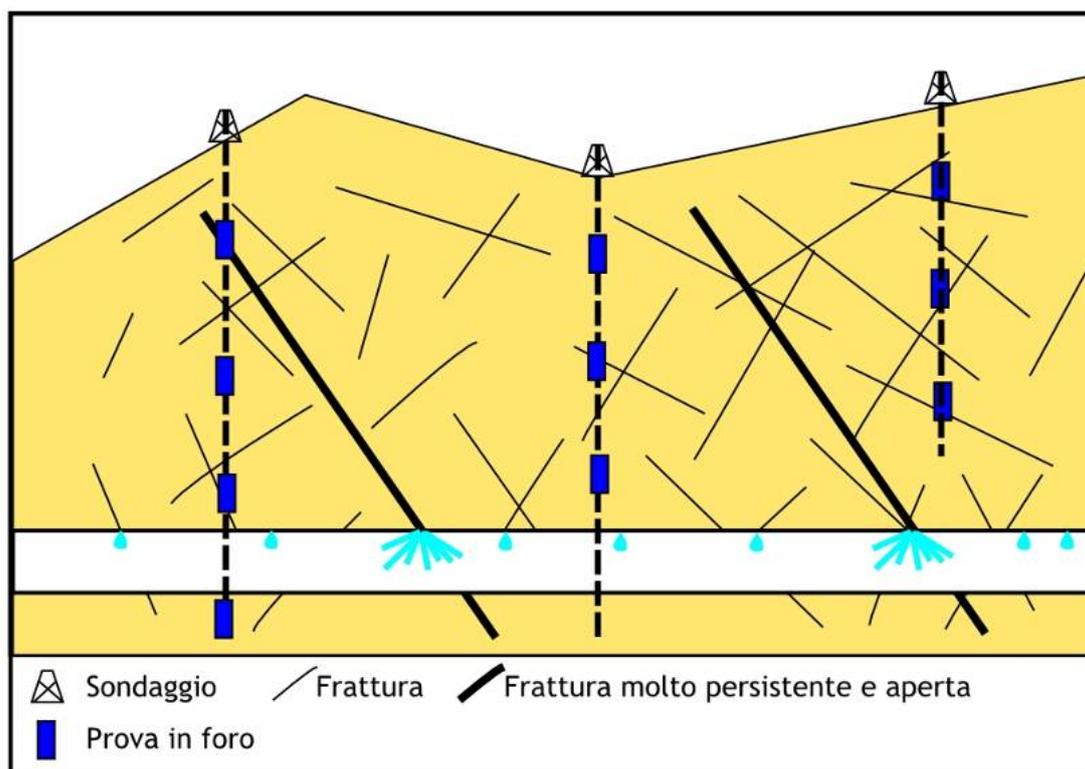


Figura 5.2 schema indicativo della distribuzione delle venute d'acqua e degli stillicidi in funzione della distribuzione della fatturazione

5.2 Sintesi delle prove Lefranc e degli RQD delle singole formazioni

Il grafico riportato in Figura 5.3 indica, per ogni formazione, il valore medio di permeabilità dedotto dalle prove in foro. In Appendice 2 per ogni singola formazione viene riportato un grafico che indica tutti i valori di permeabilità ottenuti dalle prove. Mediante questi grafici di dettaglio è stato a volte possibile individuare per la stessa formazione delle aree a differente permeabilità.

Per le considerazioni espresse in precedenza, i valori medi di permeabilità dedotti dalle prove Lefranc e Lugeon possono essere utilizzati per caratterizzare la formazione nelle sue condizioni medie, e non tengono quindi in considerazione il contributo dovuto alle discontinuità singolari particolarmente aperte o persistenti.

La permeabilità media dell'ammasso roccioso preso nel suo insieme, includendo quindi anche il contributo delle discontinuità particolarmente aperte o persistenti, può risultare quindi superiore rispetto alla permeabilità media dedotta dalle sole prove in foro.

Valori medi di k per le formazioni indagate mediante prove in foro tipo Lefranc o Lugeon

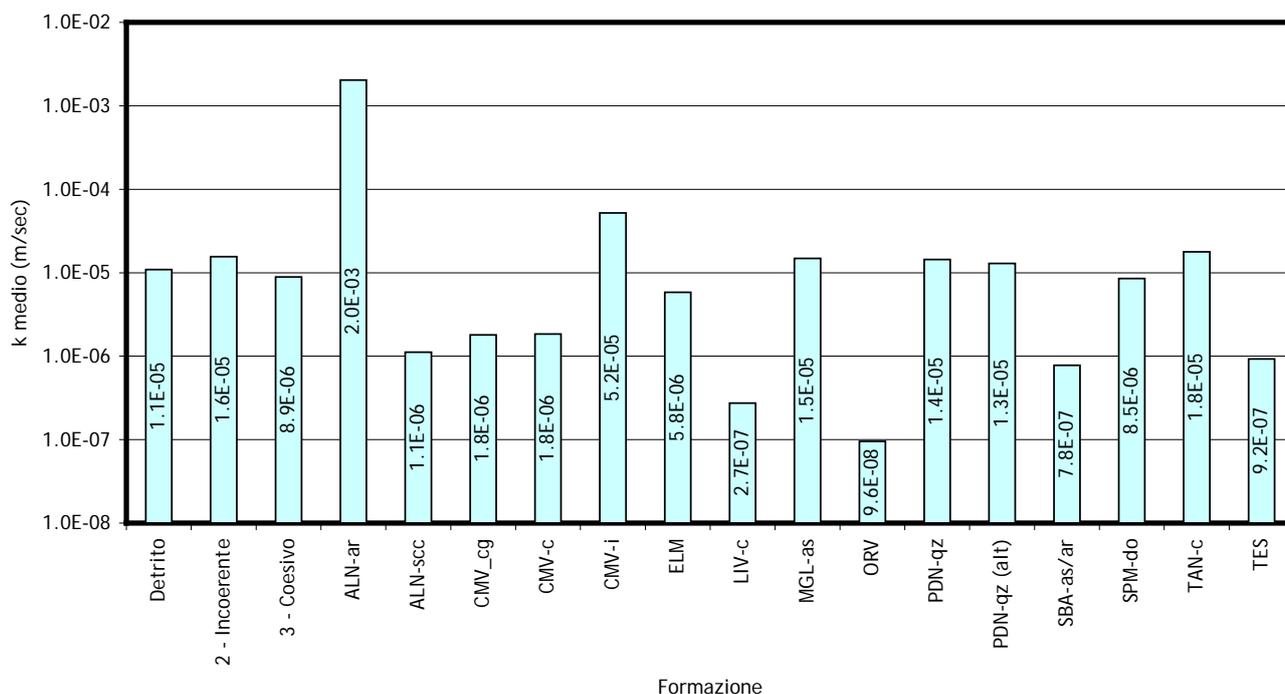


Figura 5.3 Valore medio del coefficiente di permeabilità ricavato dalle prove Lefranc e Lugeon eseguite in foro di sondaggio

Nel grafico riportato in Figura 5.4 vengono indicati i valori di RQD medio per le formazioni intercettate dal tracciato. Visto l'abbondanza dei dati, il tracciato è stato suddiviso in aree, definite basandosi principalmente sulla distribuzione planimetrica delle prove. Le aree sono indicate in Tabella 5.1.

Tabella 5.1 Zone nelle quali è stato suddiviso il tracciato al fine dell'esame degli RQD dei sondaggi

Dal sondaggio	Pk	Al sondaggio	Pk	Area
BH1	66+150	D3	69+920	Caprazoppa Montegrosso
MM1	71+650	BC1	74+800	Castellari
LO3	76+100	BH18	77+200	Castellari Pineland
CR2	77+740	CR4	80+670	Croce
PNL371O13	82+570	CU1 Vic 2001	87+140	Alberga
CU2 Vic 2001	91+610	PNL371O23	96+900	Alassio

Facendo riferimento alla Tabella 5.1, se una formazione affiora in più aree, sono state eseguite più caratterizzazioni RQD. Ad esempio, per la formazione SPM-do è stata eseguita una media dei valori RQD dei sondaggi che ricadevano nell'area "Caprazoppa-Montegrosso" (da pk 66+150 a 69+920), una media dei valori RQD dei sondaggi che ricadevano nell'area "Castellari" (da pk 71+650 a pk 74+800) e una media dei valori di RQD dei

sondaggi che ricadevano nell'area "Croce" (da pk 77+740 a pk 80+670). In appendice per ogni formazione viene riportato un istogramma che indica la distribuzione di frequenza dei valori di RQD raggruppati in classi da 10 e da 20. Anche in questo caso, se la formazione affiora in più aree viene riportato un grafico per ogni area.

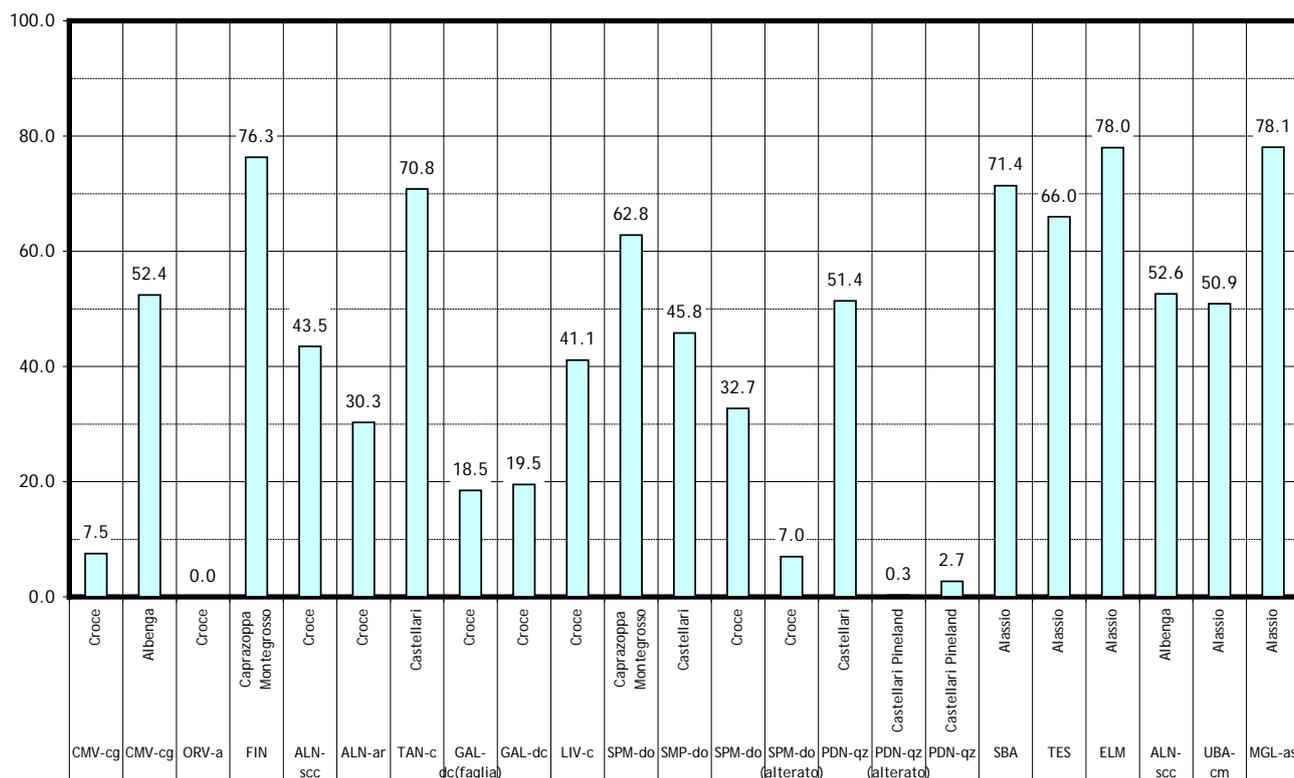


Figura 5.4 Valori di RQD medi per le formazioni indagate

5.3 Formazioni classificabili come terreni

Per le formazioni di tipo sciolto, rappresentate dai terreni alluvionali e dalle Argille di Ortovero, è stata eseguita una elaborazione delle analisi granulometriche disponibili al fine di inquadrare ogni formazione in una facies litologica tipica. I diagrammi triangolari di Figura 5.5 riportano i risultati delle analisi granulometriche espresse come percentuali di Ghiaia + Limo e Argille + Sabbia (diagramma di sinistra) e come percentuali di Sabbia e ghiaia + Limo + Argilla (diagramma di destra). In basso sono riportati come riferimento i due diagrammi di Folk per la classificazione delle terre. Il diagramma di destra sarebbe applicabile unicamente a sedimenti con granulometria massima inferiore alla ghiaia e pertanto il termine "Gravel" non compare nel diagramma di riferimento di Folk. Tuttavia, visto che la percentuale di ghiaia nelle Argille di Ortovero e nell'alluvionale incoerente è molto ridotta, si è ritenuto di mantenere valida lo schema di Folk cumulando all'estremo superiore la percentuale di sabbia e quella di ghiaia.

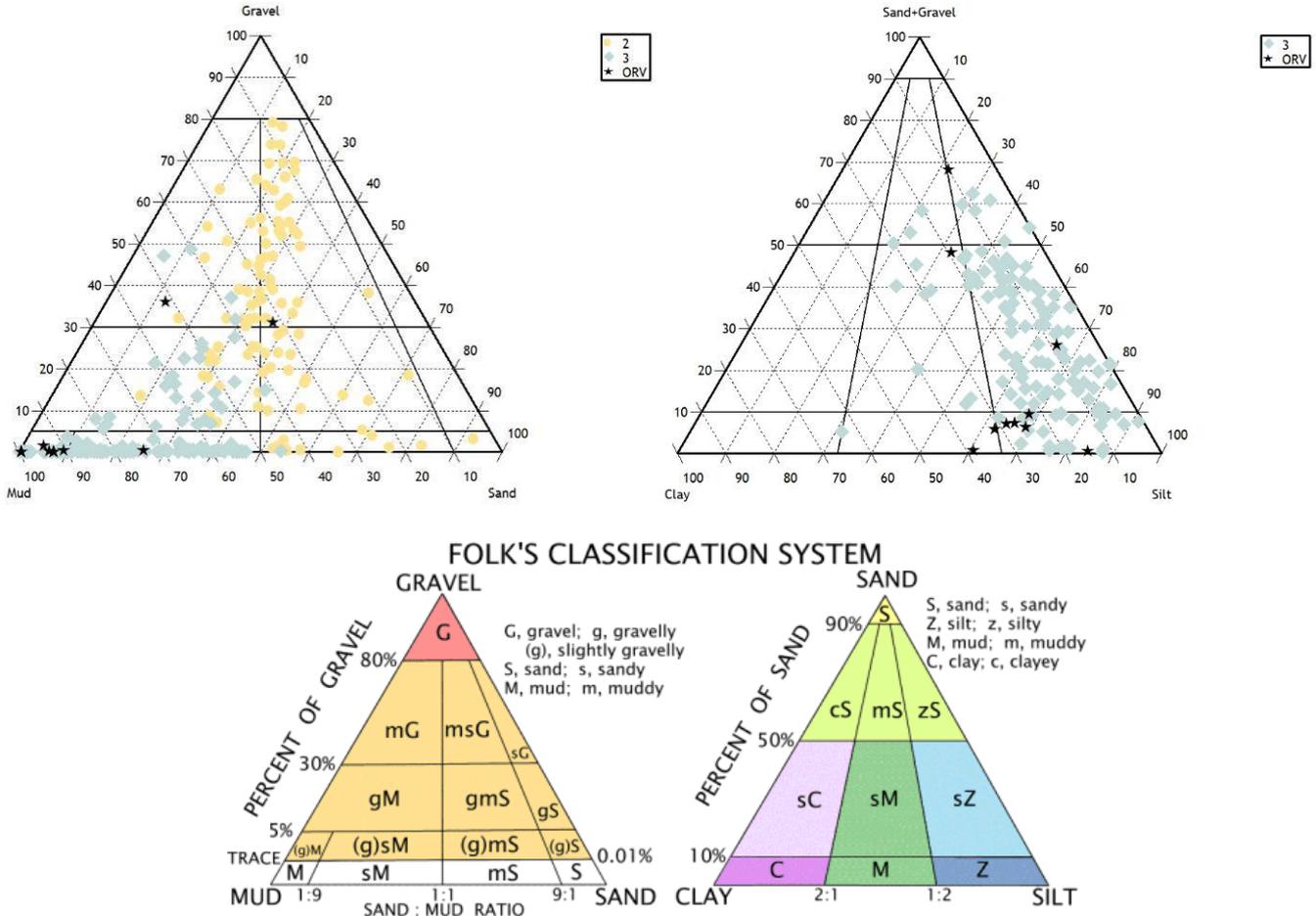


Figura 5.5 Classificazione granulometrica dei sedimenti alluvionali coesivi (3), incoerenti (2) e delle Argille di Ortovero (ORV) secondo la classificazione di Folk.

Facendo riferimento a questo schema i sedimenti alluvionali incoerenti (2) ricadono prevalentemente nella porzione centrale del triangolo di sinistra e sono classificabili come ghiaie limoso argillose. La percentuale di sedimenti fini, indicati come Mud e corrispondenti alla sommatoria di limo + argilla, varia generalmente dal 10% al 60% e pertanto rappresenta una frazione rilevante al fine della stima del coefficiente di permeabilità.

Basandosi sulla Figura 5.6, compilata fondendo assieme una serie di fonti bibliografiche, prendendo come litologia di riferimento una “sabbia limosa” o “sabbia e argilla” risulta una permeabilità variabile da $1 \cdot 10^{-7}$ a $1 \cdot 10^{-5}$ m/sec.

Visto la ridotta percentuale di ghiaia, per la classificazione litologica dei sedimenti alluvionali coesivi si è fatto riferimento allo schema di destra. Secondo Folk i sedimenti alluvionali coesivi ricadono prevalentemente nella classe dei silt sabbiosi mentre le Argille di Ortovero nella classe dei silt.

Facendo riferimento allo schema citato, basandosi sulla litologia risulterebbe per l'alluvionale coesivo una permeabilità variabile da $1 \cdot 10^{-7}$ a $1 \cdot 10^{-5}$ m/sec e per le Argille di Ortovero una permeabilità variabile da $1 \cdot 10^{-8}$ a $1 \cdot 10^{-6}$ m/sec (litotipo di riferimento: limo, argilla limosa, limo sabbioso). I dati dedotti dall'esame granulometrico risultano concordanti con quanto rilevato dalle prove in foro. Il valore medio infatti è risultato di $1.6 \cdot 10^{-5}$ m/sec per

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	27 di 120

Relazione idrogeologica

i terreni alluvionali incoerenti e $8.9 \cdot 10^{-6}$ m/sec per l'alluvionale coesivo. I due valori sono risultati molto simili per via del fatto che la frazione fine, presente in percentuale elevata nei sedimenti incoerenti, condiziona in modo sensibile la permeabilità.

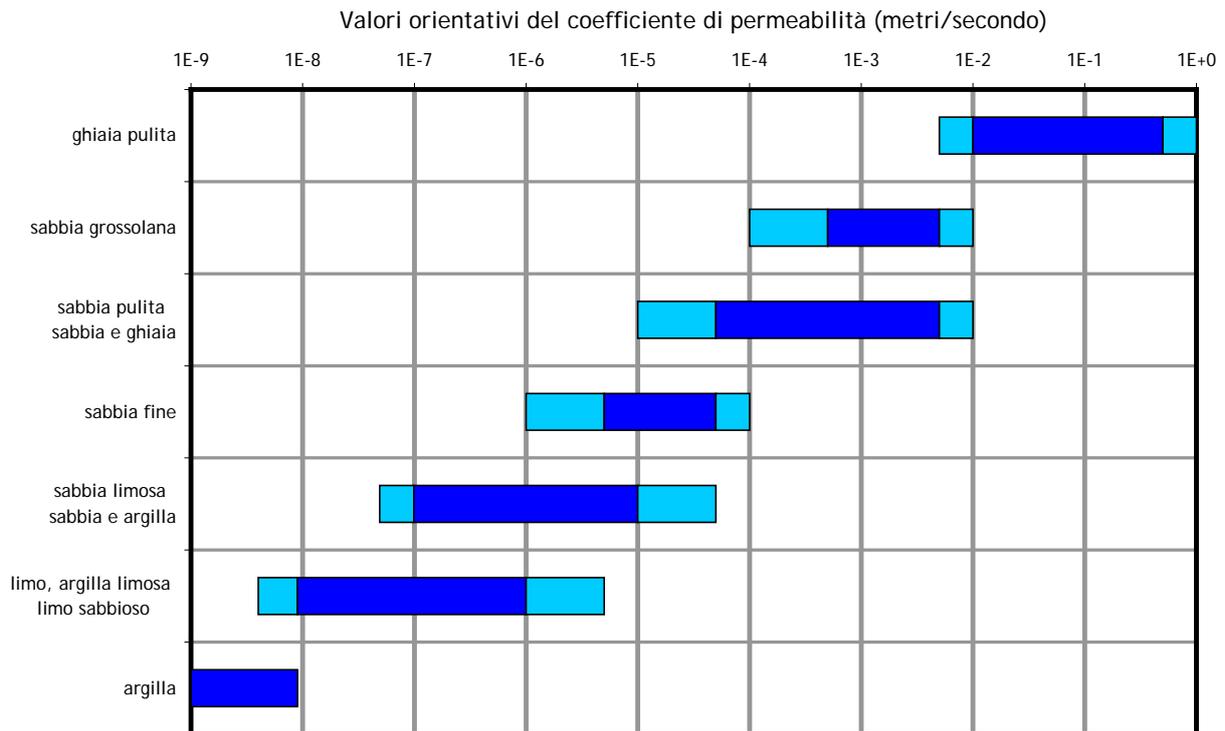


Figura 5.6 Grafico di riferimento per stimare la permeabilità di terreni sciolti

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	28 di 120

Relazione idrogeologica

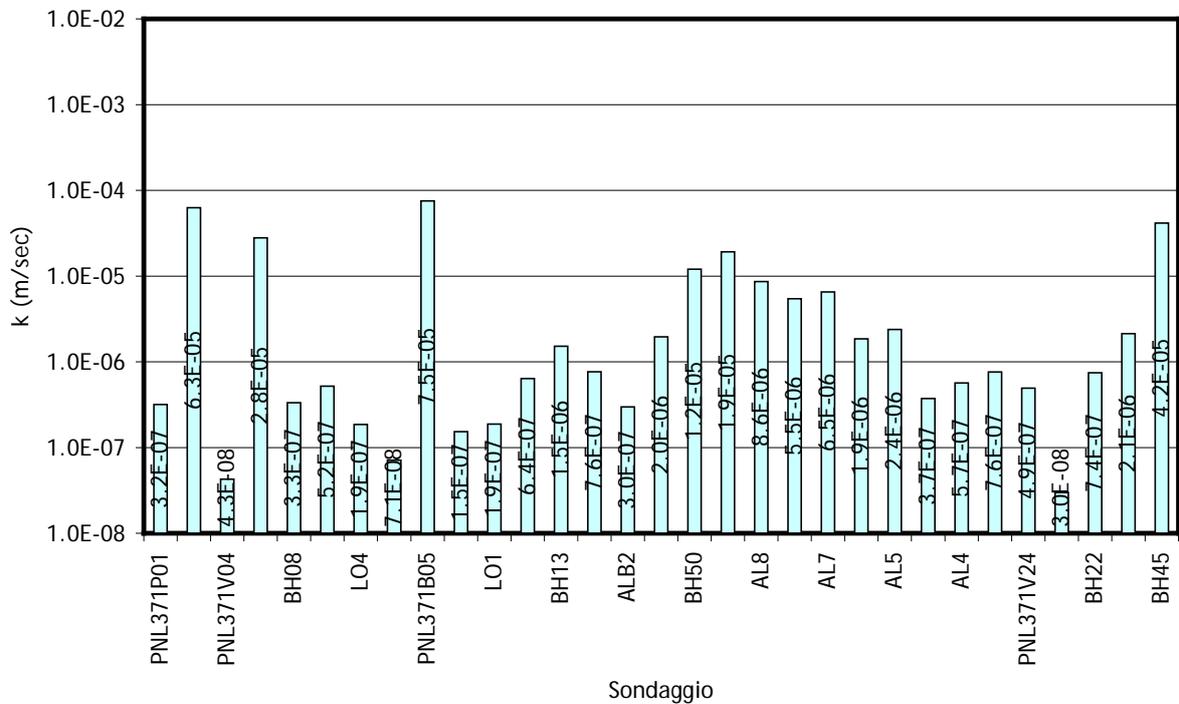
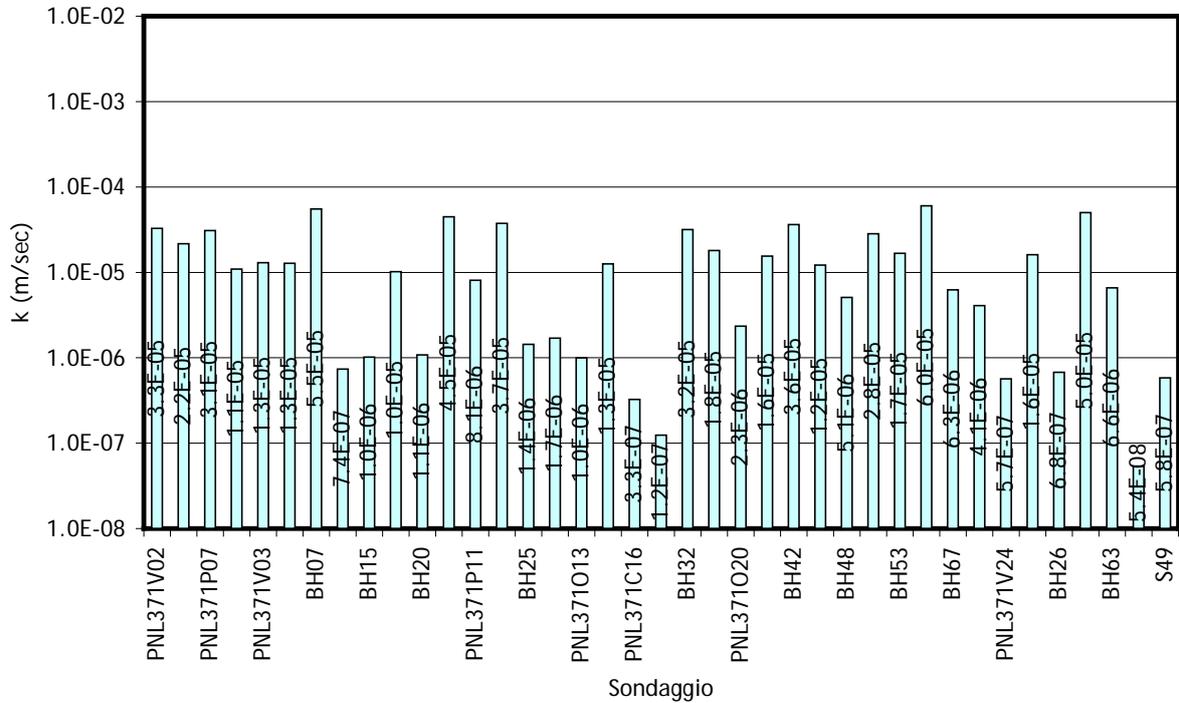


Figura 5.7 Valori di permeabilità da prove in foro eseguite nelle alluvioni. Sopra: prove eseguite nei materiali incoerenti; sotto: prove eseguite nei materiali coesivi

In corrispondenza delle Argille di Ortovero sono state eseguite quattro prove di permeabilità e il valore medio è risultato di $9.6 \cdot 10^{-8}$ m/sec: anche in questo caso si rileva una buona concordanza fra il valore ricavato dalle prove in foro e il valore dedotto su base granulometrica.

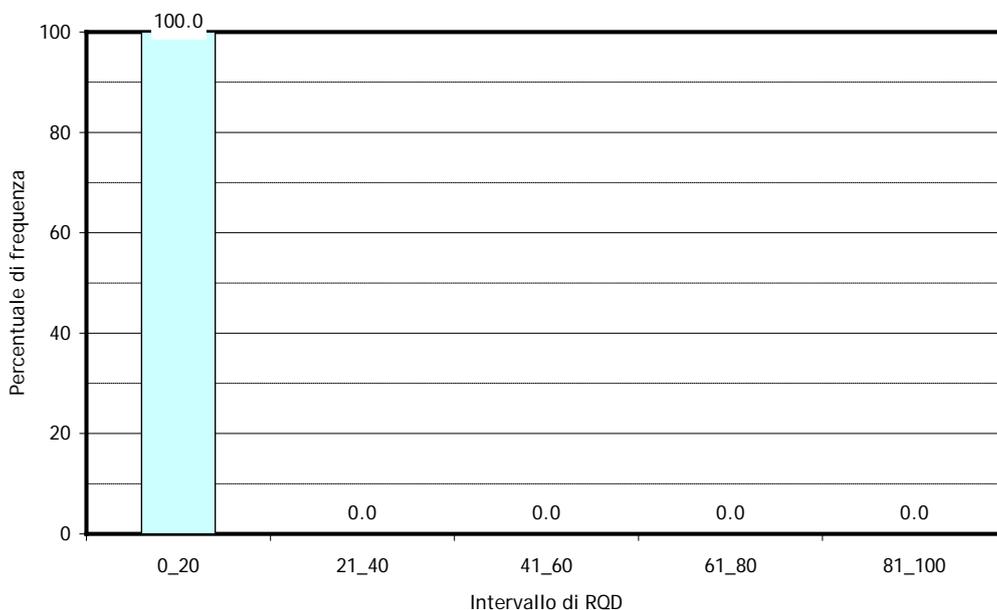
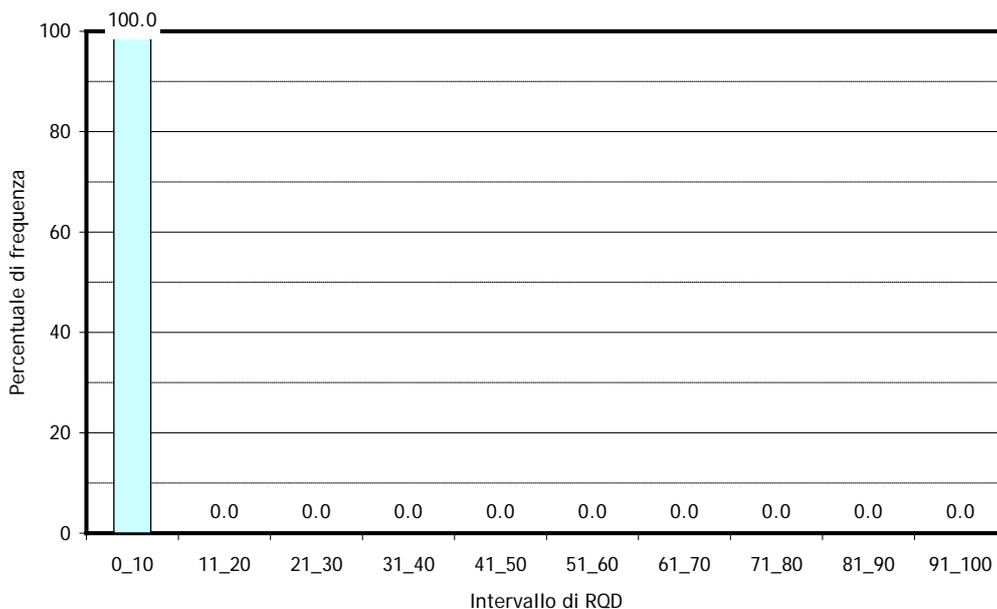


Figura 5.8 Formazione ORV-a – Distribuzione dei valori di RQD. [Galleria Croce]. Il valore di RQD, sempre uguale a zero, conferma che la formazione è classificabile come una terra

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	30 di 120

Relazione idrogeologica

5.4 Formazioni classificabili come rocce

Per ogni formazione classificabile come roccia viene riportata una scheda che sintetizza le principali informazioni disponibili per la definizione della classe di permeabilità e della trasmissività presunta lungo le principali discontinuità. Quando i dati lo consentivano si è tentato di suddividere le formazioni in tratti. Le schede sono strutturate nel modo seguente: In alto è riportata una foto e una breve descrizione litologica. Nella seconda e terza riga vengono riportati i valori medi di RQD rilevati nelle varie aree in cui è stato suddiviso il tracciato (vedi Tabella 5.1). Se la formazione viene classificata in modo omogeneo lungo tutto il tracciato (esempio Conglomerati di Monte Villa) seguono altre due righe nelle quali viene indicata la classe di permeabilità con il relativo valore centrale della classe, il tipo di permeabilità (per fratturazione o per porosità) e la stima della trasmissività presunta lungo principali discontinuità. Se la formazione viene considerata non omogenea, vengono riportate la classe di permeabilità, il tipo di permeabilità e la trasmissività presunta lungo le fratture per le varie tratte (esempio la Formazione di Alberga). Se una formazione ha una significativa porzione alterata (es. Calcari di Finale Ligure), viene data una doppia caratterizzazione, una per la porzione inalterata e una per la porzione alterata.



CONGLOMERATI DI MONTE VILLA (CMV-cg)

Conglomerati a ciottoli prevalentemente calcarei, più o meno cementati; localmente sabbie debolmente cementate e sottili intercalazioni maggiormente argillose.

Area	Croce	Alberga	
RQD medio	7.5	52.4	
K da bibliografia		K da prove in foro	$1.8 \cdot 10^{-6}$ m/sec
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10^{-6}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			media

Note: Nell'area Croce l'RQD medio è risultato di 7.5 su 16 metri di perforazione. Nell'area Alberga l'RQD medio è risultato di 52.4 su un totale di 167 metri di perforazione. Visto la differenza di lunghezza dei tratti indagati si può considerare per la formazione un RQD medio di 50. Questo valore può essere considerato rappresentativo per la facies CMV-cg

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	31 di 120

Relazione idrogeologica

CONGLOMERATI DI MONTE VILLA (CMV-i)

conglomerato alterato, a scarsa cementazione con caratteristiche intermedie fra una roccia vera e propria e un terreno

Area			
RQD medio			
K da bibliografia		K da prove in foro	5.2·10 ⁻⁵ m/sec
Nel tratto da 77.300 a 77.700 le prove in foro hanno fornito valori prevalentemente compresi fra 10 ⁻⁵ e 10 ⁻⁴ m/sec. La formazione ha caratteristiche intermedie fra roccia e terreno			
Classe di permeabilità	2 - val. rif. 10 ⁻⁴	Permeabile per	porosità
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Bassa
Nel tratto da 80.500 a 86.00 le prove in foro hanno fornito valori inferiori, compresi fra 10 ⁻⁵ e 10 ⁻⁷ m/sec. La formazione ha caratteristiche intermedie fra roccia e terreno			
Classe di permeabilità	3 - val. rif. 10 ⁻⁵	Permeabile per	porosità
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Bassa

CONGLOMERATI DI MONTE VILLA (CMV-c)

lenti limose che stratigraficamente appartengono alla formazione CMV anche se litologicamente se ne discostano rispetto alla facies tipica

Area			
RQD medio			
K da bibliografia		K da prove in foro	1.8·10 ⁻⁶ m/sec
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10 ⁻⁶	Permeabile per	porosità
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			bassa
Facies con caratteristiche intermedie fra una roccia e un terreno.			

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	32 di 120

Relazione idrogeologica



CALCARI DI FINALE LIGURE (FIN-cb)

Calcari vacuolari bioclastici (cb) di colore bianco, rosato o rossastro, con intercalazioni di arenarie in strati e lenti, massicci nella parte superiore, ben stratificati in quella inferiore; marme bianche (ma) a frattura concoide, alternanze di conglomerati poligenici massicci ed arenarie (cg), con lenti assai fossilifere; breccie eterogenee (br)

Area	Caprazoppa Mont.		
RQD medio	76.3		
K da bibliografia	$10^{-8} - 10^{-2}$ m/sec	K da prove in foro	
Porzione superficiale alterata: La formazione tende a generare una coltre di alterazione superficiale abbastanza sviluppata. Questa è ben visibile esaminando il sondaggio D1, che mostra valori di RQD uguali a 0 fino a 11.5 metri da p.c.. La permeabilità nella porzione superficiale alterata può aumentare sensibilmente rispetto alla facies non alterata			
Classe di permeabilità	2 - val. rif. 10^{-4}	Permeabile per	fratturazione e porosità
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			bassa
Porzione non alterata: Se si considera unicamente il tratto di formazione al di sotto della fascia alterata il valore di RQD aumenta ulteriormente rispetto al valore medio di 76.3. La formazione quindi nel complesso è poco fratturata. Visto la diffusa presenza di calcari cariati è ragionevole attendersi una porosità per porosità anche nella porzione non alterata della formazione.			
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10^{-6}	Permeabile per	fratturazione e porosità
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Alta

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	33 di 120

Relazione idrogeologica



FLYSCH DI S.REMO (ELM-cm)

Il membro calcareo-marnoso è costituito da banchi, con potenza oscillante da 1 a 5 metri, di torbiditi marnose con base in arenarie calcaree. Le mame, generalmente massicce ed a frattura concoide, passano verso l'alto a sottili livelli argillitici pelagici di colore grigio verde; sono presenti anche litotipi più calcarei (calcolutiti) e più arenacei (torbiditi arenaceo argillitiche).

Area	Alassio		
RQD medio	78		
K da bibliografia	$10^{-10} - 10^{-8}$ m/sec	K da prove in foro	$5.8 \cdot 10^{-6}$ m/sec
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10^{-6}	Permeabile per	fratturazione
Trasmittività presunta lungo le principali discontinuità			bassa
Note: Visto la natura prevalentemente marnosa della formazione, la permeabilità calcolata dalle due prove Lefranc eseguite sembra sovrastimata.			

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	34 di 120

Relazione idrogeologica



FORMAZIONE DI ALBENGA (ALN-scc)

Calcari chiari, più o meno scistosi, in straterelli molto sottili separati da patine sericitiche grigie e verdastre, talora con bande rossastre.

Foto: Stop Enser 120

Area	Croce	Albenga	
RQD medio	43.5	52.6	
K da bibliografia	$10^{-9} - 10^{-6}$ m/sec	K da prove in foro	$1.1 \cdot 10^{-6}$ m/sec
Tratto da 80.100 a 80.900: Il valore medio di RQD, di 43.5 è inferiore rispetto a quello osservato nel tratto successivo. Tuttavia il valore medio è influenzato da un tratto di circa 20 m del sondaggio ALB 4 con RQD 0. In questa zona sono state eseguite due prove che hanno fornito valori di $8 \cdot 10^{-7}$ e $5 \cdot 10^{-6}$ m/sec.			
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10^{-6}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Alta/media
Tratto da 86.500 a 87.300: Le 5 prove di permeabilità eseguite in quest'area hanno fornito valori compresi fra 10^{-6} e 10^{-6} m/sec.			
Classe di permeabilità	5 - val. rif. 10^{-7}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Alta/media
Tratto da 86.500 a 87.300, porzione ALN-scc alterato: Questa porzione è caratterizzata da valori di RQD quasi nulli.			
Classe di permeabilità	3 - val. rif. 10^{-5}	Permeabile per	fratturazione e porosità
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			bassa

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	35 di 120

Relazione idrogeologica



FORMAZIONE DI ALBENGA (ALN-ar)

Arenarie grossolane quarzoso-feldspatiche, molto micacee, di colore grigio, passante al marrone per alterazione, alternate a siltiti; localmente, conglomerati poligenici interstratificati con calcari bioclastici.

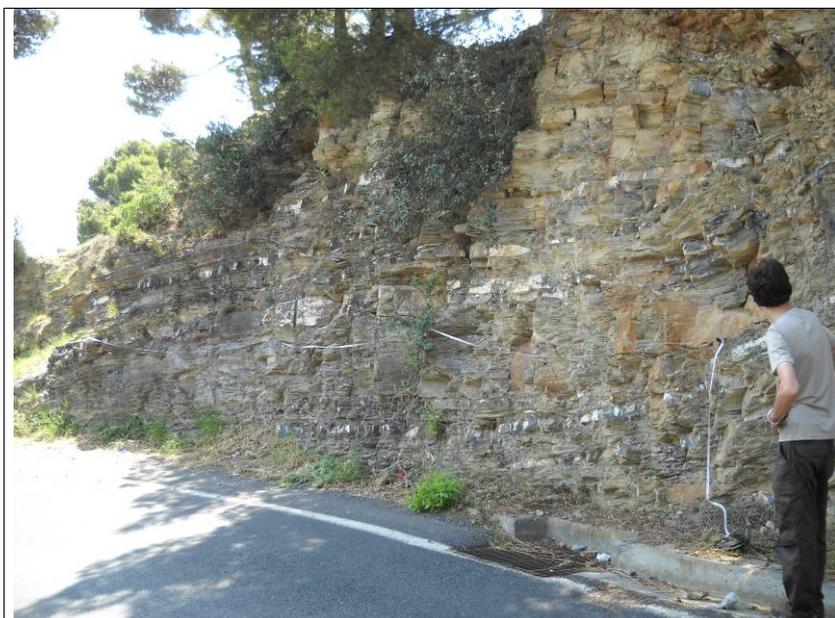
Foto: Stop Enser 2 e 3

Area	Croce		
RQD medio	30.3		
K da bibliografia	$10^{-9} - 10^{-5}$ m/sec	K da prove in foro	$2.0 \cdot 10^{-3}$ m/sec
Tratto da 80.400 a 81.200: Nell'area sono state eseguite due prove di permeabilità e in entrambi i casi è risultato un valore di circa $2 \cdot 10^{-3}$ m/sec. Il valore ricavato dalle due prove di permeabilità eseguite nel sondaggio CR4 pare sovrastimato. E' possibile che la prova sia stata eseguita in corrispondenza di intervalli intensamente fratturati. L'RQD medio, di circa 30%, indica la presenza di un ammasso fratturato.			
Classe di permeabilità	2 - val. rif. 10^{-4}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			media
Tratto da 87.100 a 87.400: In questo tratto non si dispone di informazioni. Per analogia si mantiene la classe attribuita al tratto precedente			
Classe di permeabilità	2 - val. rif. 10^{-4}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			media

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	36 di 120

Relazione idrogeologica



FORMAZIONE DI TESTICO (TES-ar)

Successione costituita da alternanze ritmiche, in stati per lo più sottili, di areniti da grossolane a medio-fini, gradate, e peliti più o meno siltose, passanti verso la base ad una successione monotona di marne più o meno calcaree e arenacee, a stratificazione spesso non ben evidente, con intercalazioni di strati di calcari marnosi.

Foto: Stop Enser 113

Area	Alassio		
RQD medio	66		
K da bibliografia		K da prove in foro	$9.2 \cdot 10^{-7}$ m/sec
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10^{-6}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			media/bassa

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	37 di 120

Relazione idrogeologica



CALCARI DI UBAGA (UBA-cm)

Successione torbidityca costituita alla sommità da marne prevalenti, da argillose a calcaree, in strati sottili, con intercalazioni di strati calcarei arenacei molto duri e di conglomerati fini poligenici. Nella porzione inferiore della Formazione prevalgono invece alternanze di calcari mamosi e di marne da calcaree ad argillose. Verso la base presenti anche alternanze in strati sottili di calcari arenacei e di marne arenacee.

Foto: Stop Enser 124

Area	Alassio		
RQD medio	50.9		
K da bibliografia		K da prove in foro	
Classe di permeabilità	5 - val. rif. 10^{-7}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			media

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	38 di 120

Relazione idrogeologica



PELITI DI MOGLIO (MOG-as)

Peliti con intercalazioni frequenti di straterelli di siltiti quarzose a cemento quarzoso, finemente laminate; spesso con aspetto caotico.

Foto: stop Enser 127

Area	Alassio		
RQD medio	78.1		
K da bibliografia	$10^{-8} - 10^{-11}$ m/sec	K da prove in foro	$1.5 \cdot 10^{-5}$ m/sec
Classe di permeabilità	6 - val. rif. 10^{-8}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			bassa
Anche in considerazione dell'elevato RQD medio, Il valore di permeabilità dedotto dalle due prove in foro eseguite nei sondaggi AL9 e AL6 pare sovrastimato.			

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	39 di 120

Relazione idrogeologica

PELITI DI RANZO (RAN-ag)

Argilliti e mamoscisti che rappresentano l'intervallo pelitico di sequenze torbiditiche con base in areniti fini e siltiti di spessore subordinato a quello delle peliti. Le sequenze hanno potenza da pochi centimetri a qualche decimetro. Verso il tetto la formazione diviene essenzialmente argillitica. I livelli arenacei e siltitici sono frequentemente ridotti in frammenti, deformati e spesso silicizzati.

Area			
RQD medio			
K da bibliografia	$10^{-8} - 10^{-11}$ m/sec	K da prove in foro	
Classe di permeabilità	6 - val. rif. 10^{-8}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			bassa

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	40 di 120

Relazione idrogeologica



**QUARZITI DI MONTE BIGNONE
(QMB-qz)**

Nella formazione di M. Bignone sono presenti quattro livelli alternati di quarziti ed argilliti rimaneggiati. il Membro quarzítico (qz) è costituito da ortoquarziti in strati sottili e medi, separati da sottili giunti argillitici con sottili interstrati pelitici.

Area			
RQD medio			
K da bibliografia	$10^{-9} - 10^{-4}$ m/sec	K da prove in foro	$2.3 \cdot 10^{-6}$ m/sec
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10^{-6}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Alta

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	41 di 120

Relazione idrogeologica

QUARZITI DI MONTE BIGNONE (QMB-as)

Nella formazione di M. Bignone sono presenti quattro livelli alternati di quarziti ed argilliti rimaneggiati. Il Membro argilloso (as) è costituito da due livelli argillitici con qualche intercalazione di arenaria quarzifica e conglomeratica.

Area			
RQD medio			
K da bibliografia	$10^{-11} - 10^{-7}$ m/sec	K da prove in foro	
Classe di permeabilità	6 - val. rif. 10^{-8}	Permeabile per	Fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			bassa



FORMAZIONE DI S. BARTOLOMEO (SBA-as/ar)

Depositi torboidici costituiti da alternanze ritmiche, in strati sottili, di arenarie fini e di peliti; peliti, mal stratificate e scagliose.

Foto: Stop Enser 105

Area	Alassio		
RQD medio	71.4		
K da bibliografia		K da prove in foro	$7.8 \cdot 10^{-7}$ m/sec
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10^{-6}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			bassa

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
----------	-------	----------	-----------	------	--------

Relazione idrogeologica

IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	42 di 120
------	----	---------	------------	---	-----------

CALCARI DI MENOSIO (CDM-c)

Strati calcarei chiari ceroidi, ad aspetto finemente cristallino con liste irregolari ed arnioni di selce chiara.

Area			
RQD medio			
K da bibliografia	$10^{-8} - 10^{-2}$ m/sec	K da prove in foro	
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10^{-6}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Alta

RADIOLARITI DI ARNASCO (ARN-d)

Diaspri, radiolariti e scisti silicei in strati sottili ed evidenti

Area			
RQD medio			
K da bibliografia		K da prove in foro	
Classe di permeabilità	3 - val. rif. 10^{-5}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			media

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	43 di 120

Relazione idrogeologica



CALCARI DI VAL TANARELLO (TAN-c)

Calcari chiari ceroidi di norma ben stratificati, passanti a marmi alla sommità della formazione. L'elevato tenore di carbonato di calcio e un sensibile stato di fratturazione della roccia favoriscono lo sviluppo del carsismo.

Area	Castellari		
RQD medio	70.8		
K da bibliografia	$10^{-6} - 10^{-2}$ m/sec	K da prove in foro	$1.8 \cdot 10^{-5}$ m/sec
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10^{-6}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Alta
<p>Presenza di carsismo. Elevata trasmissività presunta lungo le discontinuità che possono presentarsi aperte e con elevata continuità laterale. In corrispondenza di questa formazione sono state eseguite 3 prove di permeabilità con un valore medio di $2 \cdot 10^{-5}$ m/sec. Visto però l'elevato RQD medio, si è stimata una permeabilità dell'ammasso roccioso di 10^{-6} m/sec. In corrispondenza delle discontinuità però la trasmissività può risultare molto elevata.</p>			

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	44 di 120

Relazione idrogeologica

**BRECCE DI MONTE GALERO
(GAL-bc)**

Brecce anche molto grossolane, a ciottoli e massi; enormi inclusi per lo più dolomitici; scisti argilloso-mamosi con intercalazioni di brecce poligeniche, brecciole e calcari detritici; arenarie.

Foto: Stop Enser 117



Area	Croce	Croce (zona di faglia)	
RQD medio	19.5	18.5	
K da bibliografia		K da prove in foro	
Classe di permeabilità	5 - val. rif. 10^{-7}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			media

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	45 di 120

Relazione idrogeologica



CALCARI DI ROCCA LIVERNA' (LIV-c)

Calcari grigi in strati evidenti, quasi sempre con frequenti e potenti lenti e bande di selce chiara, porosa.

Foto: Stop Enser 8

Area	Croce		
RQD medio	41.1		
K da bibliografia	$10^{-8} - 10^{-2}$ m/sec	K da prove in foro	$2.7 \cdot 10^{-7}$ m/sec
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10^{-6}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Alta
Note: In considerazione del valore di RQD medio inferiore al 50% si attribuisce alla formazione una permeabilità di classe 4 (valore di riferimento: 10^{-6} m/sec).			

CALCARI DI VERA VO (VEV-c)

Calcari grigi talora scistosi, lumachelle, calcari a coralli, scisti marnoso-argillosi neri, dolomie a patina olivastria in banchi.

Area			
RQD medio			
K da bibliografia	$10^{-8} - 10^{-2}$ m/sec	K da prove in foro	
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10^{-6}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Alta/media

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione idrogeologica

IV01 00 D 69 RG GE0002 001 A 46 di 120

DOLOMIE DI MONTE ARENA (DMA-do)

Dolomie cristalline chiare, a banchi; breccie a soli elementi di dolomia chiara.

Area			
RQD medio			
K da bibliografia	$10^{-9} - 10^{-6}$ m/sec	K da prove in foro	
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10^{-6}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Alta

FORMAZIONE DI ROCCA PRIONE (RPR-bc)

Breccie dolomitiche vacuolari a matrice pelitica e a cemento carbonatico; intercalazioni di calcari e di argilliti.

Area			
RQD medio			
K da bibliografia		K da prove in foro	
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10^{-6}	Permeabile per	fratturazione e porosità
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			media

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	47 di 120

Relazione idrogeologica



DOLOMIE DI SAN PIETRO DEI MONTI (SPM-do)

Dolomie, dolomie calcaree, calcari dolomitici, calcari e calcareniti. In generale il litotipo più frequente è costituito da alternanze di calcari dolomitici; sono inoltre frequenti intercalazioni decimetriche di peliti siltose e di breccie.

Area	Capraz. Mont	Castellari	Croce	Croce (alterato)
RQD medio	62.8	45.8	32.7	7
K da bibliografia	10 ⁻⁹ – 10 ⁻³ m/sec		K da prove in foro	8.5·10 ⁻⁶ m/sec
Tratto fra pa pk 65.900 e la pk 72.300: Le prove in foro hanno fornito valori compresi fra 10 ⁻⁵ e 10 ⁻⁷ m/sec. Valori di RQD medi di 62.8 e 45.8				
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10 ⁻⁶		Permeabile per	Fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità				Alta
Tratto fra la pk 77.500 e la pk 79.000: Valori di RQD sensibilmente inferiori rispetto al tratto precedente. Oltre il 50% dei valori RQD ricadono nella classe 0-10% L'unica prova in foro eseguita ha fornito un valore nell'ordine di 10 ⁻⁵ m/sec				
Classe di permeabilità	3 - val. rif. 10 ⁻⁵		Permeabile per	Fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità				Alta
Tratto fra la pk 77.500 e la pk 79.000, porzione classificata come SPM-do alterato: L'80% dei valori di RQD ricade nella fascia 0-10%.				
Classe di permeabilità	2 - val. rif. 10 ⁻⁴		Permeabile per	Fratturazione e porosità
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità				bassa

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	48 di 120

Relazione idrogeologica



QUARZITI DI PONTE DI NAVA (PDN-qz)

Bancate di potenza decimetrica di arenarie quarzose a granulometria da media a fine generalmente ben cementate, con intercalazioni di peliti verso la sommità;

Foto: Stop Enser 135

Area	Castellari	Castellari Pineland	Castellari Pin (alterato)
RQD medio	51.4	2.7	0.3
K da bibliografia	$10^{-9} - 10^{-4}$ m/sec	K da prove in foro	$1 \cdot 10^{-5}$ m/sec
Tratto dalla pk 71.400 alla pk 74.900: Le prove In foro hanno fornito un valore di permeabilità mediamente nell'ordine di 10^{-7} m/sec con un valore di RQD di 51.4. In corrispondenza dei sondaggi LO7 e LO9, realizzati in prossimità di faglie, si rilevano permeabilità in foro nell'ordine di 10^{-5} m/sec. Possibile sviluppo di zona fratturata in presenza di discontinuità.			
Classe di permeabilità	5 - val. rif. 10^{-7}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Alta
Tratto dalla pk 75.900 alla pk 77.500: Le prove in foro hanno fornito un valore di permeabilità compreso fra 10^{-5} e 10^{-4} . L'RQD è risultato molto basso sia per la porzione alterata sia per la porzione non alterata.			
Classe di permeabilità	2 - val. rif. 10^{-4}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			media
Tratto da 69.900 a 71.000: In quest'area mancano indagini. In considerazione dell'elevato disturbo tettonico si considera con caratteristiche analoghe a quelle dell'area fra la pk 75.900 e la pk 77.500			
Classe di permeabilità	2 - val. rif. 10^{-4}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			media

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	49 di 120

Relazione idrogeologica

FORMAZIONE DI MONTE PIANOSA (PNS-sq)

Conglomerato poligenico minuto ben stratificato, costituito da frammenti ben arrotondati e cementati di quarzo o più spesso da ciottoli con diametro mediamente compreso tra 2 e 5 cm, immersi in una fine matrice arenaceo-pelitica.

Area			
RQD medio			
K da bibliografia		K da prove in foro	
Classe di permeabilità	4 - val. rif. 10^{-6}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			media/bassa

PORFIROIDI DEL MELOGNO (PDM-por)

Porfiroidi ad aspetto generalmente massivo con anisotropie planari sviluppate e localmente molto pervasive, talora polifasiche.

Area			
RQD medio			
K da bibliografia		K da prove in foro	
Classe di permeabilità	6 - val. rif. 10^{-8}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Alta

FORMAZIONE DI EZE (EZE-pr)

Meta-andesiti, sia con giacitura filoniana che effusiva, talvolta trasformate, con metamorfismo alpino (facies scisti verdi a Glaucofane) in prasiniti o scisti prasinitici verdi, ad aspetto eminentemente massiccio.

Area			
RQD medio			
K da bibliografia		K da prove in foro	
Classe di permeabilità	6 - val. rif. 10^{-8}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Alta

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	50 di 120

Relazione idrogeologica

SCISTI DI GORRA (GRR-sq)

Micascisti, Sericitoscisti, Cloritoscisti, Micascisti, Scisti quarzosi e Scisti gneissici a forte anisotropia planare originati da sedimenti fini arenaceo-pelitici, tufiti e piroclastiti successivamente interessati da metamorfismo alpino di basso grado (facies scisti verdi)

Area			
RQD medio			
K da bibliografia	$10^{-9} - 10^{-3}$ m/sec	K da prove in foro	
Classe di permeabilità	5 - val. rif. 10^{-7}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			media

GNEISS DI ALBISOLA (ALS-gn)

Gneiss scuri, a grana variabile, molto ricchi in biotite, paragneiss intermedi biotitico-muscovitici a grana minuta; metagrovacche (gneiss minuti leucocrati a muscovite); facies cataclasate delle rocce prececdenti (nelle serie brianzonesi).

Area			
RQD medio			
K da bibliografia		K da prove in foro	
Classe di permeabilità	5 - val. rif. 10^{-7}	Permeabile per	fratturazione
Trasmissività presunta lungo le principali discontinuità			Alta/media

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0002 001	REV. A

5.5 Schema di sintesi delle classi di permeabilità delle formazioni

La Tabella 5.2 riporta, in forma sintetica, le informazioni contenute nelle schede relative alle singole formazioni. La chiave di lettura è la seguente

- Classe e valore rif.k: questa informazione, dedotta principalmente dalle prove in foro tipo Lefranc e Lugeon, indica la permeabilità attribuita alle porzioni di formazione non interessate da discontinuità particolarmente aperte e persistenti. Il valore, quindi, caratterizza l'ammasso con la sua fratturazione tipica alla scala del metro cubo e definisce la permeabilità determinata dalla rete di fratture con persistenza fino a metrica-decametrica;
- Tipo k: viene indicato se la permeabilità è prevalentemente per porosità o per fatturazione;
- Trasm. Fratt.: questa informazione indica quanto può essere trasmissiva una frattura ad alta persistenza. Per la caratterizzazione idrogeologica di una formazione, quindi, occorre sempre considerare entrambe le informazioni (classe di permeabilità e trasmissività lungo le fratture principali). Considerare unicamente la classe di permeabilità può infatti produrre risultati fuorvianti;
- Cars.: per le formazioni intercettate dalla galleria viene indicata la possibilità di intercettazione di fenomeni carsici. L'informazione è stata dedotta principalmente utilizzando i dati del Catasto Speleologico Ligure e le informazioni fornite dalla geofisica nell'area della Galleria Caprazoppa.

Tabella 5.2 Sintesi dei valori di permeabilità e di trasmissività presunta lungo le fratture per le formazioni interessate dal tracciato

Sigla	Nome	Tratto	Classe e valore rif k (m/sec)	Tipo k	Trasm. Fratt.	Cars.
Detrito	Detrito					
	Alluvionale coesivo		3 – v.rif. 10^{-5}	porosità		
	Alluvionale incoerente		2 – v.rif. 10^{-4}	porosità		
CMV-cg	Conglomerati di Monte Villa		4 – v.rif. 10^{-6}	Fratturazione	media	
CMV-i	Conglomerati di Monte Villa	da 77.300 a 77.700	2 – v.rif. 10^{-4}	Porosità	Bassa	
CMV-i	Conglomerati di Monte Villa	da 80.500 a 86.000	3 – v.rif. 10^{-5}	Porosità	Bassa	
CMV-c	Conglomerati di Monte Villa		4 – v.rif. 10^{-6}	Porosità	bassa	
ORV-a	Argille di Ortovero		5 – v.rif. 10^{-7}	Fratturazione e porosità		
FIN-cb	Calcari di Finale Ligure		4 – v.rif. 10^{-6}	Fratturazione e porosità	alta	
FIN-cb (porzione sup. alterata)	Calcari di Finale Ligure		2 – v.rif. 10^{-4}	Fratturazione e porosità	bassa	

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	52 di 120

Relazione idrogeologica

Sigla	Nome	Tratto	Classe e valore rif k (m/sec)	Tipo k	Trasm. Fratt.	Cars.
ELM-cm	Flysch di S.Remo		4 – v.rif. 10 ⁻⁶	Fratturazione	bassa	
ALN-scc	Formazione di Albenga	da 80.100 a 80.900	4 – v.rif. 10 ⁻⁶	Fratturazione	Alta/media	
ALN-scc	Formazione di Albenga	da 86.500 a 87.300	5 – v.rif. 10 ⁻⁷	Fratturazione	Alta/media	
ALN-scc (porzione alterata)	Formazione di Albenga	da 86.500 a 87.300	3 – v.rif. 10 ⁻⁵	Fratturazione e porosità	bassa	
ALN-ar	Formazione di Albenga		2 – v.rif. 10 ⁻⁴	Fratturazione	media	
TES-ar	Formazione di Testico		4 – v.rif. 10 ⁻⁶	Fratturazione	Media/bassa	
UBA-cm	Calcarei di Ubaga (UBA-cm)		5 – v.rif. 10 ⁻⁷	Fratturazione	media	
MOG-as	Peliti di Moglio		6 – v.rif. 10 ⁻⁸	Fratturazione	bassa	
RAN-ag	Peliti di Ranzo		6 – v.rif. 10 ⁻⁸	Fratturazione	bassa	
QMB-qz	Quarziti di Monte Bignone		4 – v.rif. 10 ⁻⁶	Fratturazione	alta	
QMB-as	Quarziti di Monte Bignone		6 – v.rif. 10 ⁻⁸	Fratturazione	bassa	
SBA-as/ar	Formazione di San Bartolomeo		4 – v.rif. 10 ⁻⁶	Fratturazione	bassa	
CDM-c	Calcarei di Menosio		4 – v.rif. 10 ⁻⁶	Fratturazione	alta	
ARN-d	Radiolariti di Arnasco		3 – v.rif. 10 ⁻⁵	Fratturazione	media	
TAN-c	Calcarei di Val Tanarello		4 – v.rif. 10 ⁻⁶	Fratturazione	alta	SI
GAL-bc	Brecce di Monte Galero		5 – v.rif. 10 ⁻⁷	Fratturazione	media	
LIV-c	Calcarei di Rocca Livernà		4 – v.rif. 10 ⁻⁶	Fratturazione	alta	SI
VEV-c	Calcarei di Veravo		4 – v.rif. 10 ⁻⁶	Fratturazione	Alta/media	
DMA-do	Dolomie di Monte Arena		4 – v.rif. 10 ⁻⁶	Fratturazione	alta	
RPR-bc	Formazione di Rocca Prione		4 – v.rif. 10 ⁻⁶	Fratturazione e porosità	media	
SPM-do	Dolomie di San Pietro dei Monti	da 65.900 a 72.300	4 – v.rif. 10 ⁻⁶	Fratturazione	alta	SI
SPM-do	Dolomie di San Pietro dei Monti	da 77.500 a 79.000	3 – v.rif. 10 ⁻⁵	Fratturazione	alta	SI
SPM-do (porzione alterata)	Dolomie di San Pietro dei Monti	da 77.500 a 79.000	2 – v.rif. 10 ⁻⁴	Fratturazione e porosità	bassa	
PDN-qz)	Quarziti di Ponte di Nava	da 71.400 a 74.900	5 – v.rif. 10 ⁻⁷	Fratturazione	alta	

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione idrogeologica

IV01 00 D 69 RG GE0002 001 A 53 di 120

Sigla	Nome	Tratto	Classe e valore rif k (m/sec)	Tipo k	Trasm. Fratt.	Cars.
PDN-qz	Quarziti di Ponte di Nava	Da 75.900 a 77.500	2 – v.rif. 10^{-4}	Fratturazione	media	
PDN-qz)	Quarziti di Ponte di Nava	da 69.900 a 71.000	2 – v.rif. 10^{-4}	Fratturazione	media	
PNS-sq	Formazione di Monte Pianosa		4 – v.rif. 10^{-6}	Fratturazione	Media/bassa	
PDM-por	Porfiroidi del Melogno		6 – v.rif. 10^{-8}	Fratturazione	alta	
EZE-pr	Formazione di Eze		6 – v.rif. 10^{-8}	Fratturazione	alta	
GRR-sq	Scisti di Gorra		5 – v.rif. 10^{-7}	Fratturazione	media	
ALS-gn	Gneiss di Albisola		5 – v.rif. 10^{-7}	Fratturazione	Alta/media	
FCU-sc	Formazione di Caprauna		5 – v.rif. 10^{-7}	Fratturazione	media	

6 DESCRIZIONE DEGLI ELABORATI IDROGEOLOGICI

In riferimento alle unità geologiche interessate dalle opere in progetto e alle relative caratteristiche idrogeologiche illustrate in dettaglio nel capitolo 5, di seguito si fornisce una rapida descrizione della cartografia idrogeologica elaborata a corredo del presente studio.

6.1 Carta idrogeologica

La Carta idrogeologica redatta in scala 1:5.000 riporta le informazioni circa il grado di permeabilità dei litotipi affioranti lungo il tracciato. Le diverse formazioni geologiche sono state classificate sulla base delle classi di permeabilità individuate in Figura 6.1 e rappresentate, sulla base di queste, mediante campiture di colore azzurro a differente tonalità in funzione del diverso grado di permeabilità.

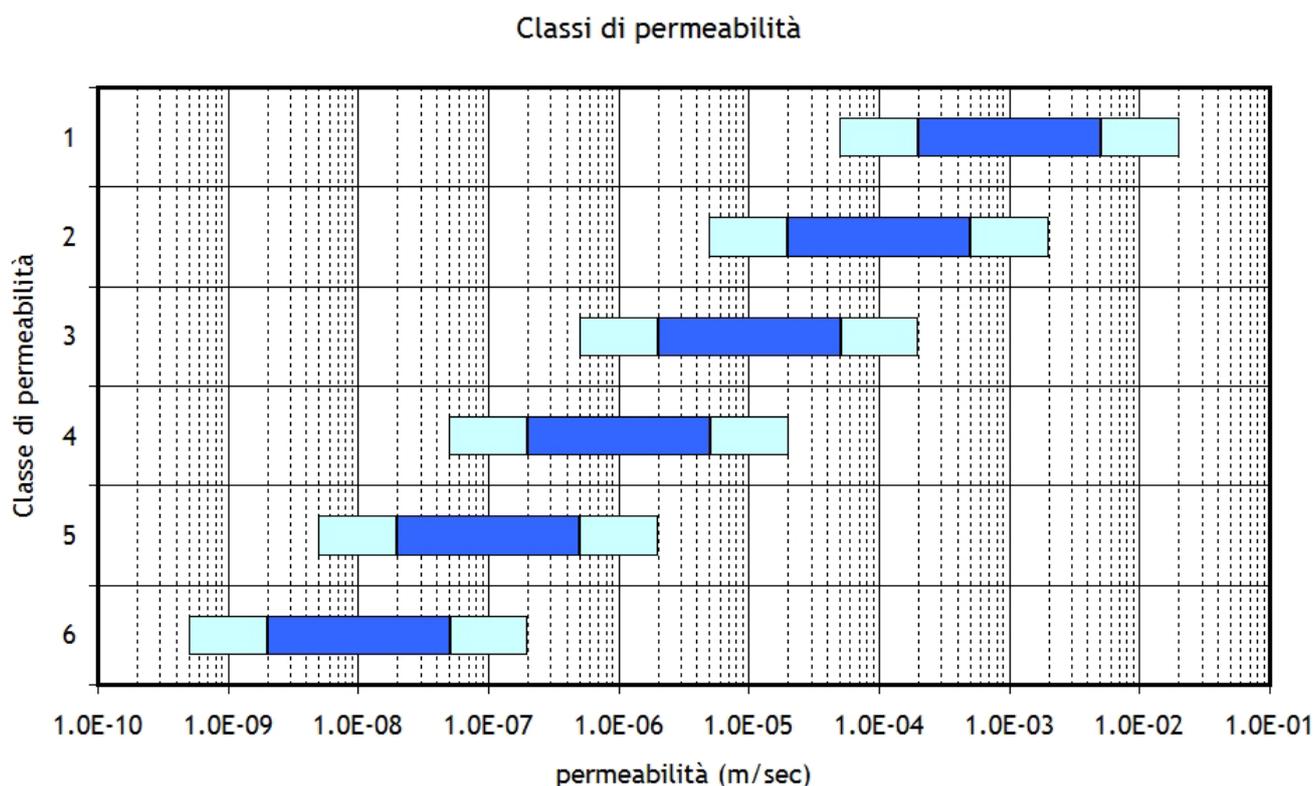


Figura 6.1 Classe di permeabilità (riferita alla roccia in assenza di fratture particolarmente aperte o persistenti)

Alla classe di permeabilità più elevata (classe 1) è stata assegnata una colorazione più marcata (azzurro intenso), mentre con gradazioni di colore via via meno intense sono state identificate le successive classi di permeabilità fino alla classe 6, la classe di permeabilità più bassa, identificata mediante una campitura di colore azzurro chiaro.

Con colorazione verde chiaro sono invece state individuate le coperture alluvionali, indipendentemente dall'età e dalla natura dei depositi, attribuendo a tali terreni una permeabilità variabile tra le classi 1 e 3.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0002 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 55 di 120</p>

Oltre alle informazioni circa la permeabilità dei litotipi presenti nell'area di studio, in carta sono individuati, mediante apposita simbologia puntuale, diversi elementi di interesse idrogeologico ed in particolare:

- Pozzi non censiti, ovvero pozzi per i quali non si hanno particolari informazioni se non la sola ubicazione planimetrica;
- Pozzi censiti, ovvero pozzi per cui sono disponibili informazioni aggiuntive nel database pozzi e sorgenti, riportato in appendice alla presente relazione; tra i pozzi censiti si distinguono:
 - Pozzi censiti superficiali (profondità <15 m);
 - Pozzi censiti profondi (profondità ≥15 m);
 - Pozzi censiti profondi (profondità ≥15 m) ad uso idropotabile.
- Sorgenti non censite, per le quali non si hanno particolari informazioni se non la sola ubicazione planimetrica;
- Sorgenti censite, ovvero sorgenti per cui sono disponibili informazioni aggiuntive nel database pozzi e sorgenti, riportato in appendice; tra queste si distinguono:
 - Sorgenti con portata <2 l/sec;
 - Sorgenti con portata ≥2 l/sec;
- Diretrice probabile di flusso sotterraneo, ottenute mediante l'elaborazione dei dati piezometrici disponibili.

In carta sono infine indicate, mediante apposita simbologia, le indagini geognostiche realizzate nell'intorno del tracciato di progetto, i principali elementi tettonico-strutturali e le grotte censite nel Catalogo Speleologico Ligure, aggiornamento 2008.

6.2 Profilo idrogeologico

Analogamente alla Carta idrogeologica, il profilo idrogeologico in asse al tracciato rappresenta, mediante campiture di colore azzurro a differente tonalità, il diverso grado di permeabilità dei litotipi presenti lungo il tracciato, sempre in riferimento alle classi di permeabilità precedentemente descritte.

In relazione alle informazioni geognostiche rappresentate in profilo, a differenza di quanto rappresentato in carta i depositi alluvionali sono stati differenziati in base alla natura geotecnica (coesiva o incoerente) e classificati nelle diverse classi di permeabilità sulla base di quanto riportato in Tabella 5.2 (paragrafo 5.5).

In profilo, sia i terreni alluvionali sia le coperture naturali ed antropiche sono rappresentati mediante campiture a diversa tonalità di azzurro.

Sono inoltre riportati, mediante apposita simbologia, i livelli minimi e massimi relativi alle letture piezometriche effettuate nell'ambito delle attività di monitoraggio dei livelli di falda, riportando inoltre, laddove possibile, l'andamento presunto del livello di falda ricostruito sulla base delle misure piezometriche massime rilevate.

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	56 di 120

Relazione idrogeologica

Per quanto concerne una descrizione dettagliata delle condizioni idrogeologiche, nel successivo capitolo 7 verranno illustrate ed esaminate le peculiarità e le criticità idrogeologiche rinvenibili lungo il tracciato in progetto e connesse principalmente con la realizzazione delle opere in sotterraneo.

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	57 di 120

Relazione idrogeologica

7 MODELLO IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO E POTENZIALI CRITICITÀ

In questo capitolo vengono descritte le principali problematiche idrogeologiche attese lungo il tracciato. La descrizione è stata suddivisa per tratti, identificati da una coppia di progressive.

Un quadro generale del tracciato è riportato in Figura 7.1- e Figura 7.2, dove i retini grigio ed arancione identificano rispettivamente le tratte in galleria e le tratte all'aperto.

Progr.	Opera		intersezione torrenti	Centri abitati
	Sb. San Bernardino			
65+937			T. Pora	Finale Ligure
66+144	Imb. Caprazoppa			Borgio Verezzi
69+457	Sb. Caprazoppa			
69+484			T. Bottassano	
69+515	Imb. Monte Grosso			
70+992	Sb. Monte Grosso			
71+064			T. Maremola	Pietra Ligure
71+331			T. Giustenice	
71+454	Imb. Castellari			
76+482	Sb. Castellari			
76+638			Rio del Castellaro	
76+696	Imb. Pineland			
77+077	Sb. Pineland			
77+451			T. Varatella	Borghetto Santo Spirito
77+703	Imb. Croce			Ceriale
82+265	Sb. Croce			

Figura 7.1 Schema generale del tracciato 1 di 2 (non in scala)

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	58 di 120

Relazione idrogeologica

Progr.	Opera		intersezione torrenti	Centri abitati
82+265	Sb. Croce			
82+293			Rio Fresco	
83+322			Rio delle Cioppe	
83+656			Rio Carenda	
83+918	Imb. Parei			
84+422	Sb. Parei			
85+065			T. Neva	
85+576	Imb. Bastia 1			
85+654	Sb. Bastia 1			
85+732			Rio Valletta	
85+775	Imb. Bastia 2			
85+907	Sb. Bastia 2			
86+753			T. Arroscia	Albenga
87+136	Imb. Alassio			
92+022			Int. Rio Barbona	Alassio
92+373			Int. Rio Caudi	Laigueglia
96+861	Sb. Alassio			
			T. Merula	Andora
97+663	Imb. Collecervo			

Figura 7.2 Schema generale del tracciato 2 di 2 (non in scala)
7.1 Tratta all'aperto Finale Ligure (da pk 65+627 a pk 66+144)

Il tracciato oggetto di studio inizia nei pressi della Stazione di Finale Ligure, dove si sviluppa all'aperto, su uno spessore di circa 5 metri di terreni di riporto che poggiano su depositi alluvionali incoerenti (classe di permeabilità:

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0002 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 59 di 120</p>

2 – Valore di riferimento: 10^{-4} m/sec), e scavalca il torrente Pora alla pk 65+937. La falda si colloca qualche metro sopra il livello del mare, con soggiacenza mediamente compresa tra 6÷8 m da p.c.

In questo tratto non ci sono pozzi o sorgenti in prossimità del tracciato; non sono pertanto previste interferenze fra le risorse idriche e l'opera in progetto.

7.2 Galleria Caprazoppa (da pk 66+144 a pk 69+457)

La galleria Caprazoppa sarà scavata quasi per intero nelle Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM-do); fa eccezione il solo tratto compreso tra le pk 68+030 e 68+240, dove interesserà le Quarziti di Ponte di Nava (PDN-qz).

Nel tratto compreso fra l'imbocco lato Finale Ligure e la progressiva 68+350 non si dispone di dati piezometrici; pertanto, valutazioni più dettagliate circa le possibili venute connesse allo scavo della galleria potranno essere effettuate a seguito della programmata esecuzione del sondaggio profondo sulla sommità del monte Caprazoppa, al momento ancora in fase di autorizzazione, ed al successivo monitoraggio piezometrico previsto. In linea generale, in questo tratto le venute d'acqua avverranno principalmente attraverso le principali discontinuità e le zone cataclastiche, individuate in profilo idrogeologico con apposita simbologia. Al proposito, si segnala che l'ubicazione di tali lineamenti è da intendersi come indicativa e non esaustiva, in quanto all'interno dell'ammasso roccioso possono essere presenti molteplici zone di fratturazione che possono fungere da via preferenziale di circolazione delle acque sotterranee.

Si segnala, inoltre, che nel suo tratto iniziale la galleria Caprazoppa corre in affiancamento all'omonima galleria ferroviaria della linea storica che, in questo tratto, rappresenta un livello di base per il drenaggio delle eventuali acque di circolazione nell'ammasso.

Dalla pk 68+350 fino all'imbocco lato Andora sono presenti diversi piezometri; nel dettaglio, gli strumenti D2 (2010), BV1 (2006), CZ3 (2001), BV2 (2006) e D1 (2010) hanno sempre mostrato un livello di falda ad una quota inferiore a quella del cavo. L'unico piezometro che registra un livello superiore è il BV3 (2006), che però si trova circa 350 m fuori asse rispetto al tracciato. Pertanto, in questo tratto non si dovrebbero intercettare significative venute d'acqua in fase di scavo al netto di possibili afflussi concentrati in corrispondenza delle principali discontinuità e zone cataclastiche, che risultano particolarmente concentrate nella tratta compresa tra le pk 68+750 e 69+350.

Le risultanze delle indagini geofisiche a riflessione disponibili indicano due zone di possibile criticità nella porzione centrale e nel tratto più occidentale della galleria (si veda il profilo idrogeologico tav. 1/6, dove la fratturazione diffusa è identificata con apposito soprassegno), dove si localizzano presumibilmente settori ad elevato grado di fratturazione e/o con maggiore presenza di cavità carsiche, che possono dare vita a venute d'acqua più significative.

In prossimità del tracciato è segnalata la presenza del complesso carsico di Valdemino, di notevole importanza sia speleologica che turistica. I dati dei rilievi piezometrici, l'indagine sismica ed i rilievi dei livelli idrici in grotta fanno però ragionevolmente escludere ogni possibile interferenza fra lo scavo della galleria Caprazoppa e questo sistema carsico. I rilievi eseguiti all'interno delle grotte di Valdemino mostrano un livello dell'acqua nei rami attivi introno ai 5 m s.l.m., e confermano quindi che la quota di base del carsismo è significativamente inferiore rispetto alla quota di scavo.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0002 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 60 di 120</p>

Per l'insieme di queste ragioni, in corrispondenza del tratto compreso fra la progressiva 68+350 e l'imbocco lato Andora, può essere considerata, cautelativamente, la possibilità di intercettare unicamente venute d'acqua di entità molto modesta. Perciò, posto che nell'area in prossimità delle grotte non si prevede un drenaggio da parte della galleria, si può escludere qualunque fenomeno di interferenza dovuto a diminuzione di apporto idrico al sistema carsico.

I sondaggi eseguiti all'interno delle Dolomie di San Pietro dei Monti hanno evidenziato la presenza di cavità anche di dimensioni metriche (sondaggio D1 da quota -170 m a -185 m da p.c.). L'indagine geofisica a riflessione eseguita in asse al tracciato nell'area fra l'imbocco lato Andora e la pk 67+800 ha confermato la possibilità di intercettazione di cavità. In particolare, dall'indagine eseguita risulta possibile che lo scavo intercetti cavità carsiche nell'intorno delle pk 68+380, 68+520 e 69+050. Queste cavità, comunque, possono essere considerati fenomeni carsici isolati e pertanto di nessun interesse a fine speleologico o turistico in quanto fisicamente non raggiungibili dall'uomo.

Oltre alle Grotte di Valdemino, nell'area sono segnalati altri fenomeni carsici di minore importanza. Facendo riferimento al catasto speleologico ligure, in corrispondenza della galleria Caprazoppa sono state individuate 22 cavità. La Tabella 7.1 mostra l'elenco delle cavità, con il numero identificativo riportato nella cartografia idrogeologica. Gli istogrammi riportati in Figura 7.3 e Figura 7.4 mostrano, rispettivamente, gli sviluppi planimetrici ed altimetrici delle cavità rilevate; dall'esame dei dati emerge che molte di queste grotte sono di dimensioni esigue.

Il complesso sicuramente più importante è quello delle Grotte di Valdemino (n. 160) per il quale è già stata esclusa l'interferenza. Le cavità "Arma de Arene Candide" (n. 34) e "Grotta di Cava Ghigliazza" (n. 296) si trovano in corrispondenza della grande cava fronte mare in prossimità di Finale Ligure e pertanto l'eventuale alterazione delle condizioni idrauliche di questi complessi carsici è eventualmente da imputare all'attività di cava.

Le cavità "Grotta Staricco" (n. 136) e "Grotta del Renovo" (n. 256) si trovano in prossimità del complesso di Valdemino e quindi anche per questi due casi può essere esclusa l'interferenza con la galleria.

L'imbocco della cavità "Pozzo delle cento corde" (n. 137) si trova ad una quota di circa 225 m e lo sviluppo altimetrico della grotta è di 30 m. Il punto più basso di questo complesso raggiunge quindi la quota di 195 m, molto superiore rispetto alle quote delle cavità presenti nella stessa tratta e, pertanto, ubicata ad una quota superiore rispetto alla quota di base del carsismo. Per questa ragione, anche per questa cavità l'interferenza può essere esclusa.

Tutte le altre cavità presenti nell'area della galleria Caprazoppa possono essere considerate fenomeni carsici di importanza secondaria, ma in ogni caso anche per queste non si prevede un'interferenza da parte dello scavo della galleria in progetto.

I pozzi superficiali censiti in località Piazza (pozzi da 1-I a 8-I in corrispondenza della pk 68+400) sono realizzati ad una quota di circa 185-195 metri slm e sono legati alla circolazione superficiale all'interno dei depositi di copertura e della porzione alterata e allentata (cappellaccio) del Calcare di Finale Ligure; pertanto, non risulteranno interferiti dallo scavo della galleria. Analogo discorso può essere fatto per la sorgente 1-C; essa è ubicata alla pk 68+370 sulla verticale della galleria in progetto ed è caratterizzata da una portata modesta (0.2 l/s), probabilmente legata alla circolazione superficiale all'interno della porzione alterata del Calcare di Finale Ligure; anche per tale punto si può escludere un potenziale impatto causato dallo scavo della galleria.

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	61 di 120

Relazione idrogeologica
Tabella 7.1 Elenco delle grotte del catasto ligure che ricadono in prossimità del tracciato.

N°	Galleria	Nome	Comune	Area carsica	Sviluppo	Dislivello	
160	Caprazoppa	GROTTA DI VALDEMINO	BORGIO VEREZZI	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	1,600	20
34	Caprazoppa	ARMA DE ARENE CANDIDE	FINALE LIGURE	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	667	15
296	Caprazoppa	GROTTA DI CAVA GHIGLIAZZA	FINALE LIGURE	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	380	23
136	Caprazoppa	GROTTA STARICCO	BORGIO VEREZZI	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	110	5
256	Caprazoppa	GROTTA DEL RENOVO	BORGIO VEREZZI	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	100	0
360	Caprazoppa	CAVERNA DELL'AURERA	FINALE LIGURE MARINA	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	50	18
328	Caprazoppa	GROTTA DEL CARTELLO DELLE ARENE	FINALE LIGURE MARINA	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	34	1
327	Caprazoppa	GROTTA MARINA DI CAPRAZOPPA	FINALE LIGURE	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	28	1
239	Caprazoppa	ARMA SOPRA LA CROSA	BORGIO VEREZZI	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	25	5
922	Caprazoppa	GROTTA DELLA CABINA ELETTRICA	FINALE LIGURE			20	0
921	Caprazoppa	GROTTA DELL'UOVO	FINALE LIGURE			12	10
963	Caprazoppa	FESSURA N. 2	FINALE LIGURE			12	0
962	Caprazoppa	FESSURA N. 1	FINALE LIGURE			5	3
94	Caprazoppa	ARMA DI GALUSSO	BORGIO VEREZZI	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	37	0
95	Caprazoppa	GROTTA DI VEREZZI	BORGIO VEREZZI	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	15	0
137	Caprazoppa	POZZO DELLE CENTO CORDE	BORGIO VEREZZI	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	0	30
179	Caprazoppa	TANA DELLA CAVA	FINALE LIGURE			0	0
196	Caprazoppa	CAVERNA DELLA MANDUREA	BORGIO VEREZZI	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	10	0
197	Caprazoppa	ARMA DI RONCO	BORGIO VEREZZI	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	0	0
198	Caprazoppa	CAVERNA DEI PARMORARI	BORGIO VEREZZI	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	30	0
261	Caprazoppa	GROTTA SUPERIORE DELLE ARENE CANDIDE	FINALE LIGURE	SV29	BORGIO - CAPRAZOPPA	20	0
1498	Caprazoppa	GROTTA DI VARICELLA	BORGIO VEREZZI			0	0
1080	Castellari	GROTTA DEL TRABOCCHETTO	PIETRA LIGURE	SV27	ROCCA DELLE FENE	152	14
1391	Castellari	GROTTA PRESSO IL CAMPO SPORTIVO DI RANZI	PIETRA LIGURE			28	0
469	Castellari	GROTTA DEL MONTE TRABOCCHETTO	PIETRA LIGURE	SV27	ROCCA DELLE FENE	10	0
764	Castellari	GROTTA T 3	PIETRA LIGURE	SV27	ROCCA DELLE FENE	10	2
312	Croce	GROTTA SOPRA LA CAVA	CERIALE	SV23	MONTE ACUTO - PICARCO	105	49
1249	Croce	BUCO DELLA RANA	BORGHETTO S. SPIRITO			9	0
1248	Croce	BUCO DEL SECCHIO	BORGHETTO S. SPIRITO			8	0
215	Croce	POZZO DI PARAMURA	CERIALE	SV23	MONTE ACUTO - PICARCO	0	5
313	Croce	GROTTA DI SCORNAVACCA	ALBENGA			100	25
500	Croce	GROTTA DELLA GALLERIA DEL PICCARO	CERIALE	SV23	MONTE ACUTO - PICARCO	100	25
999	Croce	GROTTA DI VILLANOVA				0	0
1057	Monte Grosso	TANA DI MONTE GROSSO	TOVO S. GIACOMO			56	11

In blu: grotte con sviluppo planimetrico superiore a 100 m o con sviluppo altimetrico superiore a 20 m. In rosa: dati planimetrici o altimetrici che nel catasto risultano mancanti e sono stati ricavati da un secondo database (schema catasto grotte 200).

Considerazioni conclusive

Le venute d'acqua attese nel corso dello scavo della galleria Caprazoppa sono principalmente da attendersi in corrispondenza delle principali discontinuità tettoniche e delle zone cataclastiche, oltre che laddove l'ammasso roccioso risulta caratterizzato da elevato grado di fratturazione e/o maggiore presenza di cavità carsiche.

Non si prevedono fenomeni di interferenza con le cavità censite nel catasto speleologico e, in particolare, non si attendono fenomeni di interferenza con le Grotte di Valdemino. Ad ogni modo, non è possibile escludere la possibilità di intercettare cavità non note in fase di scavo.

Per individuare in anticipo le eventuali cavità o i tratti caratterizzati da possibili venute d'acqua concentrate a causa di discontinuità in genere o circolazione carsica, si suggerisce di procedere con sondaggi in avanzamento, in particolare nell'intorno delle progressive 68+380, 68+520 e 69+050.

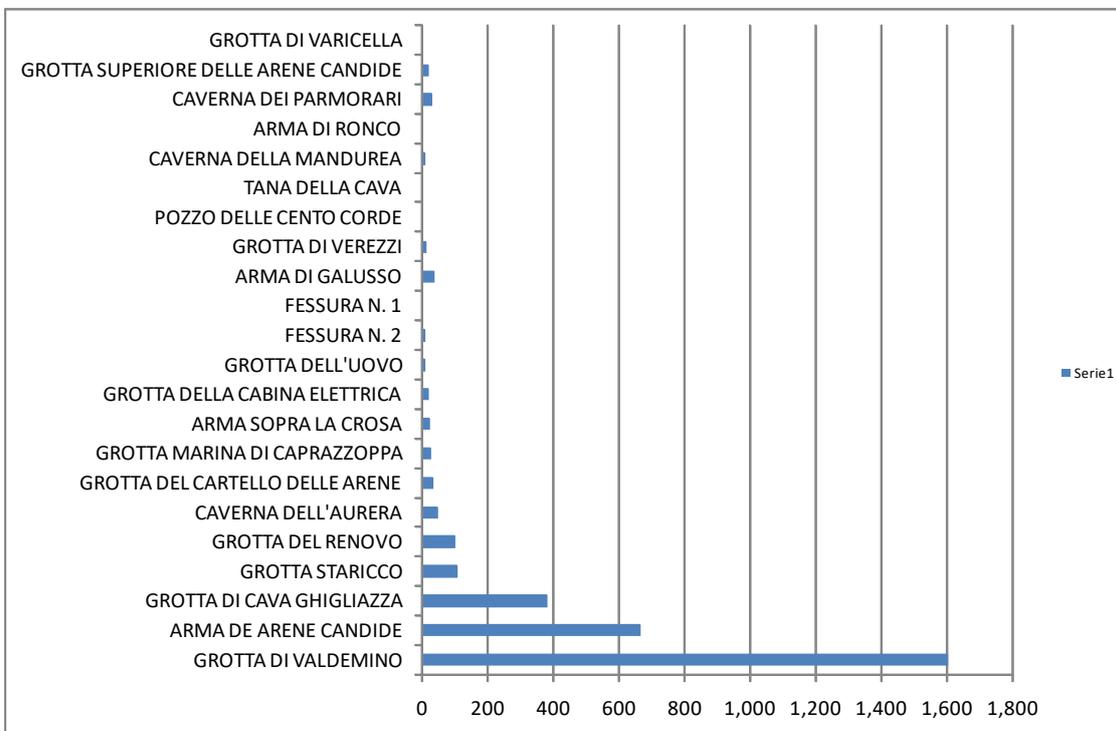


Figura 7.3 Sviluppo planimetrico delle grotte nell'area della galleria Caprazoppa

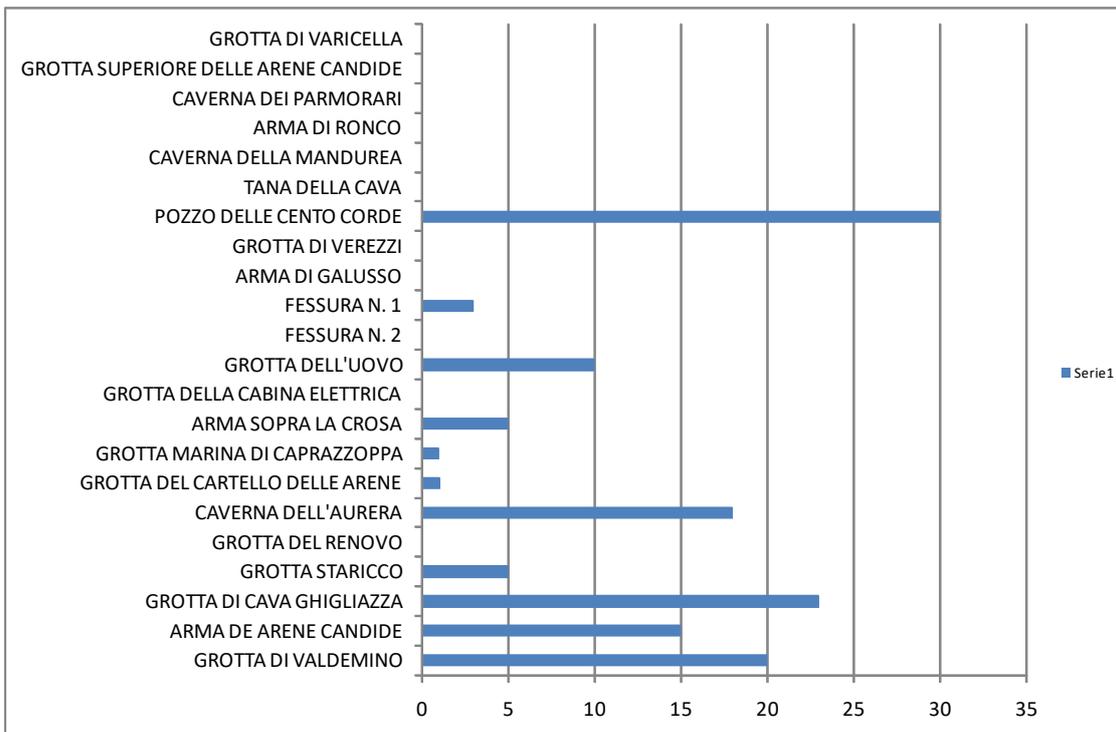


Figura 7.4 Sviluppo altimetrico delle grotte nell'area della galleria Caprazoppa

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione idrogeologica

IV01 00 D 69 RG GE0002 001 A 63 di 120

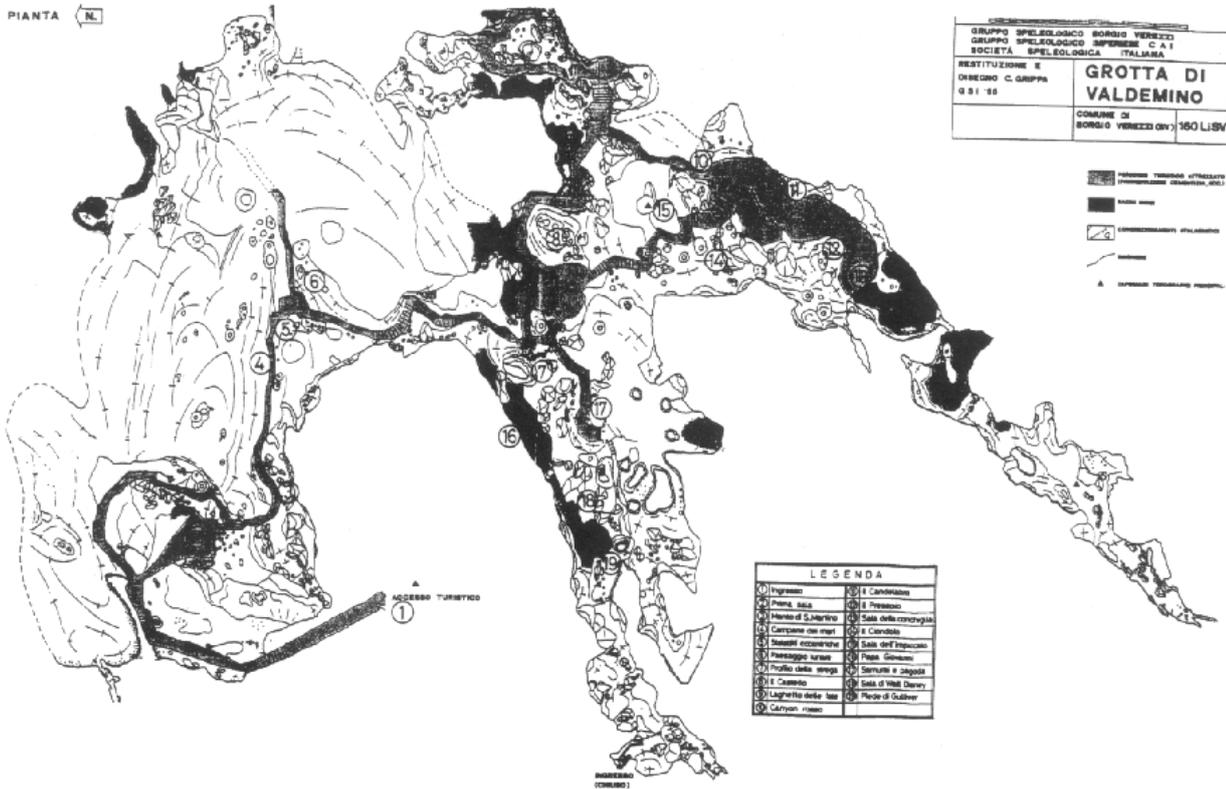


Figura 7.5 Pianta della Grotta di Valdemino

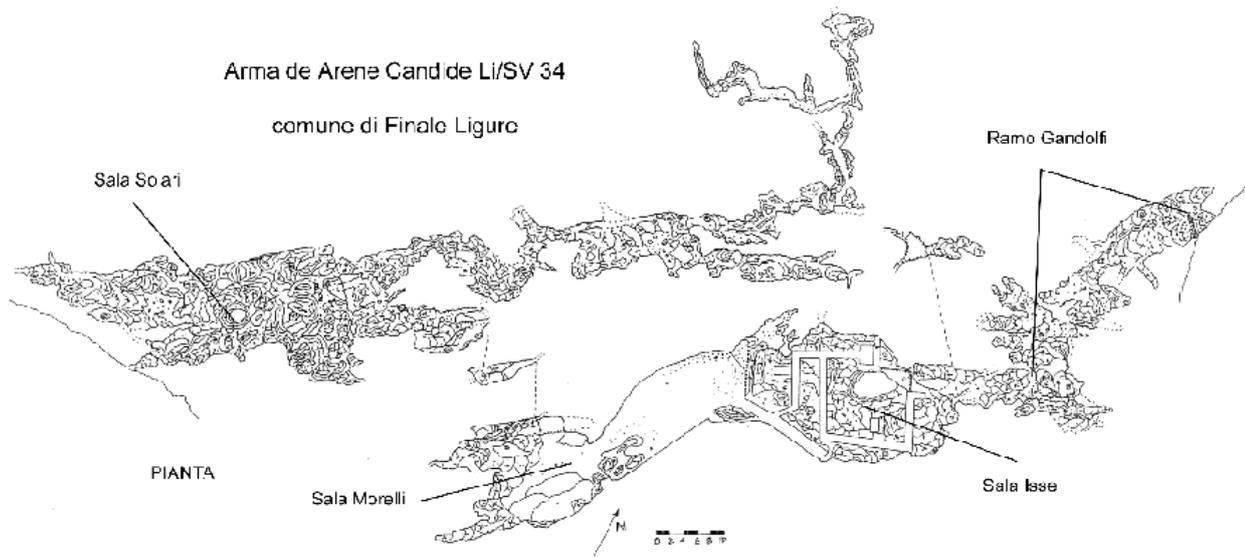


Figura 7.6 Pianta dell'Arma del Arene Candide

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0002 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 64 di 120</p>

7.3 Tratta all'aperto Borgio Verezzi (da pk 69+457 a pk 69+515)

Tra le gallerie Caprazoppa e Monte Grosso, il tracciato è allo scoperto in un brevissimo tratto che, in viadotto, scavalca il torrente Bottassano. Le litologie che si trovano nell'area di fondovalle sono le Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM-do) ricoperte da una coltre di sedimenti alluvionali di tipo sia coesivo (classe di permeabilità: 3 – Valore di riferimento: 10^{-5} m/sec) che granulare (classe di permeabilità: 2 – Valore di riferimento: 10^{-4} m/sec). In superficie, nella porzione basale del versante orientale del Monte Grosso è presente una sottile copertura detritica.

In corrispondenza di questa valle non sono realizzati pozzi e quindi non sono attesi fenomeni di interferenza.

7.4 Galleria Monte Grosso (da pk 69+515 a pk 70+992)

La prima parte della galleria, dall'imbocco lato Finale Ligure fino alla pk 70+430, è realizzata nelle Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM-do), con un piccolo tratto in cui verranno intercettate le Quarziti di Ponte di Nava (PDN-qz), indicativamente tra le pk 70+000 e 70+080. Analogamente alla galleria Caprazoppa, anche in questo tratto è quindi possibile intercettare cavità e fratture aperte per dissoluzione carsica in corrispondenza dei litotipi dolomitici. In dettaglio, sebbene la formazione sia la medesima, la presenza di cavità segnalate nel massiccio di Monte Grosso è inferiore rispetto a quelle segnalate nel Monte Caprazoppa, ma questa evidenza non deve essere interpretata come una ridotta probabilità di rinvenire di sistemi carsici in galleria. In questo tratto è presente un piezometro (D3, 2010) che indica livelli piezometrici massimi più alti di circa 30 metri rispetto al cavo della galleria in progetto; si segnala però che tale strumento è ubicato circa 400 m fuori asse rispetto al tracciato in progetto e non è indicativo della circolazione idrica profonda in corrispondenza dell'asse del tracciato.

Nell'ultima parte, tra la pk 70+430 e l'imbocco della galleria lato Andora, lo scavo interesserà esclusivamente le Quarziti di Ponte di Nava (PDN-qz).

Lungo l'intero tratto di galleria si attendono possibili venute d'acqua, anche significative, in corrispondenza delle principali discontinuità tettoniche e delle relative fasce cataclastiche, qui individuate nell'intorno delle pk 70+120 e 70+750. Alla luce dei dati disponibili non si può comunque escludere la possibilità di intercettare ulteriori porzioni più fratturate dell'ammasso roccioso, in cui attendersi locali venute d'acqua.

Dall'esame del Catasto Speleologico Ligure non risulta la presenza di cavità significative nell'area. L'unica cavità segnalata in prossimità della galleria è la "Tana di Montegrosso" (n. 1057) con sviluppo planimetrico di 56 m e sviluppo altimetrico di 11 m. L'imbocco della cavità si trova alla quota di circa 260 m e pertanto la quota più bassa della cavità è intorno ai 250 m, quota di molto superiore rispetto alla quota di base del carsismo. Anche in questo caso si può quindi escludere un'interferenza da parte dello scavo della galleria.

Nell'intorno della galleria in progetto non sono cartografati né pozzi né sorgenti.

Considerazioni conclusive

Lungo l'intero tratto di galleria si attendono possibili venute d'acqua, anche significative, in corrispondenza delle principali discontinuità tettoniche e delle relative fasce cataclastiche. Comunque, non si esclude la possibilità di intercettare ulteriori porzioni più fratturate dell'ammasso roccioso, in cui attendersi locali venute d'acqua.

Non si prevedono interferenze con la "Tana di Montegrosso", l'unica cavità carsica censita nell'area.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0002 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 65 di 120</p>

Non si esclude la possibilità di intercettare cavità carsiche nel tratto scavato nelle Dolomie di San Pietro dei Monti.

Per individuare in anticipo le eventuali cavità o i tratti caratterizzati da possibili venute d'acqua concentrate a causa di discontinuità in genere o circolazione carsica, si suggerisce di procedere con sondaggi in avanzamento, quantomeno nei tratti scavati nelle Dolomie di San Pietro dei Monti.

7.5 Tratta all'aperto Pietra Ligure (da pk 70+992 a pk 71+454)

Tra le gallerie Monte Grosso e Castellari il tracciato è allo scoperto, in viadotto, nella porzione di fondovalle che ospita i torrenti Maremola e Giustenice, che confluiscono in un unico corso d'acqua circa 150 metri a valle del tracciato in progetto. In superficie le litologie sono rappresentate prevalentemente da sedimenti alluvionali di tipo incoerente (prevalentemente sabbie fini con presenza di limo) e la falda in essi contenuta è caratterizzata da una soggiacenza dell'ordine di 6-8 metri. Tra le progressive 71+100 e 71+350, a poca distanza dal tracciato, si trovano i pozzi 5-G, 6-G, 7-G e 8-G, captati ad uso idropotabile. I pozzi 6-G e 7-G si trovano a monte del tracciato ma molto prossimi ad esso, mentre i pozzi 5-G e 8-G sono più distanti ma si trovano a valle del tracciato e quindi sono più esposti ad un rischio di inquinamento. Per queste ragioni questi quattro punti potrebbero risultare interferiti.

7.6 Galleria Castellari (da pk 71+454 a pk 76+482)

In corrispondenza della galleria Castellari i piezometri esistenti sono più ravvicinati e con bassi valori di fuori asse rispetto alle altre gallerie in progetto; l'analisi dei dati del monitoraggio indica valori estremamente variabili in termini di soggiacenza, probabilmente legati alle caratteristiche della circolazione idrica all'interno di un ammasso roccioso fratturato e caratterizzato da lineamenti tettonici, anche significativi. In tali condizioni, infatti, è da attendersi una circolazione idrica profonda legata essenzialmente alle principali discontinuità tettoniche ed alle relative fasce cataclastiche. In riferimento al profilo idrogeologico, tali fasce sono state riscontrate nell'intorno delle pk 71+620, 72+990, 74+050 e nel tratto compreso tra le pk 72+230 e 72+490, dove il tracciato interseca una faglia ad andamento NE-SW caratterizzata da un'importante fascia cataclastica.

Alla luce dei dati disponibili non si può comunque escludere la possibilità di intercettare ulteriori porzioni più fratturate dell'ammasso roccioso, in cui attendersi locali venute d'acqua.

Tra le pk 74+050 e 75+060 lo scavo della galleria intercetta i Calcari di Val Tanarello, per i quali non si può escludere che possano essere interessati da fenomeni di carsismo; pertanto, è possibile attendersi venute d'acqua concentrate localizzate in corrispondenza delle eventuali cavità presenti.

Nel tratto meridionale, tra la pk 75+060 e l'imbocco lato Andora, la galleria interesserà depositi alluvionali prevalentemente coesivi, con carichi idraulici sul cavo di alcuni metri; in tali condizioni ci si possono attendere fenomeni di stillicidio, che possono aumentare in concomitanza di periodi piovosi, o tutt'al più a venute d'acqua di entità modesta. Durante lo scavo di questo tratto si potrebbero determinare venute d'acqua in corrispondenza del contrasto di permeabilità che si determina al passaggio tra TAN-c e i depositi alluvionali, nell'intorno della pk 75+060. Nel breve tratto compreso tra le pk 76+150 e 76+350 circa, dove lo scavo intercetta uno sperone di substrato roccioso quarzítico (PDN-qz), le venute d'acqua potrebbero aumentare.

Facendo riferimento al Catasto Speleologico Ligure, nell'area della galleria l'unica cavità con dimensioni significative è la "Grotta del Trabocchetto" (n. 1080) con imbocco alla quota di circa 150 m e sviluppo altimetrico di 14 m (Figura 24). Nell'area in prossimità della grotta la falda non supera mai i 60 m di quota slm; la cavità si

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0002 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 66 di 120</p>

trova quindi ad una quota molto superiore rispetto alla quota falda e pertanto non dovrebbe essere interferita dalla galleria.

Considerazioni conclusive

Lungo l'intero tratto di galleria in cui lo scavo interessa formazioni rocciose (SPM-do, PDN-qz e TAN-c) si attendono possibili venute d'acqua, anche significative, in corrispondenza delle principali discontinuità tettoniche e delle relative fasce cataclastiche o laddove si determina il passaggio tra formazioni a differente permeabilità. Comunque, non si esclude la possibilità di intercettare ulteriori porzioni più fratturate dell'ammasso roccioso, in cui attendersi locali venute d'acqua. Nel tratto scavato nelle alluvioni sono attesi unicamente stillicidi o venute modeste.

Non sono attese interferenze con le principali cavità carsiche censite nel Catasto Speleologico Ligure; tuttavia, non si esclude la possibilità di intercettare cavità carsiche minor o non censite in fase di scavo, nel tratto che interesserà le Dolomie di San Pietro dei Monti ed i Calcari di Val Tanarello.

Per individuare in anticipo le eventuali cavità o le eventuali anomalie piezometriche dovute alla circolazione carsica, nei tratti scavati all'interno delle Dolomie di San Pietro dei Monti e dei Calcari di Val Tanarello si suggerisce di procedere con sondaggi in avanzamento.

In particolare, dovranno essere indagati il passaggio per faglia fra le Quarziti di Ponte di Nava e i Calcari di Val Tanarello (pk 74+050) ed il passaggio fra i Calcari di Val Tanarello e le alluvioni, alla pk 75+060. In corrispondenza di questo passaggio, infatti, sono stati monitorati livelli piezometrici significativamente più bassi rispetto a quelli presenti nei restanti tratti di galleria.

In corrispondenza delle progressive 75+050 e 75+160 si trovano, rispettivamente, i pozzi 12-C e 13-C, molto prossimi al tracciato ed utilizzati a scopo idropotabile. Il pozzo 13-C si trova ad una distanza di poche decine di metri dal tracciato, mentre il 12-C è praticamente in asse. Visto le ridotte distanze non si esclude che questi punti possano risultare interferiti, anche in ragione delle basse coperture in calotta della galleria, rispettivamente 19 metri per il pozzo 12-C e 13 metri per il pozzo 13-C.

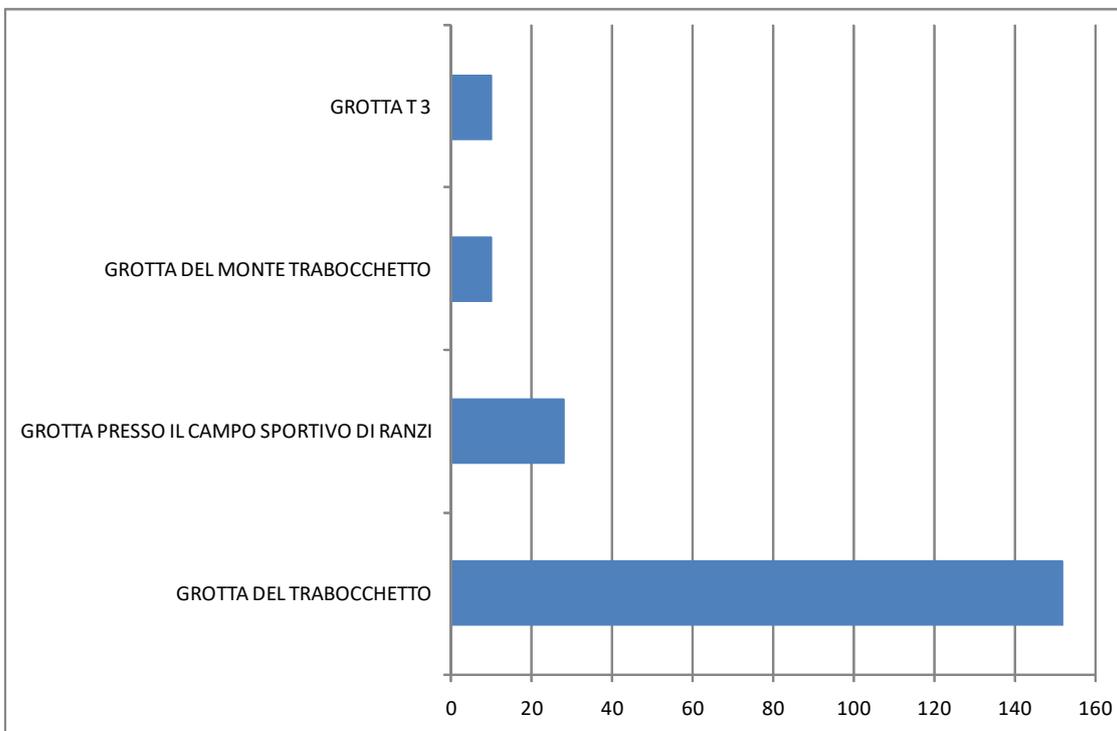


Figura 7.7 Sviluppo planimetrico delle grotte nell'area della galleria Castellari

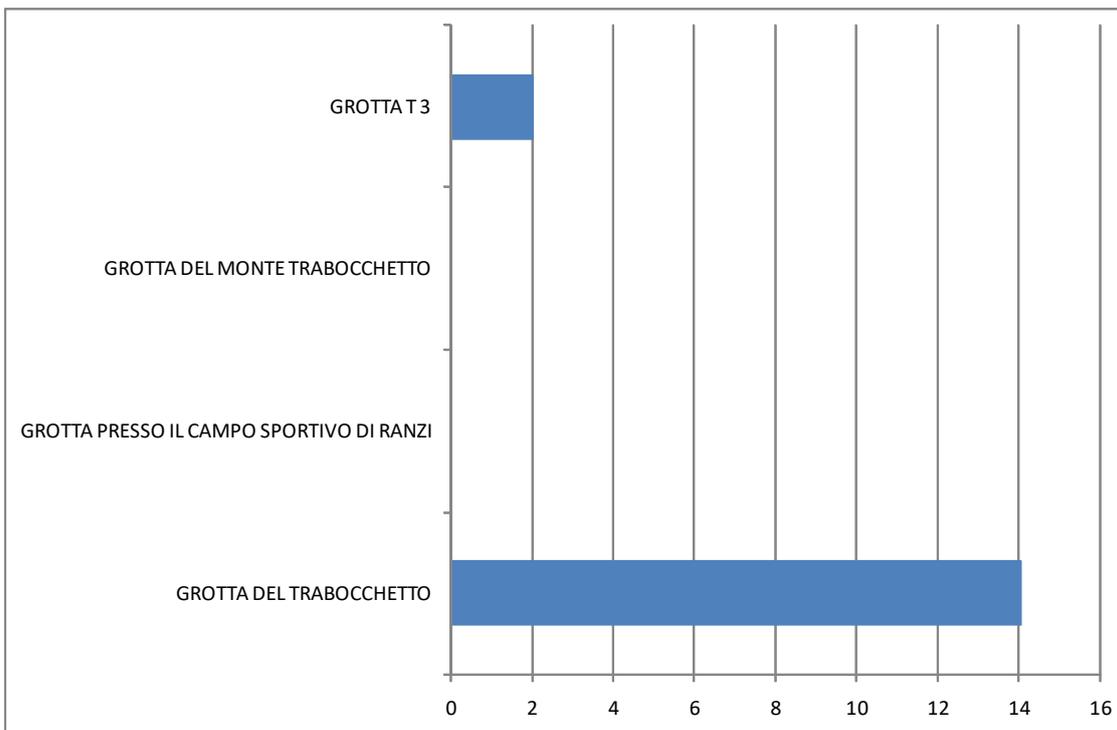


Figura 7.8 Sviluppo altimetrico delle grotte nell'area della galleria Castellari

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0002 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 68 di 120</p>

7.7 Tratta all'aperto Rio del Castellaro (da pk 76+482 a pk 76+696)

Nel breve tratto all'aperto compreso tra le gallerie Castellari e Pineland, il tracciato scavalca il Rio del Castellaro e le litologie presenti in superficie sono prevalentemente depositi alluvionali, prevalentemente coesive in sinistra idraulica e prevalentemente incoerenti in destra.

La falda è prossima al piano campagna e la soggiacenza è sempre inferiore a 5 metri.

In prossimità del tracciato non si trovano pozzi e quindi non sono attesi fenomeni di interferenza fra l'opera e le risorse idriche.

7.8 Galleria Pineland (da pk 76+696 a pk 77+077)

La galleria Pineland ha una lunghezza di 381 metri ed è interamente scavata al di sopra della quota della falda; pertanto, non si prevedono venute d'acqua durante lo scavo, a meno di qualche fenomeno di venute localizzate al contatto tra le alluvioni incoerenti e le Quarziti di Ponte di Nava (PDN-qz) e/o all'interno della porzione alterata superficiale del substrato quarzítico.

7.9 Tratta all'aperto Borghetto Santo Spirito (da pk 77+077 a pk 77+703)

Nel tratto all'aperto tra le gallerie Pineland e Croce, il tracciato scavalca il torrente Varatella e le litologie presenti in superficie sono prevalentemente rappresentate da depositi alluvionali, per uno spessore di 12÷15 m, di tipo prevalentemente incoerente. Nel tratto centrale della tratta è presente una coltre di materiali di riporto di 3-6 metri di spessore.

La falda ha una soggiacenza mediamente compresa fra 5 e 10 metri.

In prossimità della progressiva 77+500 si trovano i pozzi 21-C e 23-C, utilizzati ad uso idropotabile; tali pozzi, però, si trovano a monte del tracciato ad una distanza superiore a 200 m e quindi non dovrebbero risultare a rischio di interferenza.

7.10 Galleria Croce (da pk 77+703 a pk 82+265)

Ai fini dell'esame delle condizioni idrauliche e delle eventuali criticità, la galleria Croce può essere suddivisa in tre segmenti.

Il segmento più settentrionale, esteso dall'imbocco lato Finale Ligure fino alla pk 80+150, è caratterizzato dalla presenza, a quota galleria, di formazioni potenzialmente interessate da fenomeni carsici, quali le Dolomie di San Pietro dei Monti (SPM-do) ed i Calcari di Rocca Livernà (LIV-c). In questo tratto i dati piezometrici sono limitati (CR3, 2001 e D4-D5, 2010) e l'analisi dei dati del monitoraggio indica valori estremamente variabili in termini di livelli piezometrici rispetto al cavo della galleria in progetto, probabilmente legati alle caratteristiche della circolazione idrica all'interno di un ammasso roccioso fratturato e caratterizzato da lineamenti tettonici, anche significativi. In tali condizioni, infatti, è da attendersi una circolazione idrica profonda legata essenzialmente alle principali discontinuità tettoniche ed alle relative fasce cataclastiche. In riferimento al profilo idrogeologico, tali fasce sono state riscontrate nell'intorno delle pk 78+800, 78+920 e 79+900.

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0002 001	REV. A	FOGLIO 69 di 120

Resta inteso che la ricostruzione dell'andamento in profondità dei lineamenti tettonici individuati presenta necessariamente un certo grado di incertezza; pertanto, le suddette progressive hanno carattere indicativo.

Il tratto centrale, fra le pk 80+150 e 80+880, intercetta formazioni permeabili per fratturazione ma non interessate da fenomeni di carsismo. I piezometri presenti in questo tratto (CR4, 2001 e ALB4, 2006) indicano valori di soggiacenza dell'ordine di 25 metri, essenzialmente legati ad un acquifero presente nei depositi quaternari terrazzati in sinistra idraulica del torrente Torsero e che non dovrebbe dar vita a venute d'acqua significative in galleria. Durante lo scavo di questo tratto si potrebbero determinare venute d'acqua in corrispondenza del contrasto di permeabilità che si determina al passaggio tra ALN-scc e ALN-ar, nell'intorno della pk 80+620.

Tra l'imbocco della galleria lato Finale Ligure e la pk 80+880, alla luce dei dati disponibili non si può comunque escludere la possibilità di intercettare ulteriori porzioni più fratturate dell'ammasso roccioso, in cui attendersi locali venute d'acqua.

Nel tratto meridionale della galleria, tra la pk 80+880 e l'imbocco lato Andora, lo scavo interessa dapprima i terreni di età pliocenica delle argille di Ortovero (fino alla pk 81+700) e poi i Conglomerati di Monte Villa (CMV-cg) fino all'imbocco lato Andora della galleria. Nella parte di scavo che interessa le Argille di Ortovero, in ragione della bassa permeabilità della formazione, non sono attese venute d'acqua, semmai potrebbe verificarsi stillicidio. Analogamente, nel tratto che interessa i Conglomerati di Monte Villa, a fronte di una permeabilità maggiore rispetto alla formazione precedente, i livelli di falda da rilievo piezometrico si attestano quasi ovunque in prossimità del cavo della galleria o al di sotto dello stesso; pertanto, non sono da attendersi venute significative, tutt'al più stillicidio. In questo tratto, venute d'acqua più significative si potrebbero verificare in corrispondenza del contrasto di permeabilità al passaggio tra le Argille di Ortovero ed i Conglomerati di monte Villa, nell'intorno della pk 81+700, dove il livello piezometrico interpretato si trova 5-10 metri al di sopra del cavo della galleria.

Facendo riferimento al catasto Speleologico Ligure, nell'area è possibile individuare unicamente tre cavità di una certa importanza. La cavità "Grotta sopra la Cava" (n. 312) si trova ad una distanza di oltre 1000 m a monte del tracciato con una quota di imbocco posta a circa 175 m, molto più elevata della quota di falda rilevata in corrispondenza del cavo. La distanza dal tracciato e la posizione topografica portano quindi ad escludere una ipotesi di interferenza con questa cavità. La cavità "Grotta di Scornavacca" (n. 313) si trova sempre a monte del tracciato ad una distanza di circa 1300 m e ad una quota di imbocco di circa 250 m (Figura 7.9 e Figura 7.10). Per analoghe ragioni anche in questo caso si può escludere l'interferenza con la galleria. La Grotta del Picaro (n. 500) si trova in corrispondenza dell'omonima galleria autostradale. Questa grotta quindi, analogamente al Buco della Rana (n. 1249) e al Buco del Serchio (n. 1248), si può già considerare interferita. Le altre cavità censite sono di sviluppo planimetrico e altimetrico molto modesto.

In prossimità del tracciato della galleria si trova la sorgente Cuore (sorgente 8-C), captata ad uso acquedottistico. Nelle vicinanze della sorgente sono stati realizzati una serie di pozzi che però non hanno intercettato significative venute d'acqua. Si pensa quindi che la sorgente Cuore sia alimentata da una rete di fratture con caratteristiche ed orientazione non conosciute.

Considerazioni conclusive

Nel tratto scavato nelle Dolomie di San Pietro dei Monti e nei Calcari di Rocca Livernà è probabile attendersi una circolazione idrica profonda legata essenzialmente alle principali discontinuità tettoniche ed alle relative fasce cataclastiche. Il tratto centrale, fra le pk 80+150 e 80+880, intercetta formazioni permeabili per fratturazione ma non interessate da fenomeni di carsismo. I piezometri presenti indicano la presenza di un acquifero nei depositi quaternari terrazzati in sinistra idraulica del torrente Torsero, che non dovrebbe dar vita a venute d'acqua

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0002 001	REV. A

significative in galleria. Il tratto conclusivo, fino all'imbocco lato Andora, sarà probabilmente caratterizzato da stillicidio all'interno dei depositi quaternari e pliocenici.

Nei tratti scavati nelle formazioni carsificabili non si esclude che possano essere intercettate cavità. Sia per questa ragione, sia per individuare in anticipo eventuali venute significative dovute alla circolazione carsica, nei tratti scavati all'interno delle Dolomie di San Pietro dei Monti e dei Calcari di Rocca Livemà si suggerisce di procedere con sondaggi in avanzamento.

Il passaggio fra formazioni a differente permeabilità può rappresentare un punto critico ai fini della possibilità di ingressione d'acqua in galleria. In particolare, risulta critico il passaggio da una formazione poco permeabile ad una formazione molto permeabile, in quanto la formazione più permeabile non risulta drenata dalla galleria in avanzamento; ciò si può verificare al passaggio tra ALN-scc e ALN-ar, nell'intorno della pk 80+620, e al passaggio tra le Argille di Ortovero ed i Conglomerati di monte Villa, nell'intorno della pk 81+700. Per questa ragione, tutte le volte che lo scavo è prossimo al superamento di un limite di questo tipo è opportuno procedere con un sondaggio in avanzamento per accertarsi che i carichi idraulici nella formazione più permeabile, non siano eccessivamente elevati.

In questo tratto vengono realizzate anche le gallerie artificiali 16, 17, Parei, Bastia 1 e Bastia 2. Queste gallerie sono tutte molto corte, superficiali e scavate ad una quota superiore rispetto al livello di falda. Pertanto, in galleria è possibile attendersi unicamente qualche fenomeno di stillicidio in corrispondenza dei periodi piovosi per infiltrazione diretta dalla superficie.

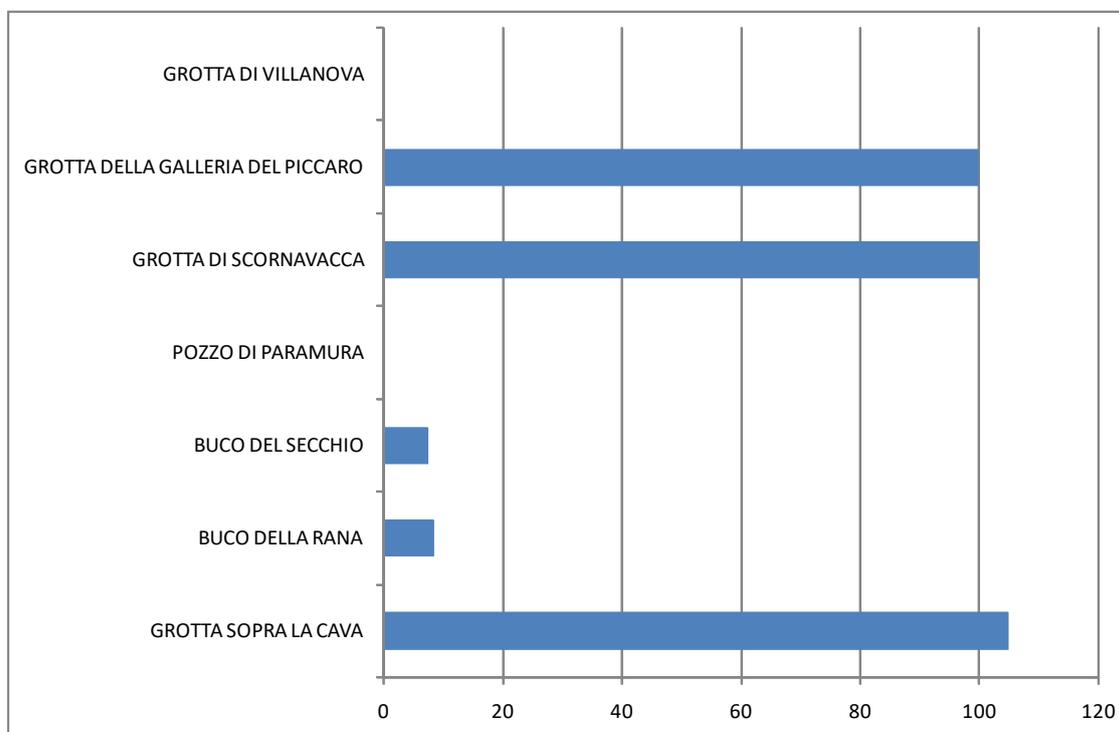


Figura 7.9 Sviluppo planimetrico delle grotte nell'area della galleria Croce

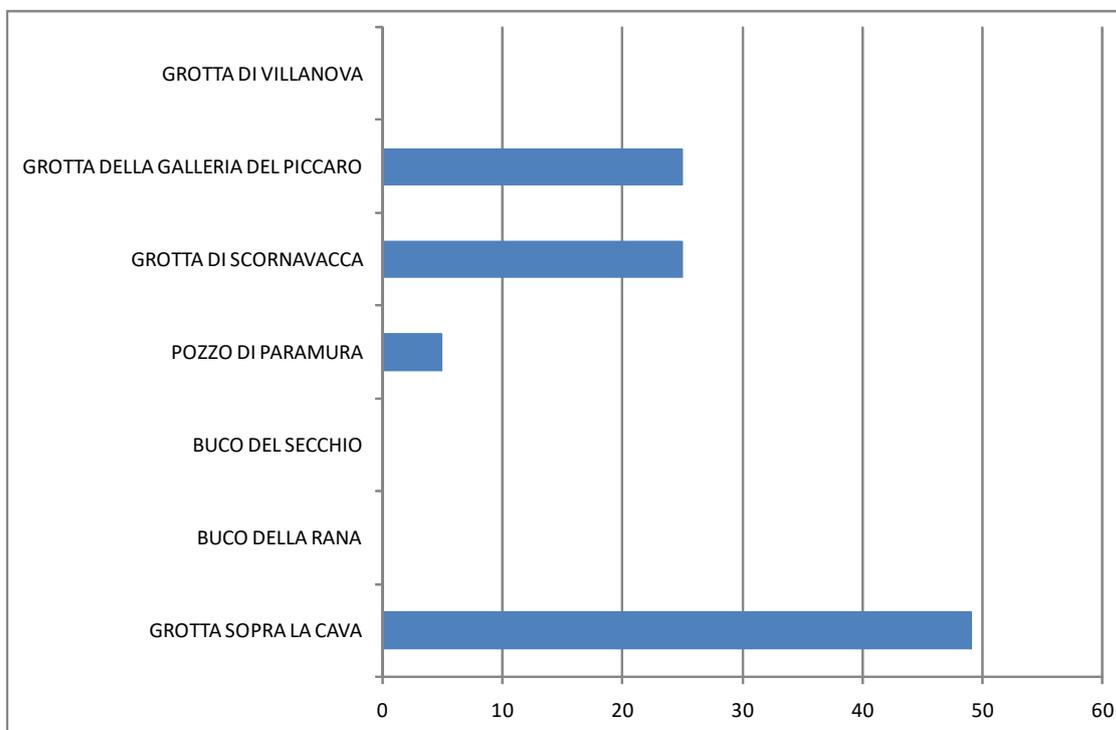


Figura 7.10 Sviluppo altimetrico delle grotte nell'area della galleria Croce

7.11 Tratta all'aperto Ceriale e Albenga (da pk 82+265 a pk 87+136)

Nel tratto all'aperto tra le gallerie Croce ed Alassio, il tracciato scavalca vari corsi d'acqua, tra i principali i torrenti Neva e Arroscia; esso comprende anche alcuni brevi tratti in cui il progetto prevede la realizzazione di gallerie artificiali (denominate, in ordine di progressiva, 16, 17, Parei, Bastia1 e Bastia2).

Le litologie presenti in superficie sono rappresentate da depositi alluvionali coesivi e incoerenti, dai Conglomerati di Monte Villa in facies alterata e scarsamente cementata, incoerente o prevalentemente coesiva (CMV-i e CMV-c) e dai Conglomerati di Monte Villa nella facies tipica (CMV-cg). Questi litotipi sono localmente ricoperti da uno spessore di materiale di riporto.

Nel tratto da 82+265 a 84+580 la falda ha generalmente una soggiacenza superiore a 10 m mentre nel tratto fra 84+580 e 87+136, in corrispondenza dei fondovalle dei torrenti Neva e Arroscia, la falda è più prossima al piano campagna, con una soggiacenza quasi sempre inferiore a 10 m.

Nell'area si trovano una serie di pozzi, alcuni dei quali anche in prossimità del tracciato. Visto però che la linea corre allo scoperto, non si prevede un drenaggio della falda e quindi non si prevede neppure un aumento di soggiacenza. Dalle informazioni in possesso non risulta la presenza di pozzi captati ad uso idropotabile prossimi al tracciato che necessitino quindi di una determinata fascia di rispetto.

Per queste ragioni in questo tratto non sono previste interferenze con i pozzi esistenti.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0002 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 72 di 120</p>

7.12 Galleria Alassio (da pk 87+136 a pk 96+861)

Ai fini dell'esame delle condizioni idrauliche la galleria Alassio può essere suddivisa in tre segmenti.

Il segmento più settentrionale, esteso dall'imbocco lato Finale Ligure fino alla pk 91+820, intercetta formazioni permeabili per fratturazione ma non interessate da fenomeni di carsismo. In questo tratto non si dispone di dati piezometrici, in ragione delle problematiche di accessibilità ai luoghi ed alle alte coperture, che necessitano di sondaggi particolarmente profondi. In linea generale, in questo tratto le venute d'acqua avverranno principalmente attraverso le principali discontinuità e le zone cataclastiche, individuate in profilo idrogeologico con apposita simbologia nell'intorno delle pk 87+330, 88+620, 89+470 e 91+400. Si segnala comunque che l'ubicazione di tali lineamenti è da intendersi come indicativa e non esaustiva, in quanto all'interno dell'ammasso roccioso possono essere presenti molteplici zone di fratturazione che possono fungere da via preferenziale di circolazione delle acque sotterranee. Infine, durante lo scavo di questo tratto risulta critico il passaggio da una formazione poco permeabile ad una formazione più permeabile, in quanto la formazione più permeabile non risulta drenata dalla galleria in avanzamento; pertanto, si potrebbero determinare venute d'acqua significative in corrispondenza del contrasto di permeabilità che si determina al passaggio tra QMB-as e QMB-qz e tra RAN-ag e QMB-qz.

Nel segmento compreso fra la pk 91+820 e la pk 92+750 la galleria è scavata al di sotto dell'abitato di Alassio, in presenza di basse coperture. I piezometri disponibili individuano la presenza di due acquiferi, individuati nei fondovalle del rio Barbona e del rio Caudi, attualmente tombinati. In generale, la sostanziale assenza di lineamenti tettonici importanti fa sì che non si attendano venute d'acqua significative, anche se non si può comunque escludere la possibilità di intercettare porzioni più fratturate dell'ammasso roccioso, in cui attendersi locali venute d'acqua. Analogamente al tratto precedente, sono invece da attendersi venute d'acqua tra le pk 92+360 e 92+340, in ragione del contrasto di permeabilità dapprima tra le Peliti di Moglio e la Formazione di Testico e, successivamente, tra quest'ultima e i depositi quaternari alluvionali.

Nel segmento compreso fra la pk 92+750 e l'imbocco lato Alassio non sono disponibili dati piezometrici a meno del CU5 (2001), che indica un livello piezometrico ad un'altezza di circa 45-50 metri superiore al cavo della galleria e caratterizzato da scarsa escursione. Tale valore, analogamente a quanto riportato in precedenza per le altre gallerie, non identifica un carico idraulico sulla galleria, bensì risulta probabilmente legato alle caratteristiche della circolazione idrica all'interno di un ammasso roccioso fratturato e caratterizzato da lineamenti tettonici, anche significativi. In tali condizioni, infatti, è da attendersi una circolazione idrica profonda legata essenzialmente alle principali discontinuità tettoniche ed alle relative fasce cataclastiche. In riferimento al profilo idrogeologico, tali fasce sono state riscontrate nell'intorno delle pk 94+650, 96+450 e 96+570.

Le sorgenti presenti nell'intorno del tracciato tra le pk 90 e 92 sono generalmente caratterizzate da portate modeste, probabilmente legate ad una circolazione superficiale all'interno delle porzioni alterate delle formazioni presenti (QMB-qz, QMB-as e UBA-cm) e delle coperture detritiche e franose e non risulteranno interferite dallo scavo della galleria. Analogamente vale per il pozzo superficiale 51-C censito in corrispondenza della pk 95; anch'esso risulta probabilmente connesso a circolazione superficiale nella porzione alterata della Formazione di Testico e non potenzialmente impattabile. Per quanto riguarda i vicini pozzi 52-C, 53-C e 54-C, risultano tutti realizzati ad una quota inferiore rispetto al cavo della galleria in progetto, per quanto si esclude il loro possibile impatto.

Considerazioni conclusive

In linea generale, in tutta la lunghezza della galleria sono da attendersi venute d'acqua attraverso le principali discontinuità e le zone cataclastiche, individuate in profilo idrogeologico con apposita simbologia. Inoltre, risulta

	RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0002 001	REV. A	FOGLIO 73 di 120

critico il passaggio da una formazione poco permeabile ad una formazione più permeabile, in quanto la formazione più permeabile non risulta drenata dalla galleria in avanzamento; pertanto, si potrebbero determinare venute d'acqua significative in corrispondenza del contrasto di permeabilità che si determina al passaggio tra QMB-as e QMB-qz, tra RAN-ag e QMB-qz, tra MOG-as e TES.ar e tra quest'ultima formazione e le alluvioni quaternarie nel sottosuolo di Alassio, dove lo scavo della galleria potrebbe interessare l'acquifero presente nei depositi di fondovalle della città. Per ragioni analoghe a quelle esposte per la galleria Croce, in corrispondenza di questi passaggi si suggerisce la realizzazione di sondaggi in avanzamento.

Lungo l'intero tratto della galleria di Alassio non si incontrano formazioni potenzialmente carsificabili; pertanto, non si attende di intercettare cavità. Lo stesso Catasto Speleologico Ligure non censisce alcuna cavità in questo tratto.

7.13 Tratta all'aperto Andora (da pk 96+861 a pk 97+663)

Nel tratto all'aperto tra le gallerie Alassio e Collecervo (appartenente alla tratta Andora - San Lorenzo al mare già realizzata), il tracciato scavalca il Torrente Merula. In superficie le litologie sono prevalentemente rappresentate da depositi alluvionali incoerenti e secondariamente da depositi alluvionali argillosi. Localmente sono presenti coperture di materiale di riporto. La soggiacenza della falda da piano campagna è generalmente inferiore a 5 metri. In prossimità del tracciato si trovano i pozzi 57-C e 58-C utilizzati ad uso idropotabile. Questi pozzi comunque sono ubicati ad una distanza superiore ai 200 metri dall'opera e quindi le aree di rispetto dovrebbero essere mantenute. In ogni caso in fase di cantierizzazione è opportuno prendere gli opportuni accorgimenti per evitare che si sviluppino fenomeni di interferenza.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>PROGETTO DEFINITIVO Relazione idrogeologica</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE0002 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 74 di 120</p>

8 BIBLIOGRAFIA

CELICO P. (1990): Prospezioni Idrogeologiche. Liguori (Napoli), pp 1-735 - ISBN 88-207-1331-4

CHERRY J.A., FREEZE R.A. (1979), Groundwater, Prentice-Hall.

CLIFFORD J. BRUELL, HILARY I. INYANG (2000), Remediation in rock masses, ASCE Publications, 0784400156, 1-250.

COLLESELLI F., COLOMBO P. (1996): Elementi di Geotecnica. Zanichelli (Bologna), pp 1-500 - ISBN 88-08-09784-6

CUSTODIO E. (2005): Teoria elementare di fluidodinamica in mezzi porosi. In: Idrologia sotterranea, a cura di: Custodio E., Llamas M.R. Dario Flaccovio Editore (Palermo), pp 429-586 - ISBN 88-7758-623-0

DELLEUR (1999), The Handbook of Groundwater Engineering, CRC Press, 3-540-64745-7, 1-940

DOMENICO P.A., SCHWARTZ F.W. (1998), Physical and Chemical Hydrogeology - 2nd edn, John Wiley and Sons.

DRISCOLL F.G. (1986), Groundwater and Wells - 2nd edn, Johnson Division, St. Paul, Minnesota

LANCELOTTA R. (1987): Geotecnica. Zanichelli (Bologna), pp 1-531 - ISBN 88-08-04362-2

PAUL L. YOUNGER (2007), Groundwater in the environment: an introduction, Wiley-Blackwell, 1405121432, 1-318.

PECK R.B., TERZAGHI K. (1974): Geotecnica. UTET (Torino), pp 1-643 - ISBN 88-02-03010-3

Protecting groundwater for health: managing the quality of drinking-water sources, World Health Organization, 9241546689, 1-678.

SCHMOLL O. (2006), Protecting groundwater for health: managing the quality of drinking-water sources, World Health Organization, 9241546689, 1-678.

TODD D.K. (1980), Groundwater Hydrogeology - 2nd edn, John Wiley and Sons.

U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR - BUREAU OF RECLAMATION (1998): Earth Manual - Part 1 - Third Edition. United States Government Printing Office (Denver), pp 1-348

VEDAT BATU (1998), Aquifer hydraulics: a comprehensive guide to hydrogeologic data analysis, Wiley-IEEE, 0471185027, 1-727.

WILLIAM CLARENCE WALTON (2006), Aquifer test modeling, CRC Press, 1420042920, 1-222

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
----------	-------	----------	-----------	------	--------

Relazione idrogeologica

IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	75 di 120
------	----	---------	------------	---	-----------

Appendice 1

Database pozzi e sorgenti

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione idrogeologica

IV01 00 D 69 RG GE0002 001 A 76 di 120

DATABASE SORGENTI										
Fonte dato	Galleria	Numero	Comune	Località o proprietario	Nome	Quota sorgente m s.l.m.	Portata l/s	Data rilievo	Portata media l/s	Note
Studio progresso RFI (1993)		110-E	ALASSIO	LIGIA	DE MERENDIN	290	2	26/07/1993		
Studio progresso RFI (1993)		111-E	ALASSIO	CASA SOPRATTUTTO	SORG. AMBROSIANA	315	0,1	26/07/1993		
Studio progresso RFI (1993)		164-E	ALASSIO	BOSCO FIGNONI	SORG. RUIN DI PRAI	460	0,5	01/08/1993		
Studio progresso RFI (1993)		165-E	ALASSIO	POGGIO MOSCA		410	asciutta	02/08/1993		
Studio progresso RFI (1993)		167-E	ALASSIO	CASA SOPRATTUTTO	PROPRIETÀ VIANI	340	<0,5	02/08/1993		
Studio progresso RFI (1993)		168-E	ALASSIO	VALLE LIGIA	SORG. BROMASSI	360	2	02/08/1993		
Studio progresso RFI (1993)		195-E	ALASSIO	C. CASTAGNOLA		420	asciutta	04/08/1993		
Studio progresso RFI (1993)		196-E	ALASSIO	MOGLIO	TRATTORIA DEGLI AMICI	250	0,7	05/08/1993		
Studio progresso RFI (1993)		197-E	ALASSIO	MOGLIO-ROCCETTA		200	0,5	05/08/1993		
Studio progresso RFI (1993)		14-E	ALASSIO	VEGLIASCO	SORG. GARENTIO	390			2,2	
Studio progresso RFI (1993)		15-E	ALASSIO	VEGLIASCO	SORG. IMBROGLIO	330			3,1	
Studio progresso RFI (1993)		44-A	ALBENGA	BASTIA		10,5		20/07/1993		
Studio progresso RFI (1993)		54-A	ALBENGA	BASTIA (VALLE ARROSCIA)	LAGO AZZURRO	13,5		22/07/1993		
Studio progresso RFI (1993)		55-A	ALBENGA	BASTIA (VALLE ARROSCIA)		13		22/07/1993		
Studio progresso RFI (1993)		95-A	ALBENGA	BASTIA (VALLE ARROSCIA)		10		25/07/1993		
Studio progresso RFI (1993)		177-A	ALBENGA	RIO VALLETTE	SORG. RIO VALLETTE	31	asciutta	02/08/1993		
Studio progresso RFI (1993)		178-A	ALBENGA	RIO VALLETTE	SORG. RIO VALLETTE	30	asciutta	03/08/1993		
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		1-C		VEREZZI	ACQ. COM. GROSA	240			0,2	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		2-C		SERRETTI	SERRETTI	100			0,1	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		3-C		RANZI	SORG. SOPRALAGO	230			0,7	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		4-C		PIETRA LIGURE	CONS. PIETRA-TOVO-MOG	15			30	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		5-C		BORG CASTELLO	SORG. BORVENA	130			0,3	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		6-C		TOIRANO	SORG. RIO RIVE	135			2	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		7-C		PEAGNA	SORG. PEAGNA	125			1,1	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		8-C		PEAGNA	SORG. CUORE	45			4	

DATABASE SORGENTI										
Fonte dato	Galleria	Numero	Comune	Località o proprietario	Nome	Quota sorgente m s.l.m.	Portata l/s	Data rilievo	Portata media l/s	Note
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		9-C		VEGLIASCO	SORG. RIO BUCCINA	400			0,6	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		10-C		CAPO S. CROCE	SORG. FICOCIROLINO	240			2,0	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		13-C		SOLVA	SORG. RIO MOLINI	210			2,0	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		14-C		VEGLIASCO	SORG. GARENTIO	390			2,2	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		15-C		VEGLIASCO	SORG. IMBROGLIO	330			3,1	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		16-C		MADONNA DELLA GUARDIA		425			1,0	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		18-C		ALASSIO	SORG. DUE VIE	115			0,5	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		19-C				300			0,2	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		20-C		MOGLIO		125			4,0	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		21-C		LAIGUEGLIA	FONTE DEL FARO	20			1,0	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		22-C		S. GIOVANNI	S. FR. GANOSI	270			0,5	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		23-C		C. MEZZACQUA	SORG. MEZZACQUA	38			0,5	

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione idrogeologica

IV01 00 D 69 RG GE0002 001 A 78 di 120

DATABASE POZZI										
Fonte dato	Galleria	Numero	Comune	Località o proprietario	Quota p.c.	Prof. Pozzo	Q media l/sec	Data rilievo	Liv. Statico	Note
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	2-A	ALBENGA	LUSIGNANO	15,1	11	in disuso	15/07/1993	9,8	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	3-A	ALBENGA	BASTIA (VILLA ANFOSSI)	14,2	8		15/07/1993	10,3	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	4-A	ALBENGA	BASTIA (VILLA ANFOSSI)	13	6	2,5	15/07/1993	9,9	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	5-A	ALBENGA	VALLE ARROSCIA	12,5	12		15/07/1993	9,5	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	6-A	ALBENGA	VALLE ARROSCIA (BASTIA)	16,2	12	2,5	15/07/1993	12	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	7-A	ALBENGA	VALLE ARROSCIA (BASTIA)	16,6	21	26	15/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	8-A	ALBENGA	VALLE ARROSCIA	18,4	12	11	15/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	9-A	ALBENGA	BASTIA	14,3	7	in disuso	15/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	10-A	ALBENGA	BASTIA	13,08	11	3,33	15/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	11-A	ALBENGA	VALLE DEL NEVA (BASTIA)	15,7	13		15/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	12-A	ALBENGA	BRA	14,07	9		15/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	20-A	ALBENGA	BASTIA	18,1	25	2,55	16/07/1993	12,1	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	20bis-A	ALBENGA	BASTIA	18,1	25	2,55	16/07/1993	12,1	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	26-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	15,1	8		17/07/1993	9,7	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	29-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	15	17		17/07/1993	10	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	30-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	15	15	1,5	18/07/1993	10,09	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	31-A	ALBENGA	LUSIGNANO-ACQUAFREDDA	12	7	2	18/07/1993	8,5	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	32-A	ALBENGA	LUSIGNANO-ACQUAFREDDA	12,1	10		18/07/1993		
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	33-A	ALBENGA	MOLINO	17,5	7	in disuso	18/07/1993	N.D.	ostruito
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	34-A	ALBENGA	BASTIA	14,3	11		18/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	35-A	ALBENGA	BASTIA	14,3	13	5	18/07/1993	9,4	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	41-A	ALBENGA	BASTIA	50	50	2	20/07/1993		
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	42-A	ALBENGA	BASTIA	43	45	3	20/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	50-A	ALBENGA	ROGIONE VALLETTA	34	20	1,7	21/07/1993	24,8	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	51-A	ALBENGA	ROGIONE VALLETTA	38	30	0,5	21/07/1993	30	variabile +/- 1m dato fornito dal proprietario, non misurato
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	52-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	21	13		22/07/1993	14	

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione idrogeologica

IV01 00 D 69 RG GE0002 001 A 79 di 120

DATABASE POZZI										
Fonte dato	Galleria	Numero	Comune	Località o proprietario	Quota p.c.	Prof. Pozzo	Q media l/sec	Data rilievo	Liv. Statico	Note
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	53-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	21,5	13,5	in disuso	22/07/1993	14,2	var. stag. 2-3m
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	56-A	ALBENGA	LAGO AZZURRO	19	12		22/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	58-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	18,5	20	3	22/07/1993	12	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	59-A	ALBENGA	LUSIGNANO-MOLINO	22,5	50		22/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	60-A	ALBENGA	LUSIGNANO-MOLINO	22,5	40		22/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	61-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	22,3	30		22/07/1993	14,9	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	63-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	22	30		22/07/1993	14,6	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	64-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	20	30	11	22/07/1993	14,1	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	69-A	VILLANOVA D'ALBENGA	LUSIGNANO				23/07/1993		
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	70-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	15	15	1	23/07/1993	9,8	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	71-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	14,8	11	in disuso	23/07/1993	8,7	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	72-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	13,5	15		23/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	73-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	15	13		23/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	74-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	15	11	in disuso	23/07/1993	10	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	75-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	16	13	2,5	23/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	76-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	23	16		23/07/1993	15,4	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	77-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	21,5	13		23/07/1993	14,3	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	81-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	20,4	13		23/07/1993	13,3	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	82-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	21	12		23/07/1993	13,3	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	83-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	26	33		24/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	84-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	27	4	2	24/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	90-A	ALBENGA	BASTIA (VILLA ANFOSSI)	14,2	13		25/07/1993	10,2	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	91-A	ALBENGA	BASTIA (VILLA ANFOSSI)	14,1	9		25/07/1993	10	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	92-A	ALBENGA	VALLE ARROSCIA (BASTIA)	13,5	15		25/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	93-A	ALBENGA	VALLE ARROSCIA (BASTIA)	13,5	15		25/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI (1993)	Bastia	94-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	26,1	9		25/07/1993	N.D.	

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione idrogeologica

IV01 00 D 69 RG GE0002 001 A 80 di 120

DATABASE POZZI										
Fonte dato	Galleria	Numero	Comune	Località o proprietario	Quota p.c.	Prof. Pozzo	Q media l/sec	Data rilievo	Liv. Statico	Note
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	96-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	26,1	9	2,5	25/07/1993	17,1	dato non misurato
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	97-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	27	11		26/07/1993	19,7	profondità incerta
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	98-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	26,5	28		26/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	99-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	27	7		26/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	100-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	24,2	15	3	26/07/1993	N.D.	portata non certa
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	101-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	22,5	11	in disuso	26/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	112-A	ALBENGA	BASTIA	18,4	17,5		27/07/1993	12,4	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	114-A	ALBENGA	BASTIA	15	8		27/07/1993	10,4	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	157-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	24,6	15	20	31/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	158-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	16	8	in disuso	01/08/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	159-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	16	10		01/08/1993	10,1	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	160-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	16	8	3,3	01/08/1993	10,1	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	161-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	16	15		01/08/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	166-A	ALBENGA	LUSIGNANO	20,5	30	8	02/08/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	169-A	ALBENGA	PARASE	23	N.N.		02/08/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	170-A	ALBENGA	PARASE	22,5	23		02/08/1993	13,9	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	171-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	23	28		02/08/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	172-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	22	22	2	02/08/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	173-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	21	12		02/08/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	174-A	VILLANOVA D'ALBENGA	COASCO	20,7	12	1,6	02/08/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	175-A	ALBENGA	COASCO	19	17	16	02/08/1993	13,2	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	176-A	ALBENGA	COASCO	25	17	8	02/08/1993	15	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	179-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	14	11		03/08/1993	9,6	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	180-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	15	11	8	03/08/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Bastia	181-A	ALBENGA	LUSIGNANO-NUJA	14,5	12		02/08/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	13-B	ALBENGA	VALLE DEL NEVA (BASTIA)	17	15		16/07/1993	11,9	

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione idrogeologica
IV01 00 D 69 RG GE0002 001 A 81 di 120

DATABASE POZZI										
Fonte dato	Galleria	Numero	Comune	Località o proprietario	Quota p.c.	Prof. Pozzo	Q media l/sec	Data rilievo	Liv. Statico	Note
Studio progresso RFI(1993)	Parei	14-B	ALBENGA	VALLE DEL NEVA (BASTIA)	23	11	6	16/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	15-B	ALBENGA	VALLE DEL NEVA (BASTIA)	20	30	5	16/07/1993	9	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	16-B	ALBENGA	PAREI	36	68		16/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	17-B	ALBENGA	CIAMBOSCHI	46	63		16/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	21-B	ALBENGA	CIMITERO DI LECA	9,4	7	0,4	16/07/1993	5,4	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	22-B	ALBENGA	ROGIONE PIAMBOSCHI	38	95	25	16/07/1993	9	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	23-B	ALBENGA	LECA	13	57		17/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	24-B	ALBENGA	POGGI DI LECA	30	52	2	17/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	25-B	ALBENGA	POGGI DI LECA	21	20		17/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	26-B	ALBENGA	PERNICE	18,2	7		17/07/1993	13,9	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	27-B	ALBENGA	PAREI	36	67	2	17/07/1993	2,7	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	36-B	ALBENGA	PERNICE	18,4	9	2	18/07/1993	12,4	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	37-B	ALBENGA	COSTA POGGI	36,5	112	in disuso	20/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	38-B	ALBENGA	COSTA POGGI	33	80	5	20/07/1993	3,8	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	39-B	ALBENGA	COSTA POGGI	37	55		20/07/1993	3,2	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	40-B	ALBENGA	ENESI	36	35		20/07/1993	29,9	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	45-B	ALBENGA	S. STEFANO	32	8	1,6	21/07/1993	27	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	46-B	ALBENGA	S. STEFANO	75	84		21/07/1993	asciutto	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	47-B	ALBENGA	S. STEFANO	50	35		21/07/1993	33	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	48-B	ALBENGA	S. STEFANO	23,5	10	2	21/07/1993	18,1	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	49-B	ALBENGA	S. STEFANO	23,4	12		21/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	57-B	ALBENGA	VALLE DEL NEVA (BASTIA)	15	14		21/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	65-B	ALBENGA	PERNICE	17,7	107	20	23/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	66-B	ALBENGA	PERNICE	17,7	40		23/07/1993	13,6	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	67-B	ALBENGA	PERNICE	19	32		23/07/1993	14	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	68-B	ALBENGA	PAREI	37	62		23/07/1993	N.D.	

DATABASE POZZI										
Fonte dato	Galleria	Numero	Comune	Località o proprietario	Quota p.c.	Prof. Pozzo	Q media l/sec	Data rilievo	Liv. Statico	Note
Studio progresso RFI(1993)	Parei	78-B	ALBENGA	LECA	12,1	12		24/07/1993	7,7	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	79-B	ALBENGA	LECA	12,1	10		24/07/1993	7,7	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	80-B	ALBENGA	LECA	12,1	12		24/07/1993	7,8	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	85-B	ALBENGA	LECA	14	11		24/07/1993	8,6	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	87-B	ALBENGA	TORRE PERNICE	26	90		24/07/1993	N.D.	non accessibile
Studio progresso RFI(1993)	Parei	88-B	ALBENGA	CIAMBOSCHI	35	68	5	24/07/1993	9	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	102-B	ALBENGA	POGGI DI LECA	26	80		24/07/1993	-2	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	103-B	ALBENGA	POGGI DI LECA	30	70	3	26/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	104-B	ALBENGA	POGGI DI LECA	28	104		26/07/1993	-2	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	106-B	ALBENGA	POGGI DI LECA	24	50		26/07/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	107-B	ALBENGA	CIAMBOSCHI	35	48		26/07/1993	13	dato fornito dal proprietario, costante annualmente
Studio progresso RFI(1993)	Parei	183-B	ALBENGA	LECA	22,6	75	6	03/08/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	184-B	ALBENGA	ABBO	26	34	2	03/08/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	185-B	ALBENGA	CAMPOCHIESA	26	20	3,5	03/08/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	186-B	ALBENGA	LECA	19	32	3	03/08/1993	N.D.	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	187-B	ALBENGA	PERNICE	19	11		03/08/1993	13,9	
Studio progresso RFI(1993)	Parei	198-B	ALBENGA	S. STEFANO	60	32		05/08/1993	N.D.	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		1-C	BORGIO	ACQ. COM. FINALBORGO	21	34	15		14	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		2-C	FINALE PIA	FINAL PIA	11	23,8	2		9	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		3-C	FINALE MARINA	CASE ROSSE	15	35	20		11	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		4-C	FINALE MARINA	GHIGLIAZZA	15	45	10		10	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		5-C	FINALE PIA	ACQ.COM. VIA SANTUARIO	10	30	35		N.D.	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		6-C	FINALE MARINA	ACQ. FINAL BORGO	15	42	10		6	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		7-C	BORGIO VEREZZI	ACQ.COM.	10	43	11,5		5	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		8-C	BORGIO VEREZZI	ACQ.COM.	15	20	6,5		9	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		9-C	BORGIO VEREZZI	ORSERO	17	62	2		7	

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	83 di 120

Relazione idrogeologica

DATABASE POZZI										
Fonte dato	Galleria	Numero	Comune	Località o proprietario	Quota p.c.	Prof. Pozzo	Q media l/sec	Data rilievo	Liv. Statico	Note
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		10-C	BORGIO VEREZZI	ACQ.COM.	5	25	22		2	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		11-C	LOANO	VIGNAZZE PARODI	10	45	chiuso		N.D.	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		12-C	BORGIO CASTELLO	ACQ. BULASCE	38	82,5	20		27	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		13-C	BORGIO CASTELLO	ACQ. BULASCE	39,5	557	20		28	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		14-C	BORGIO CASTELLO	ACQ.COM. - FIEI	25	50	20		20	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		15-C		ACQ.COM. - FIEI 2	25	50	20		N.D.	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		16-C	LOANO	VILLA BASSANI	10	55	8,3		6	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		17-C	LOANO		10	52	4		7	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		18-C	PATTARELLO	TESTORE MARIUCCIA 2	38	35	2		27	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		19-C	PATTARELLO	TESTORE MARIUCCIA 1		32		chiuso	21	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		20-C	PATTARELLO	LAMIANO - ROBA	38	25	2		26	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		21-C	PATTARELLO	ACQ. COM. CRESCIA	29	21			23	stagionale
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		22-C	PATTARELLO	GIUSTO SIMONE	24	30	6,6		13	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		23-C	PATTARELLO	ACQ. COM. CRESCIA 2	28	21	13,5		22	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		24-C	BORGHEITTO S.SPIRITO	COLONIA VANONII	10	20	1,5		7	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		25-C	CERIALE	ACQ. COM. S. ROCCO 1	20	30,3	18,5		12	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		26-C	CERIALE	ACCORNERO	30	45	16,6		23	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		27-C	CERIALE	ACQ. TORSERO 4	18	60	23,3		8	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		28-C	CERIALE	VIGO F.E. PARODI	15	35	11,1		20	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		29-C	CIAMBOSCHI	BARONE	55	49	8,3		20	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		30-C	CIAMBOSCHI	BONFANTE	50	58	11,5		21	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		31-C	CAMPOCHIESA	SCHIVO B.	35	20	3,4		26	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		32-C	CAMPOCHIESA	DELLA VALLE	26	34	2		18	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		33-C	S. ANTONINO	ZORELLI - CENESI	78	32	6,6		70	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		34-C	S. ANTONINO	PINTO	74	60	3,3		69	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		35-C		GIRIBALDI - CENESI	78	30	1,1		70	

DATABASE POZZI										
Fonte dato	Galleria	Numero	Comune	Località o proprietario	Quota p.c.	Prof. Pozzo	Q media l/sec	Data rilievo	Liv. Statico	Note
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		36-C		BARTOLOMEO - CENESI	71,5	35	1,4		70	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		37-C	ALBENGA	DEMICHELIS 1	4	30	8,3		2	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		38-C	ALBENGA	DE MICHELIS 2	4	36,5	30		2	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		39-C	LECA	DELFINO - LECA	37	75	6,6		13	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		40-C	LECA	VIGO - LECA	29	32	2,8		18	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		41-C	LECA	BALBIS - LECA	28	76	5		13	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		42-C	BASTIA	ANFOSSI	30	21	26,6		24	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		43-C	BASTIA	CAMPO CINOFILI	40	17	18,6		31	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		44-C	LUSIGNANO	STAZ. ESSO BURLANDO	28	50	6,6		19	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		45-C	LUSIGNANO	ZUCCO	29,5	25	10		19	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		46-C	LUSIGNANO	CANTIERE NAVALE	31	26	4		20	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		47-C	S. FEDELE	ACQ. TORSERO 4	18	60	23,3		8	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		48-C	ALASSIO	ALBERGO SAVOIA	6,5	11	chiuso		3	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		49-C	ALASSIO	ALBERGO SUISSE	5	19	chiuso		3,5	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		50-C	ALASSIO	CAVALCAVIA FF.SS.	19	13,7	chiuso		N.D.	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		51-C	LAIGUEGLIA	CONTE LE PARODI	55	11	chiuso		N.D.	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		52-C	LAIGUEGLIA	HOTEL MEDITERRANEO 1	10	13	chiuso		N.D.	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		53-C	LAIGUEGLIA	CONTE 2	30	12	chiuso		N.D.	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		54-C	LAIGUEGLIA	HOTEL MEDITERRANEO 2	10	18	chiuso		N.D.	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		55-C	MARINO	ACQ. COM. MARINO	21	27	0,25		7	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		56-C	CAST. ANDORA	ACQ. PRIVATO S. LAZZARO	20	45	25		N.D.	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		57-C	CAST. ANDORA	ACQ. PRIVATO S. LAZZARO	10	45	25		N.D.	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		58-C	S. LAZZARO	ACQ. COM. DIANO MARINA	9	39,6	20		5	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		59-C	S. LAZZARO	ACQ. TORSERO 4	18	60	2		8	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		60-C	CAPOMELE	MOMIGLIANI 2	105	60	2		N.D.	
Studio progresso Ente Ferrovie dello Stato (1990)		61-C	CAPOMELE	MOMIGLIANI 1	110	89,2	chiuso		N.D.	

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO

Relazione idrogeologica
IV01 00 D 69 RG GE0002 001 A 85 di 120

DATABASE POZZI										
Fonte dato	Galleria	Numero	Comune	Località o proprietario	Quota p.c.	Prof. Pozzo	Q media l/sec	Data rilievo	Liv. Statico	Note
Comune di ToVo San Giacomo (2009)		1-H	BORGIO VEREZZI		14				N.D.	pozzo irriguo privato
Comune di ToVo San Giacomo (2009)		3-H	BORGIO VEREZZI		10,5				N.D.	pozzo potabile a servizio del Comune di Borgo Verezzi
Comune di ToVo San Giacomo (2009)		5-H	BORGIO VEREZZI						N.D.	scanco del drenaggio della galleria autostradale Monte Grosso
Comune Borgo Verezzi (2010)	Caprazoppa	1-I	BORGIO VEREZZI	PROP. MAGLIO		6,55				pozzo domestico
Comune Borgo Verezzi (2010)	Caprazoppa	2-I	BORGIO VEREZZI	PROP. MODENA		5,35				pozzo domestico
Comune Borgo Verezzi (2010)	Caprazoppa	3-I	BORGIO VEREZZI	PROP. MODENA		8,23				pozzo domestico
Comune Borgo Verezzi (2010)	Caprazoppa	4-I	BORGIO VEREZZI	PROP. MODENA		5				pozzo domestico
Comune Borgo Verezzi (2010)	Caprazoppa	5-I	BORGIO VEREZZI	PROP. FINOCCHIO		9,52				pozzo domestico
Comune Borgo Verezzi (2010)	Caprazoppa	6-I	BORGIO VEREZZI	PROP. COMUNE						chiuso
Comune Borgo Verezzi (2010)	Caprazoppa	7-I	BORGIO VEREZZI	PROP. CAPELLANO		7,3				pozzo domestico
Comune Borgo Verezzi (2010)	Caprazoppa	8-I	BORGIO VEREZZI	PROP. CAPELLANO		8,22				pozzo domestico
Dott. Geol. Macciò	Croce	1-F	CERIALE	PEAGNA		80				pozzo potabile del Comune abbandonato per scarsità acqua
Dott. Geol. Macciò	Croce	2-F	CERIALE	PEAGNA		210	0,3-0,5		80	
Dott. Geol. Macciò	Croce	3-F	CERIALE	ROSSINA		114	1,5			
Dott. Geol. Macciò	Croce	4-F	CERIALE	ROSSINA		110			N.D.	
Dott. Geol. Macciò	Croce	5-F	CERIALE	ROSSINA		65			N.D.	
Dott. Geol. Macciò	Croce	6-F	CERIALE	PEAGNA		100	1,5			acqua di ottima qualità, monitorato qualitativamente da molti anni
Dott. Geol. Macciò	Croce	7-F	CERIALE	PEAGNA		206			100	
Dott. Geol. Macciò	Croce	8-F	CERIALE	ROSSINA						verrà realizzato a breve
Relazione illustrativa Dott. Geol. Filippi (1994)		5-G	PIETRA LIGURE	VIA F. CRISPI		65				
Relazione illustrativa Dott. Geol. Filippi (1994)		6-G	PIETRA LIGURE	VIA F. CRISPI		40				
Relazione illustrativa Dott. Geol. Filippi (1994)		7-G	PIETRA LIGURE	LOC. CORTI		65				
Relazione illustrativa Dott. Geol. Filippi (1994)		8-G	PIETRA LIGURE	VIA N. SAURO CAMPETTO CALCIO		75				

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	86 di 120

Relazione idrogeologica

Appendice 2

Grafici RQD e Lefranc

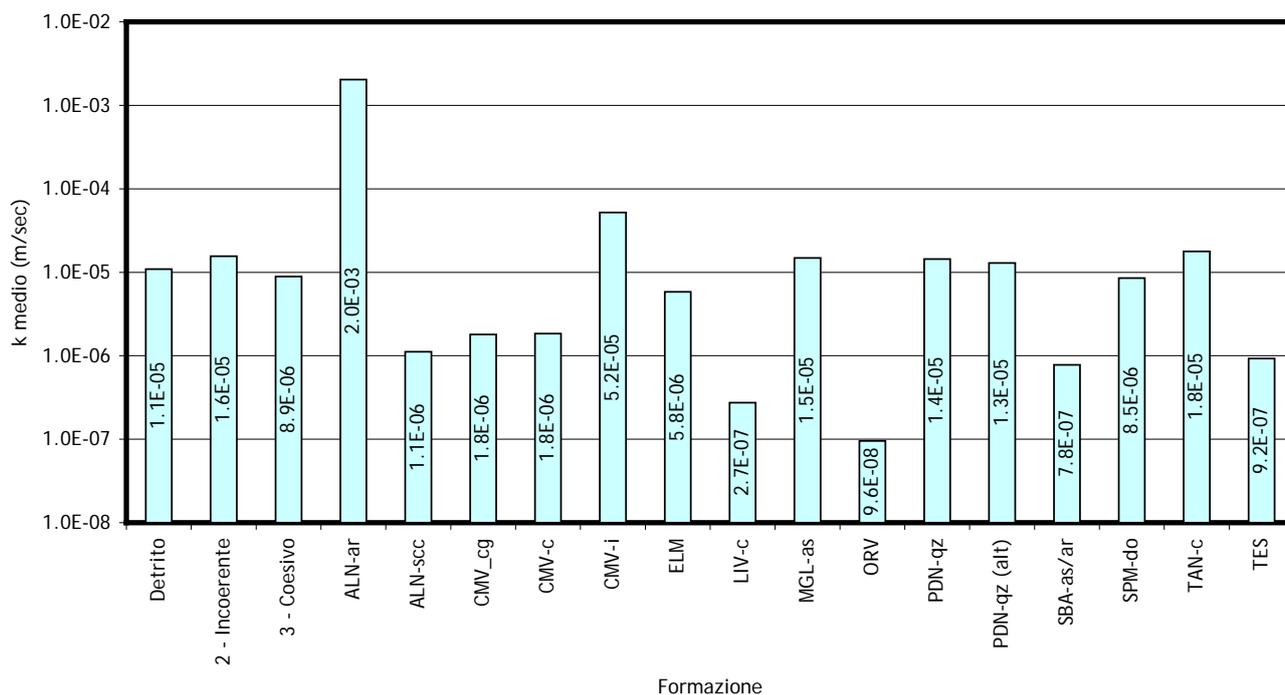
PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	87 di 120

Relazione idrogeologica

Il grafico di seguito riportato, estratto dalla relazione idrogeologica, indica per ogni formazione il valore medio di permeabilità dedotto dalle prove in foro.

Valori medi di k per le formazioni indagate mediante prove in foro tipo Lefranc o Lugeon



Valore medio del coefficiente di permeabilità ricavato dalle prove Lefranc e Lugeon eseguite in foro di sondaggio

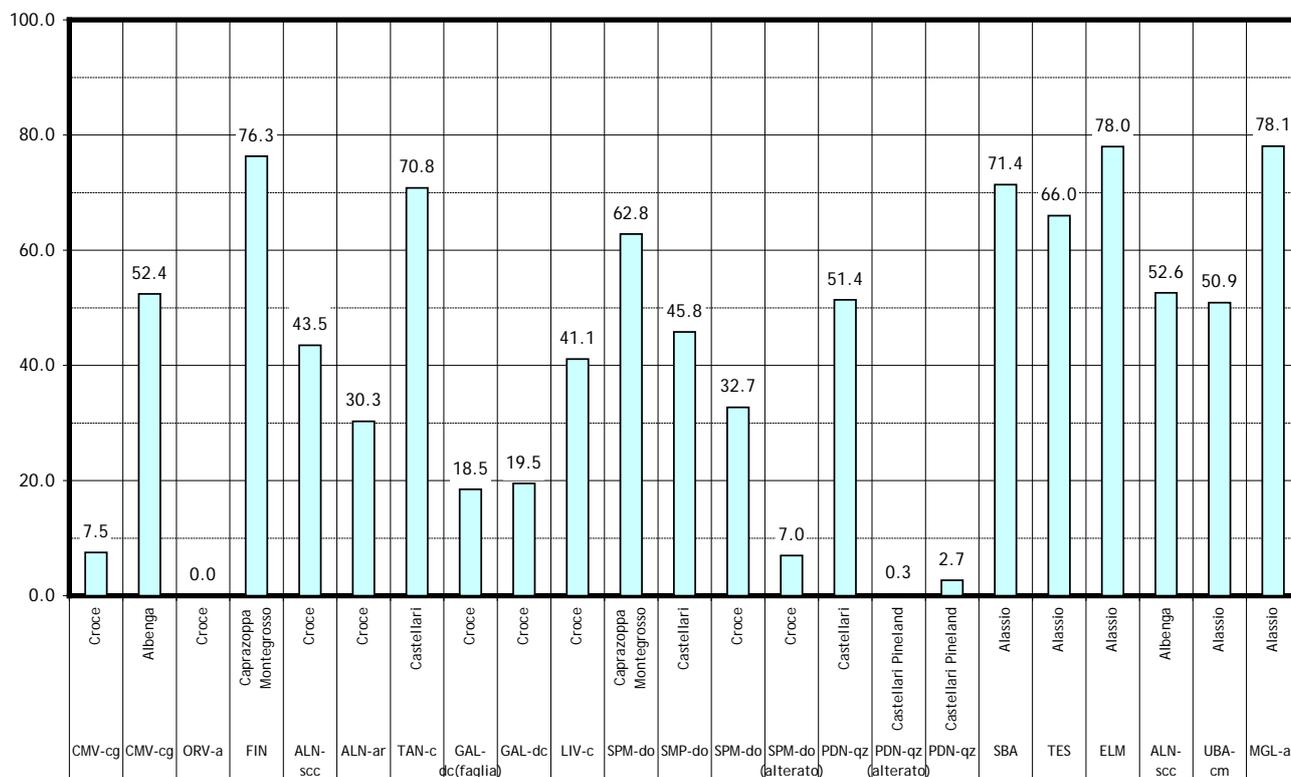
Nel grafico riportato in seguito, anche questo estratto dalla relazione idrogeologica, vengono indicati i valori di RQD medio per le formazioni intercettate dal tracciato. Visto l'abbondanza dei dati, il tracciato è stato suddiviso in aree, definite basandosi principalmente sulla distribuzione planimetrica delle prove. Le aree sono indicate nella tabella successiva. Facendo riferimento a questa tabella, se una formazione affiora in più aree, sono state eseguite più caratterizzazioni RQD. Ad esempio, per la formazione SPM-do è stata eseguita una media dei valori RQD dei sondaggi che ricadevano nell'area "Caprazoppa-Montegrosso", una media dei valori RQD dei sondaggi che ricadevano nell'area "Castellari" e una media dei valori di RQD dei sondaggi che ricadevano nell'area "Croce".

Dal sondaggio	Pk	Al sondaggio	Pk	Area
BH1	66+150	D3	69+920	Caprazoppa Montegrosso
MM1	71+650	BC1	74+800	Castellari
LO3	76+100	BH18	77+200	Castellari Pineland
CR2	77+740	CR4	80+670	Croce
PNL371O13	82+570	CU1 Vic 2001	87+140	Alberga
CU2 Vic 2001	91+610	PNL371O23	96+900	Alassio

PROGETTO DEFINITIVO

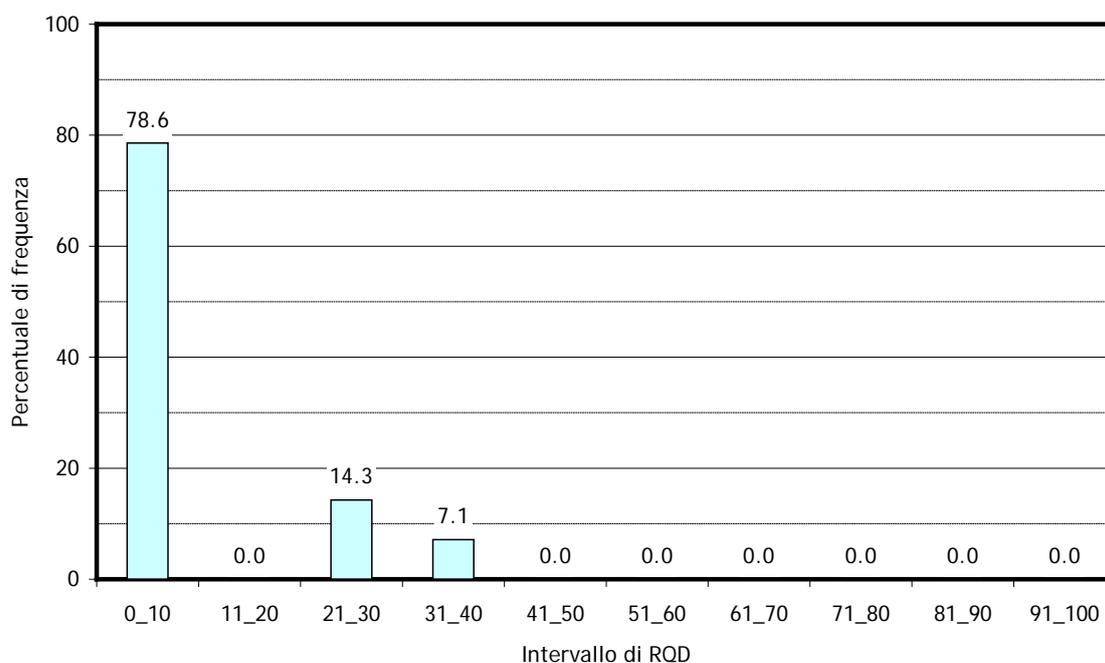
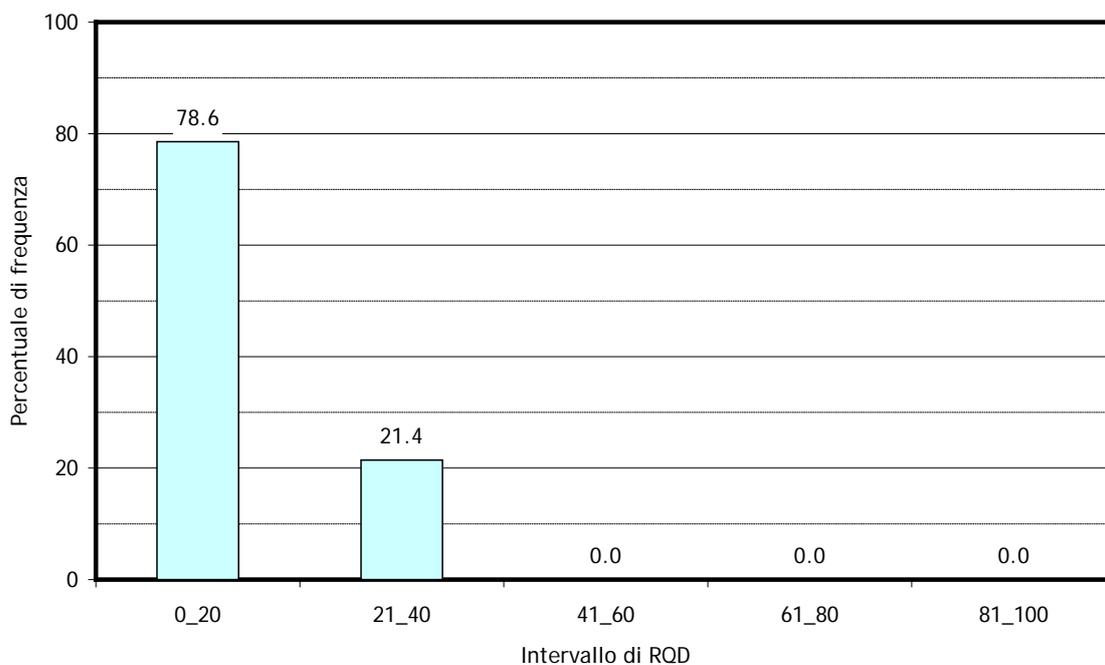
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	88 di 120

Relazione idrogeologica



In questa appendice vengono riportati i dati di base utilizzati per realizzare i due grafici precedenti. In particolare, per ogni singola formazione viene riportato un grafico che indica tutti i valori di permeabilità ottenuti dalle prove e un istogramma che indica la distribuzione di frequenza dei valori di RQD raggruppati in classi da 10 e da 20. Anche in questo caso, se la formazione affiora in più aree (in riferimento alla tabella precedente) viene riportato un grafico per ogni area.

Conglomerati di Monte Villa – CMV-cg, i, c

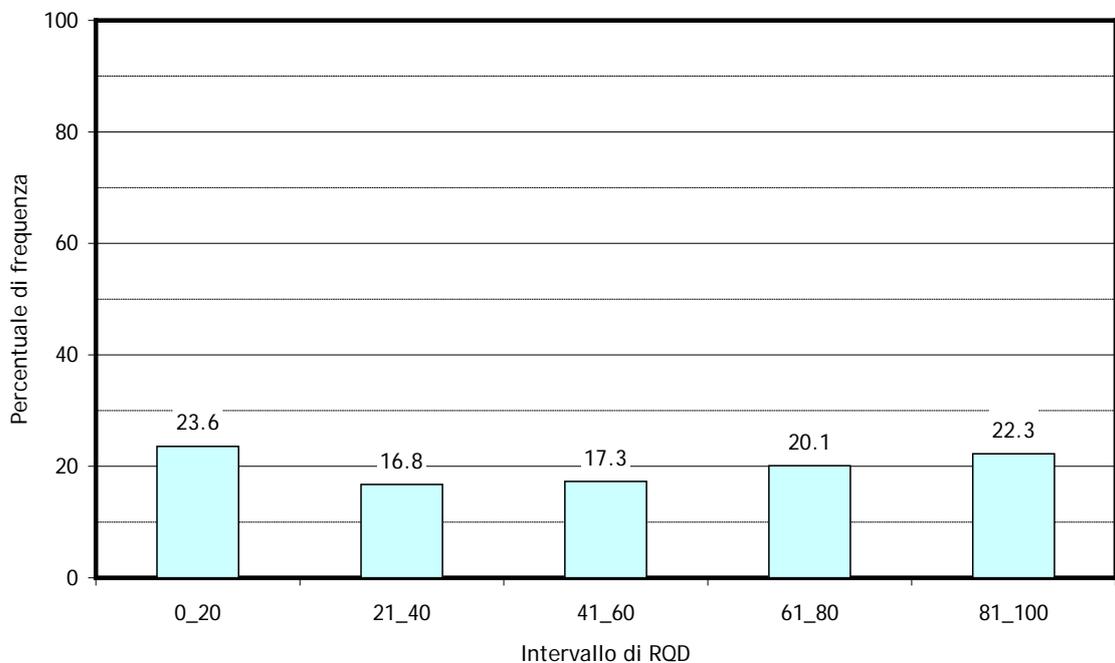
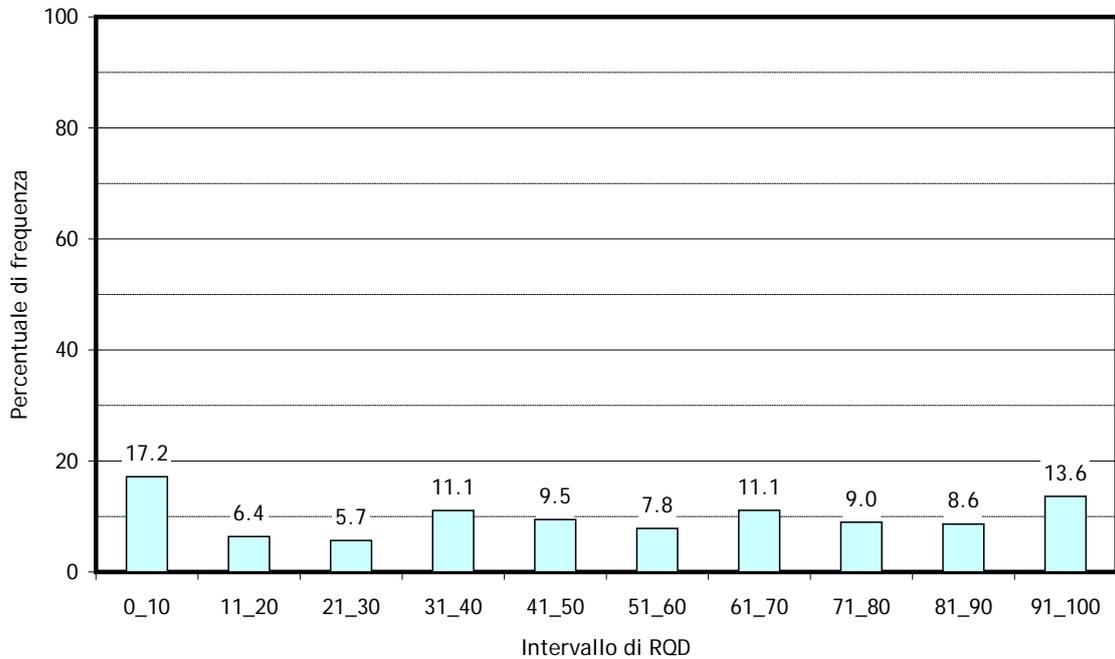


Formazione CMV-cg – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Croce. RQD medio: 7.5.

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	90 di 120

Relazione idrogeologica

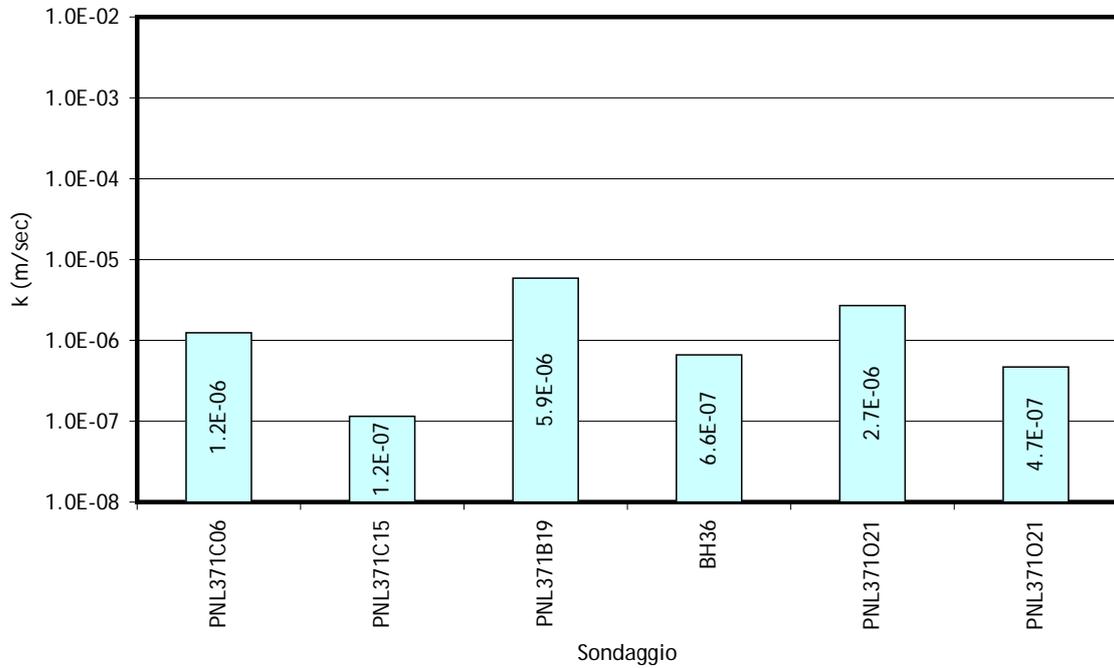


Formazione CMV-cg – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Albenga. RQD medio: 52.4

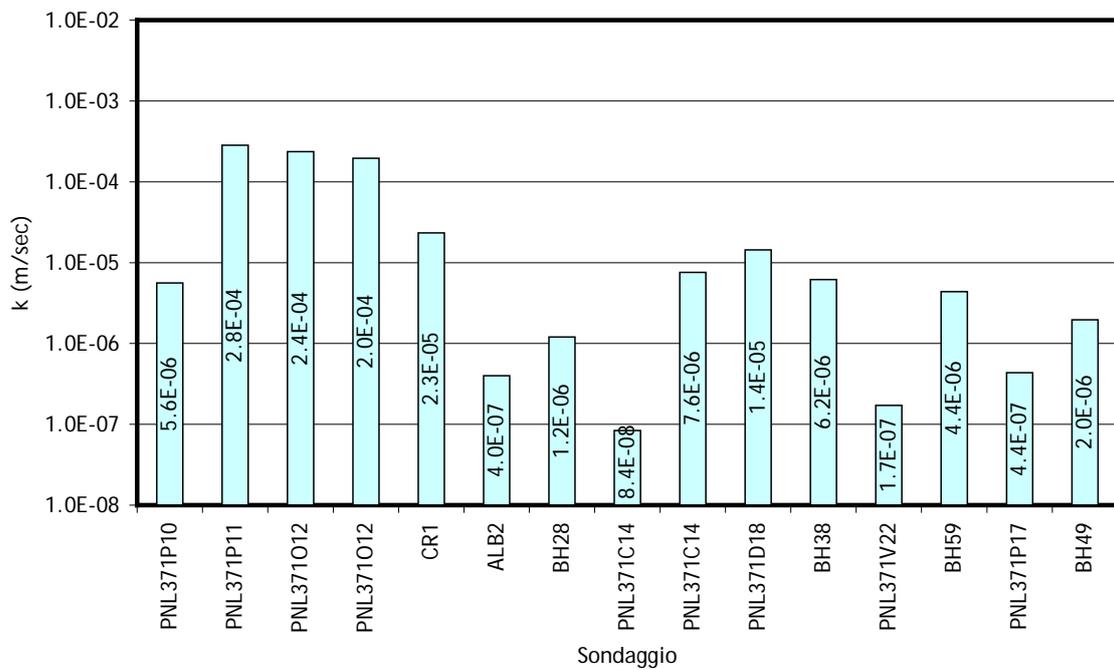
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	91 di 120

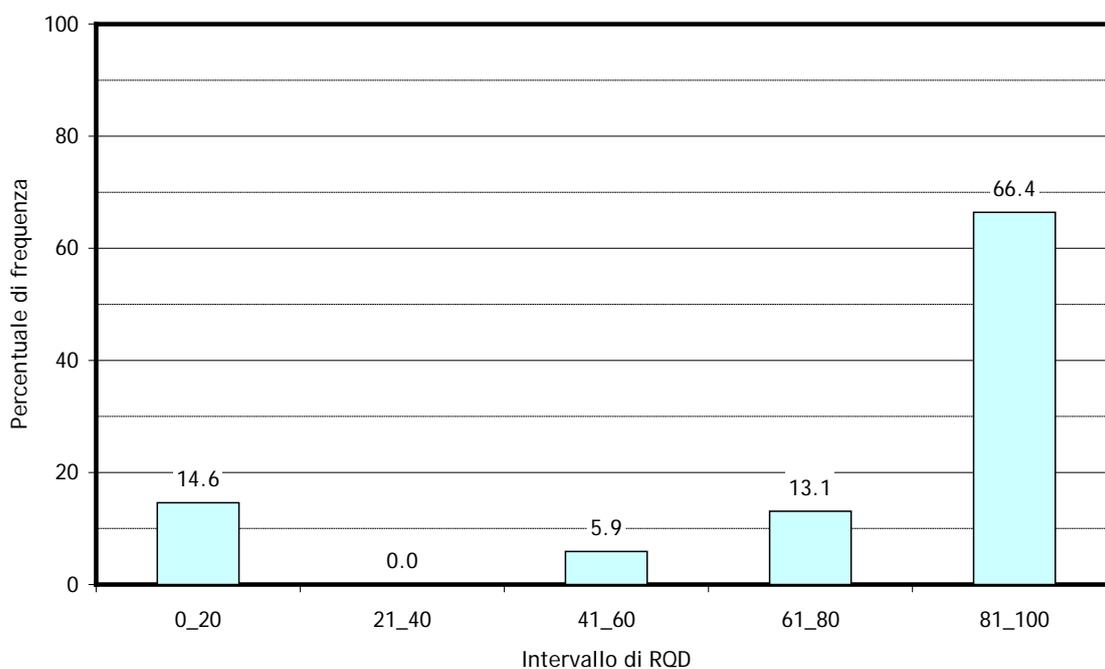
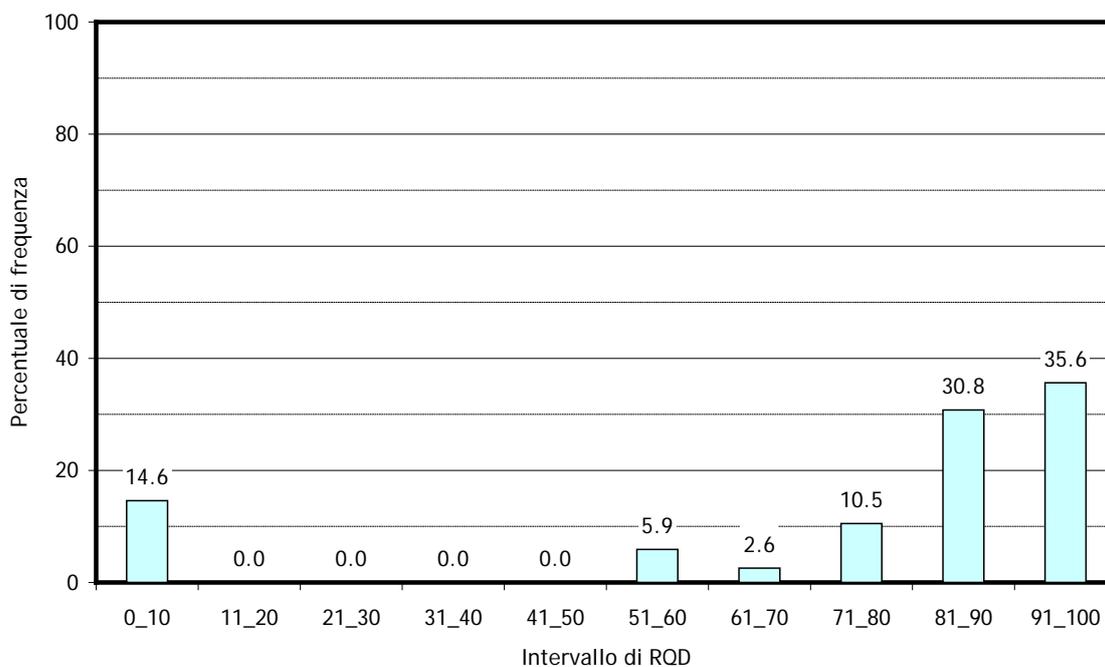


CMV-c – prove di permeabilità in foro



CMV-i – prove di permeabilità in foro

Calcarei di Finale Ligure – FIN-cb



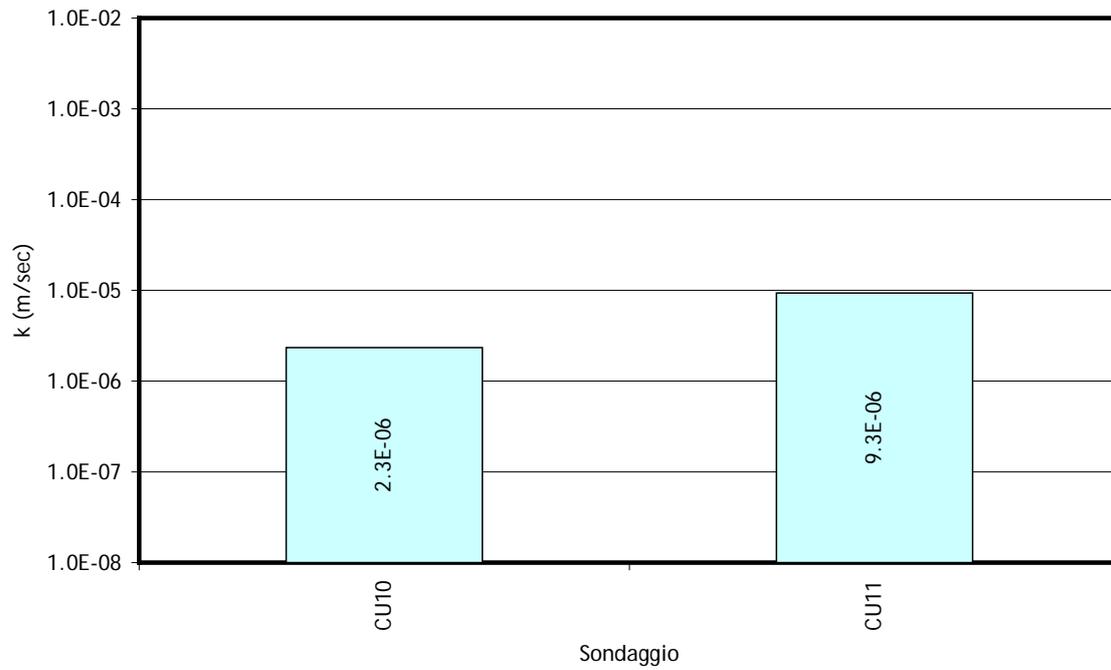
Formazione FIN – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Caprazoppa Montegrosso. RQD medio: 76.3.

PROGETTO DEFINITIVO

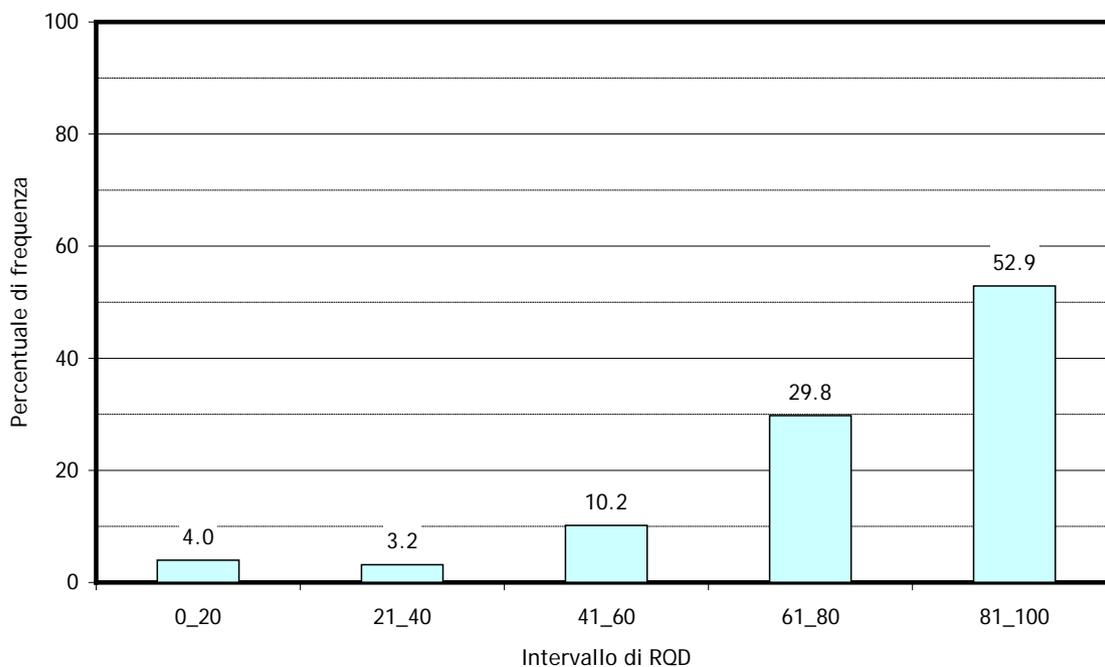
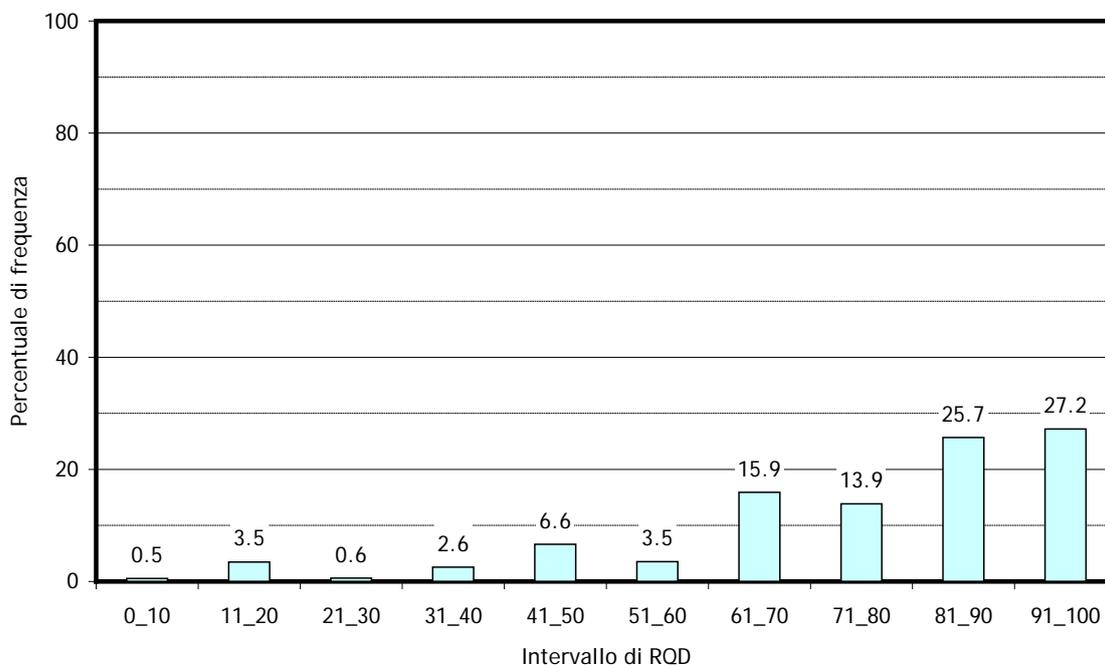
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	93 di 120

Relazione idrogeologica

Flysch di San Remo – ELM

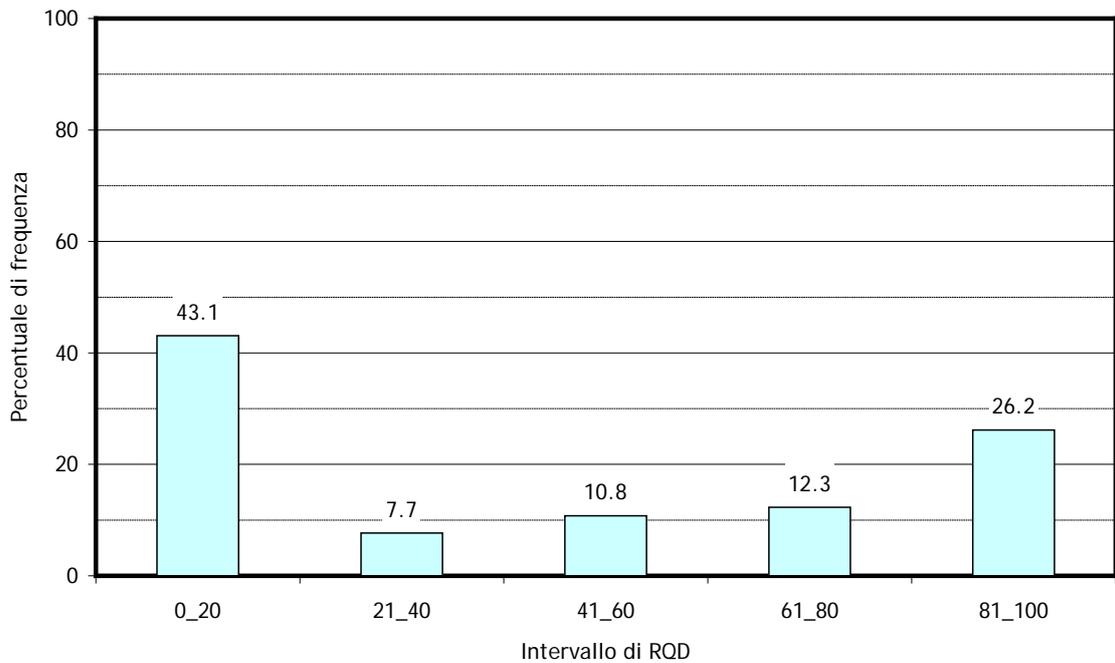
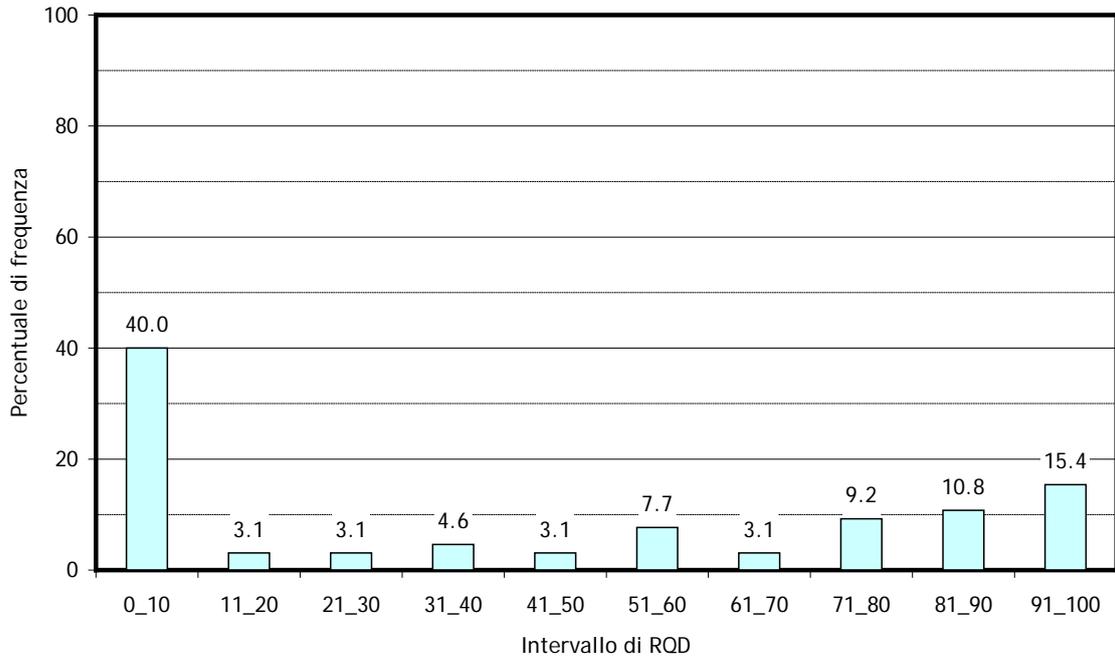


Formazione ELM – Prove di permeabilità in foro

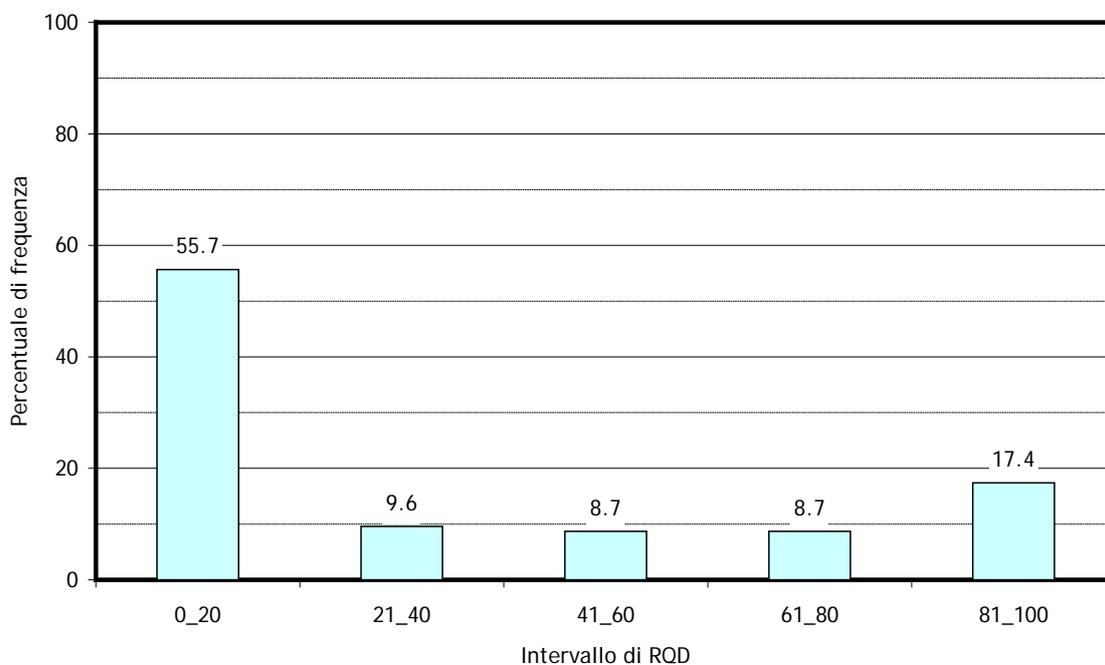
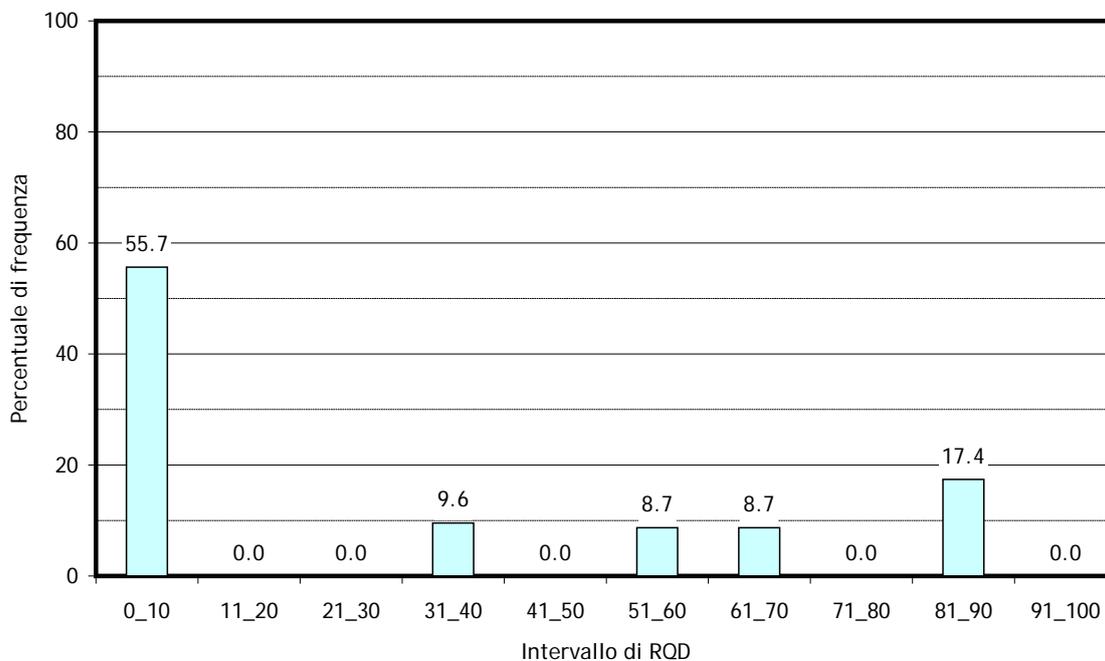


Formazione ELM – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Alassio. RQD medio: 78

Formazione di Albenga – ALN-scc, ar



Formazione ALN-scc – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Croce

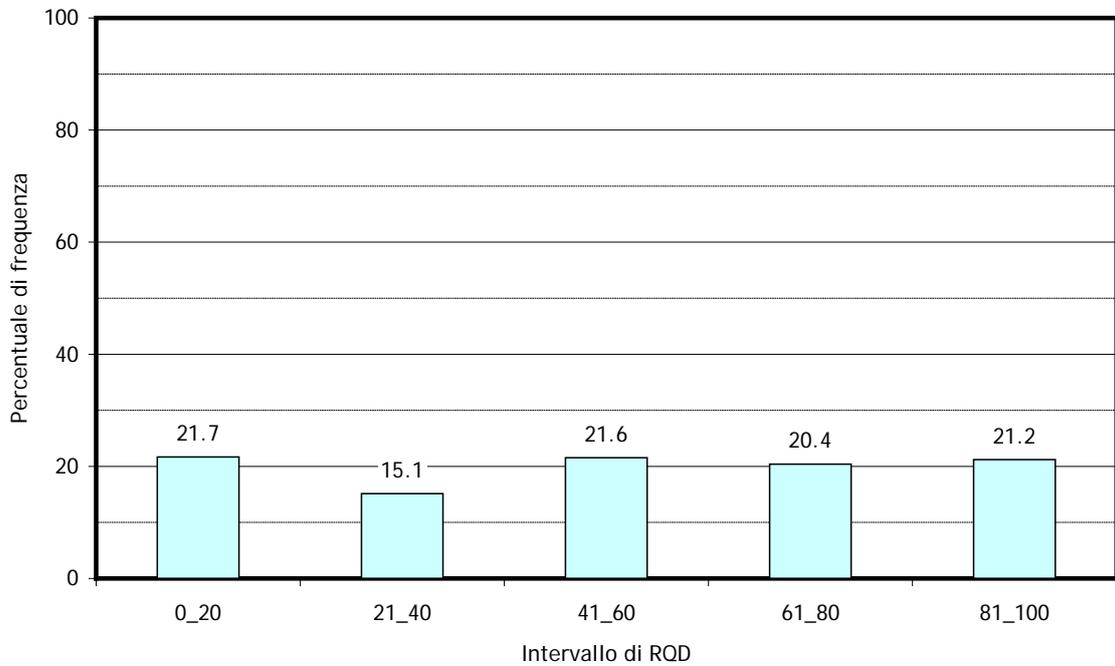
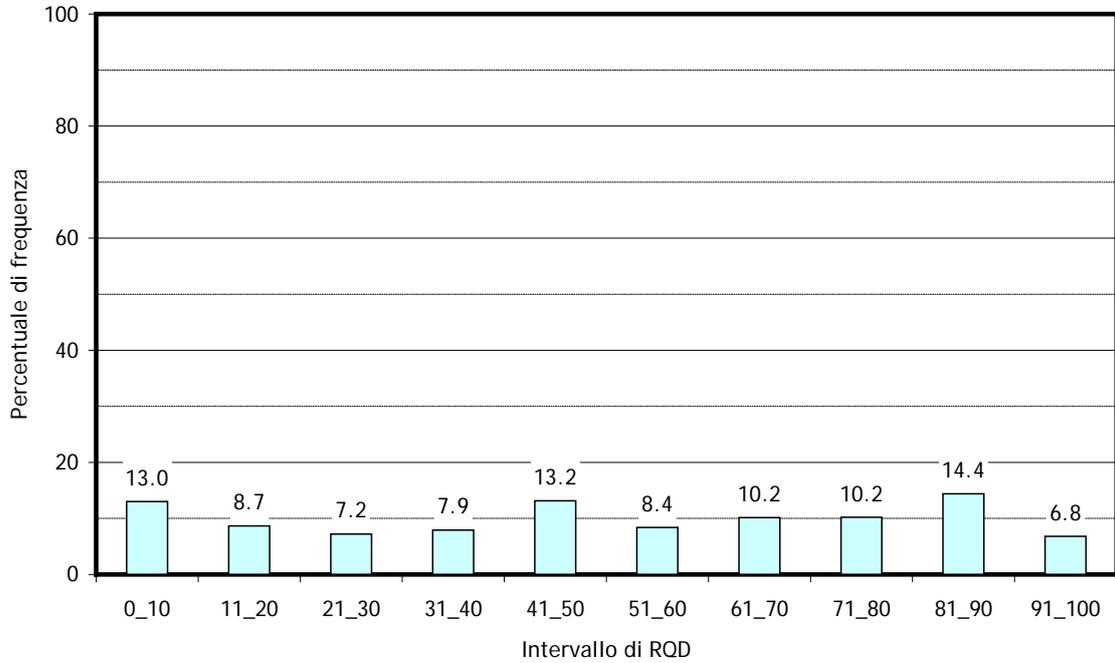


Formazione ALN-ar – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Croce. RQD medio: 30.3

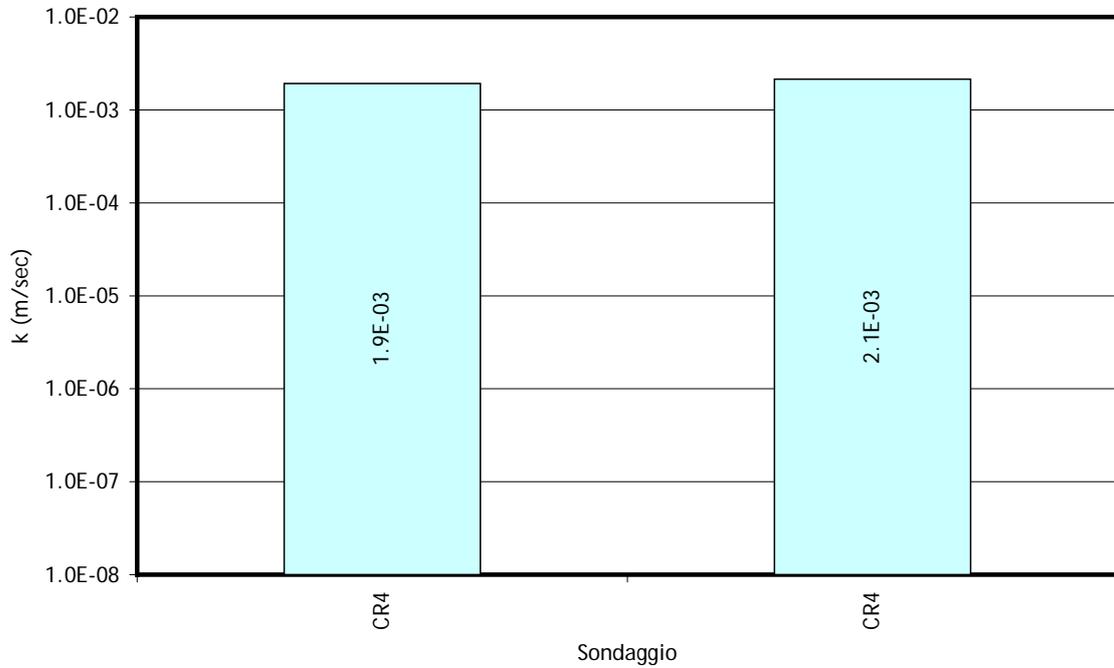
PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	97 di 120

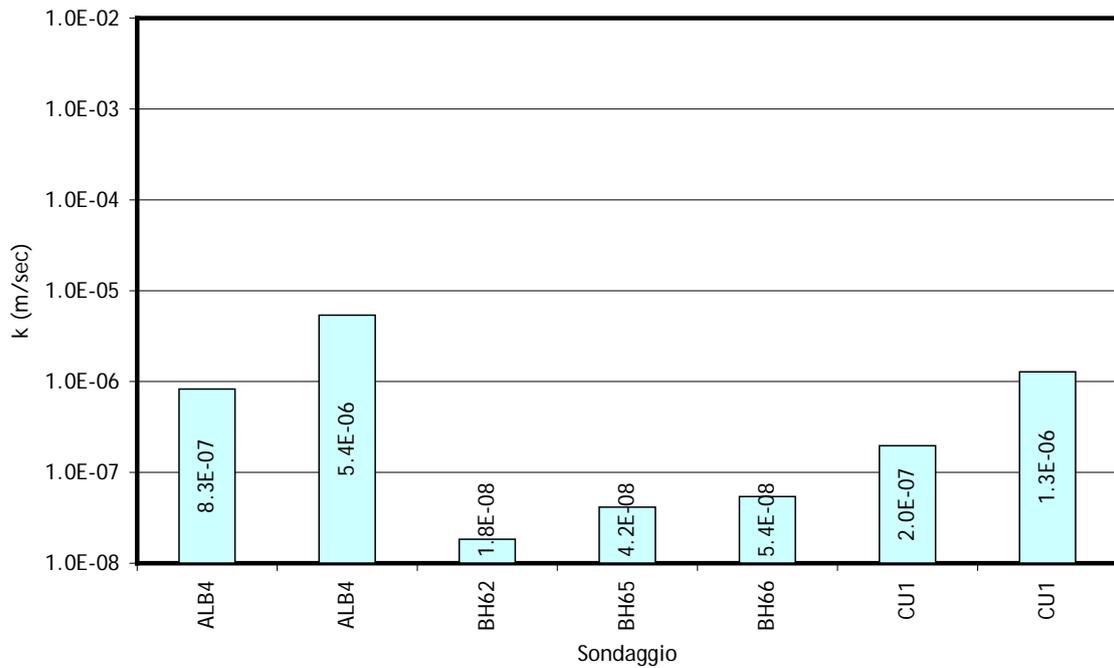
Relazione idrogeologica



Formazione ALN-scc – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Albenga. RQD medio: 52.6

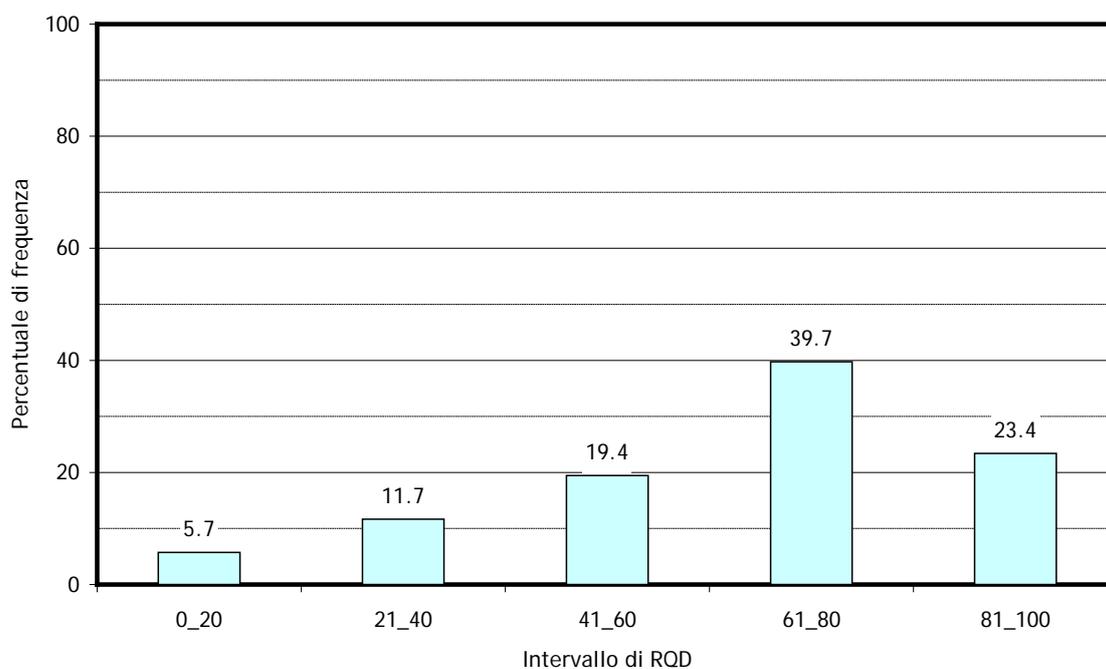
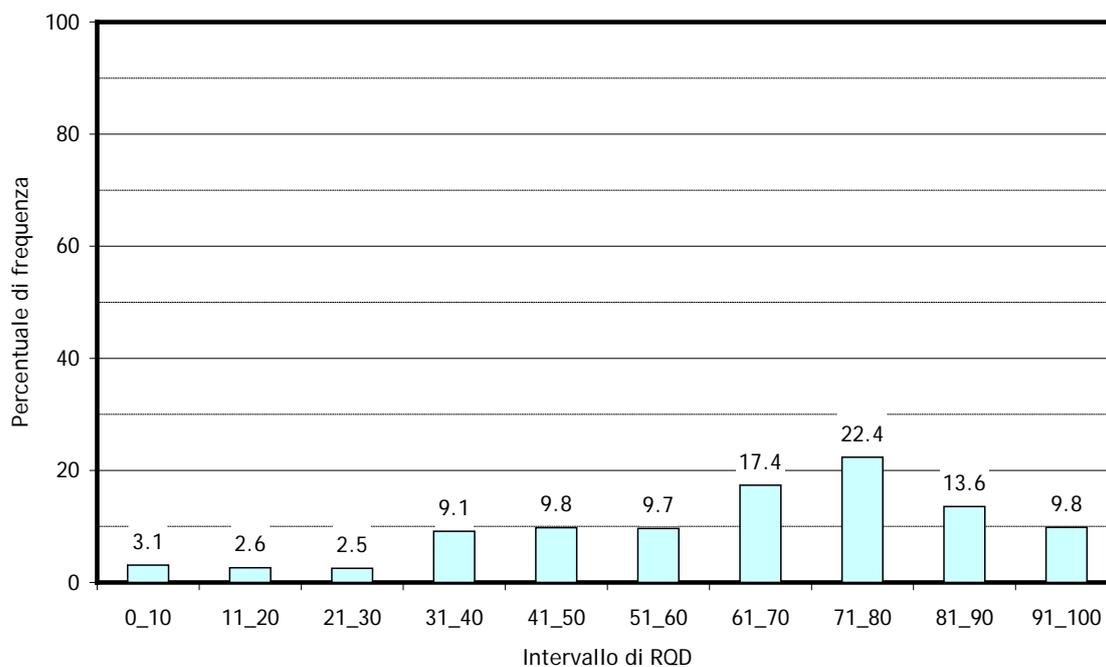


Formazione ALN-ar – Prove di permeabilità in foro



Formazione ALN-scc – Prove di permeabilità in foro

Formazione di Testico – TES-ar

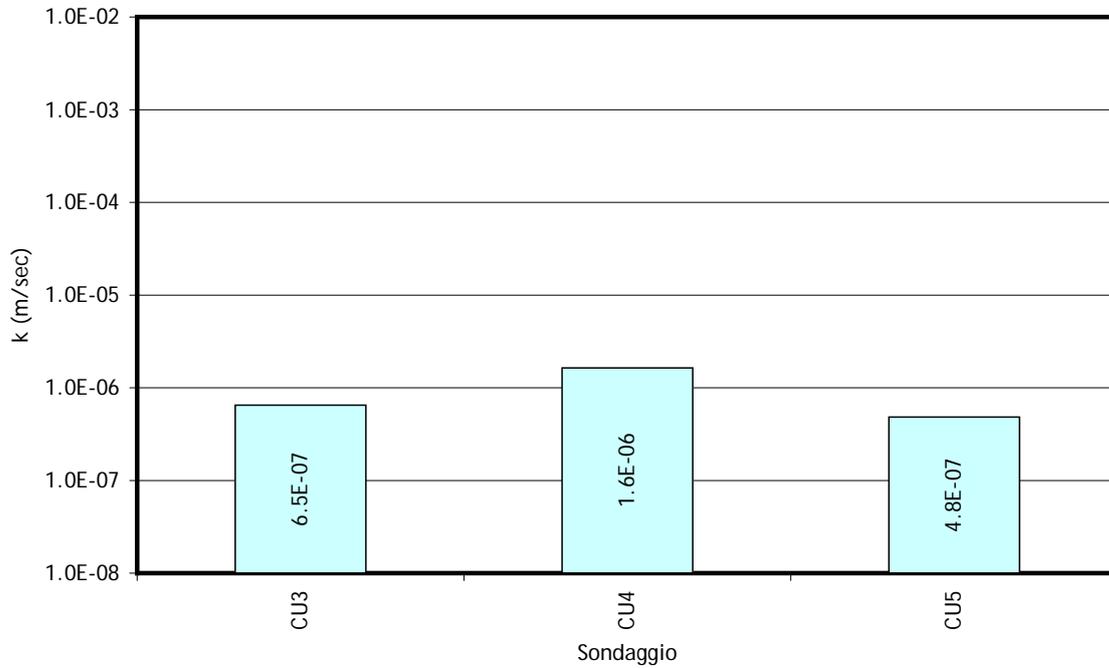


Formazione TES-ar – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Alassio. RQD medio: 66

PROGETTO DEFINITIVO

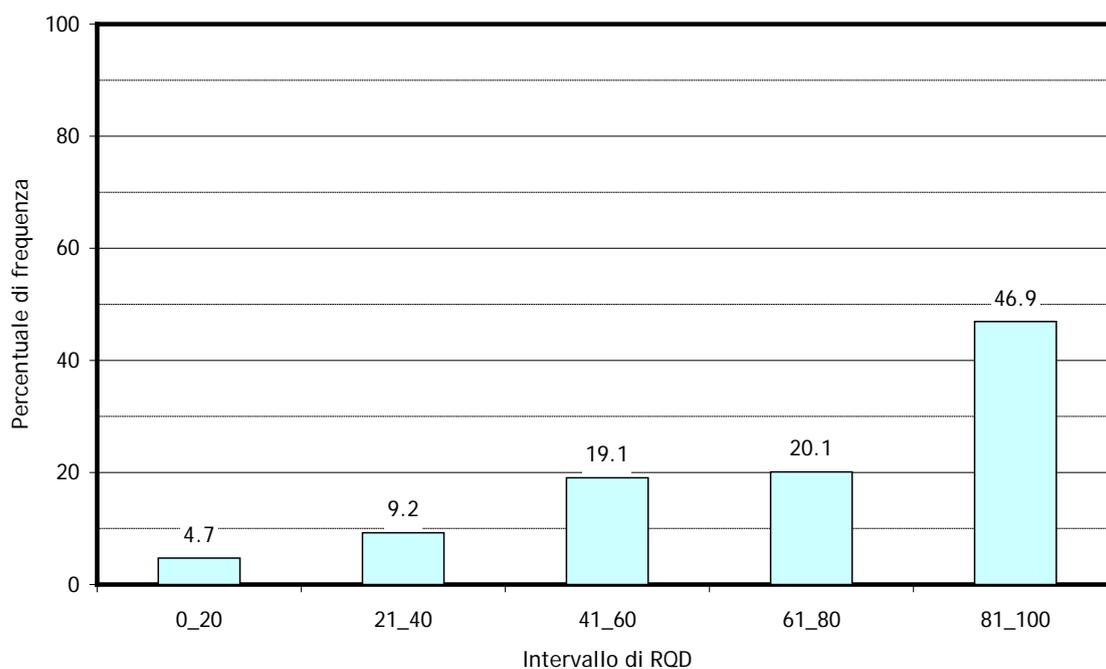
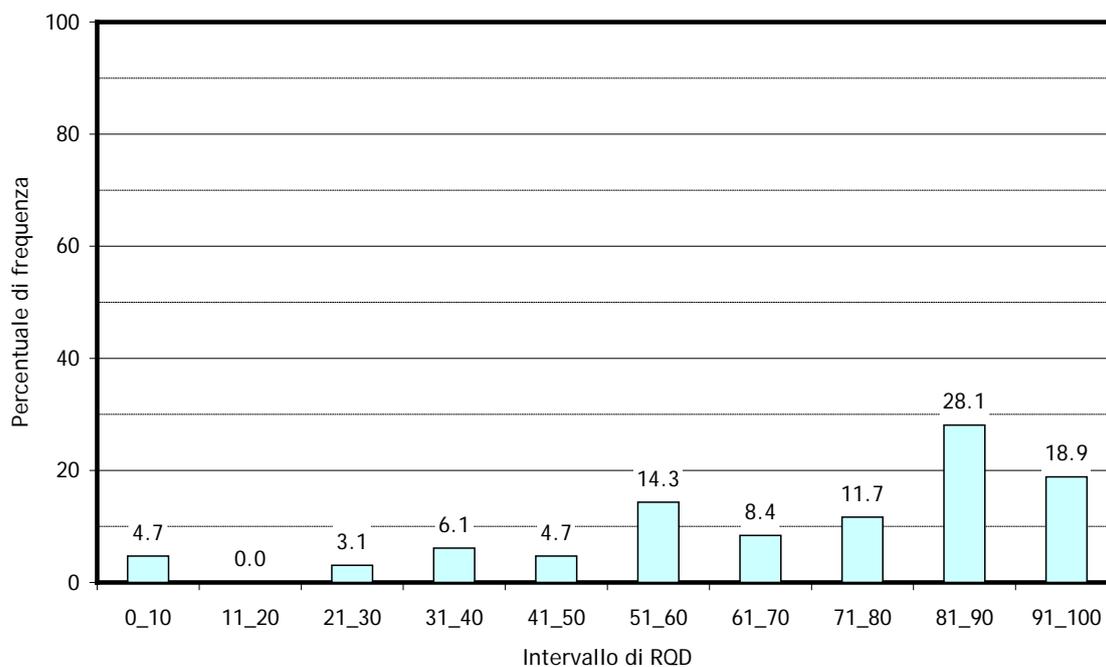
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	100 di 120

Relazione idrogeologica



Formazione TES-ar – Prove di permeabilità in foro

Formazione di San Bartolomeo – SBA-as/ar

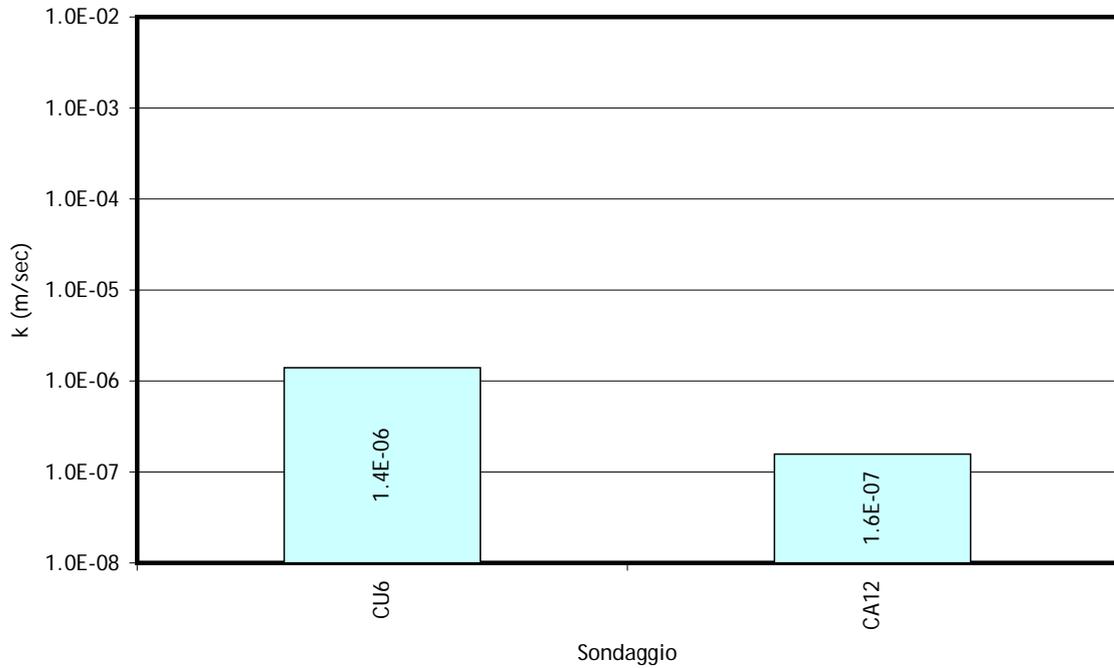


Formazione SBA-as/ar – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Alassio. RQD medio: 71.4

PROGETTO DEFINITIVO

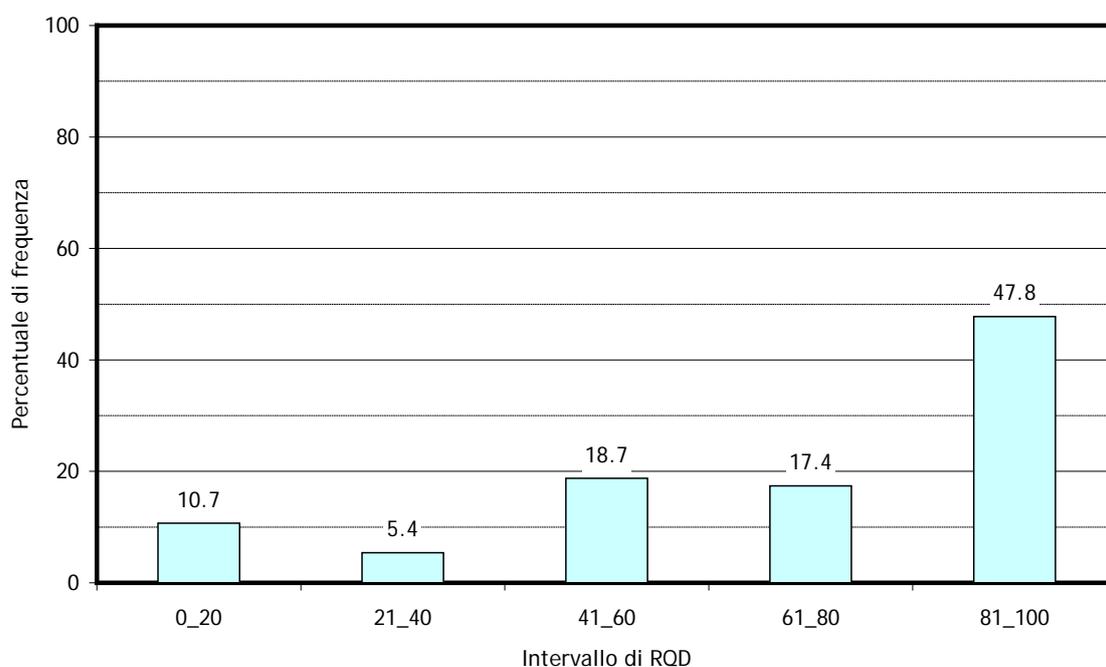
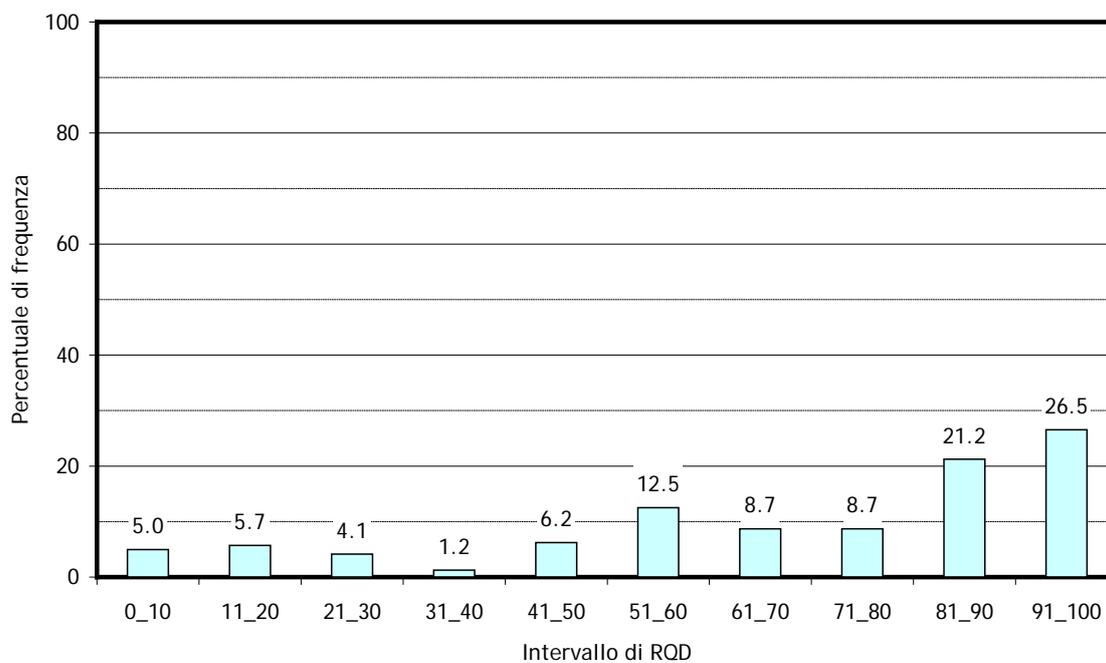
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	102 di 120

Relazione idrogeologica



Formazione SBA-as/ar – Prove di permeabilità in foro

Calcarei di Val Tanarello – TAN-c

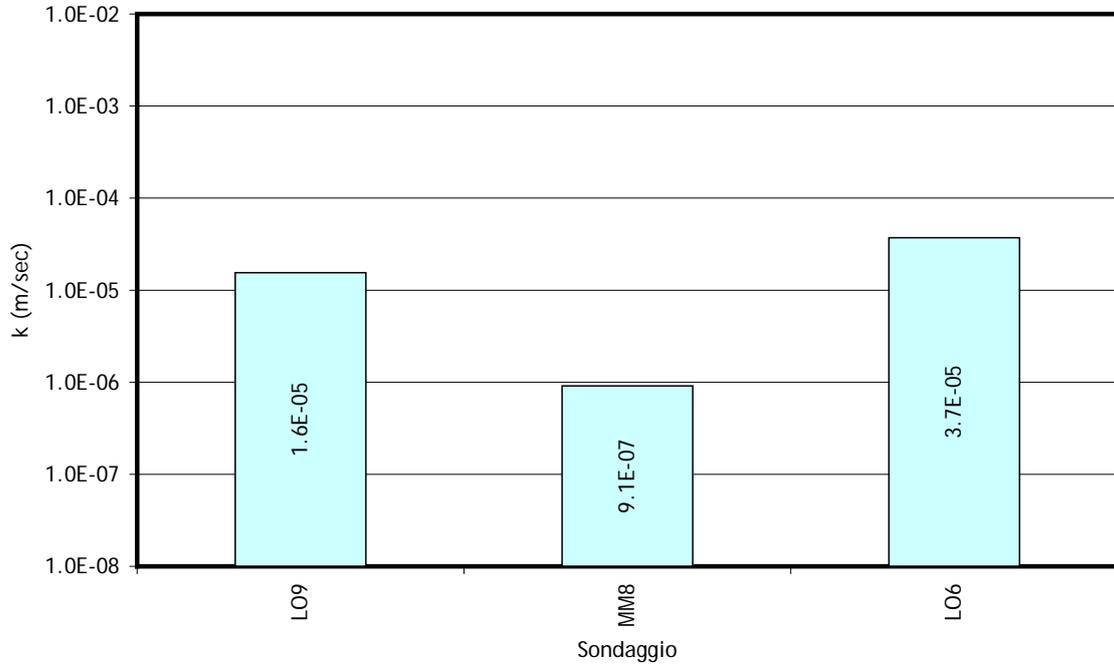


Formazione TAN-c – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Castellari. RQD medio: 70.8

PROGETTO DEFINITIVO

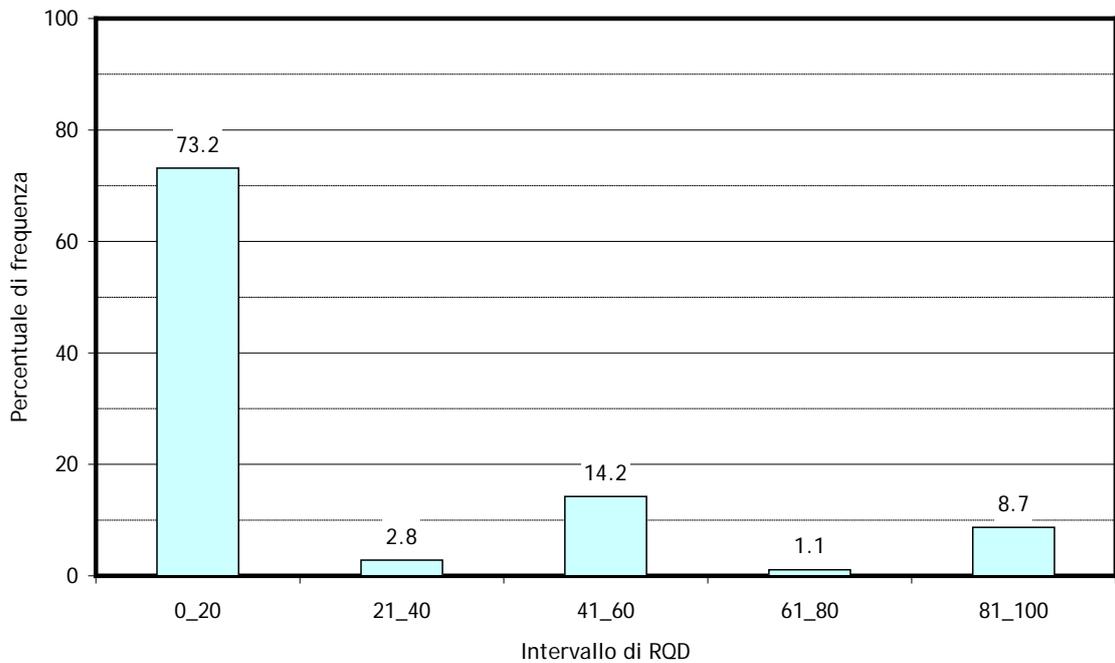
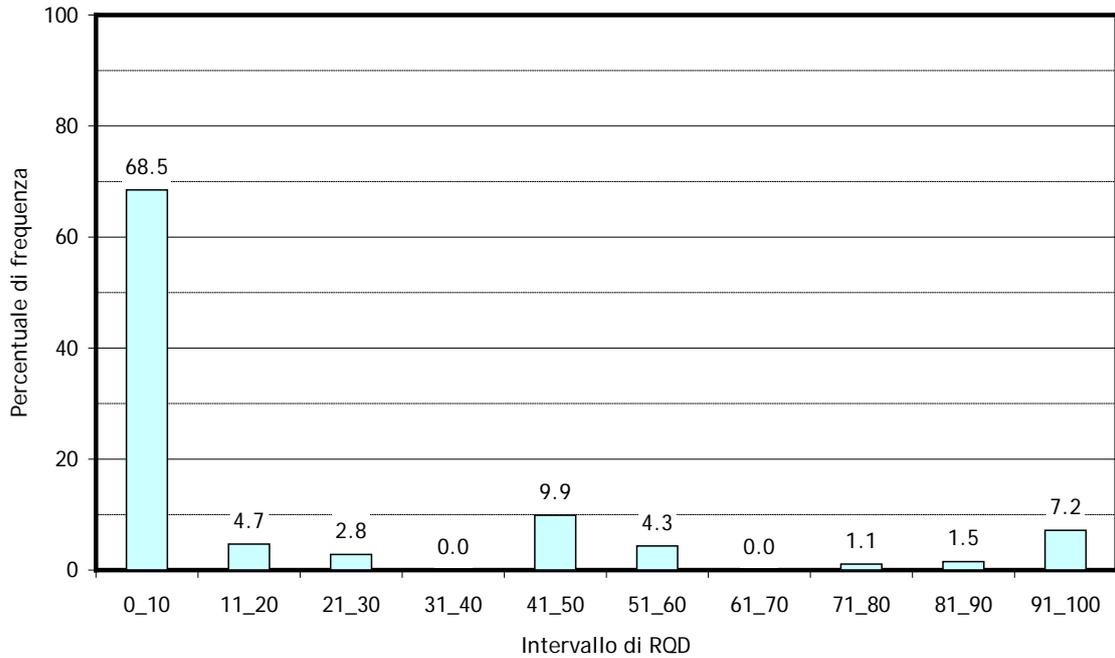
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	104 di 120

Relazione idrogeologica



Formazione TAN-c – Prove di permeabilità in foro

Brecce di Monte Galero – GAL-bc

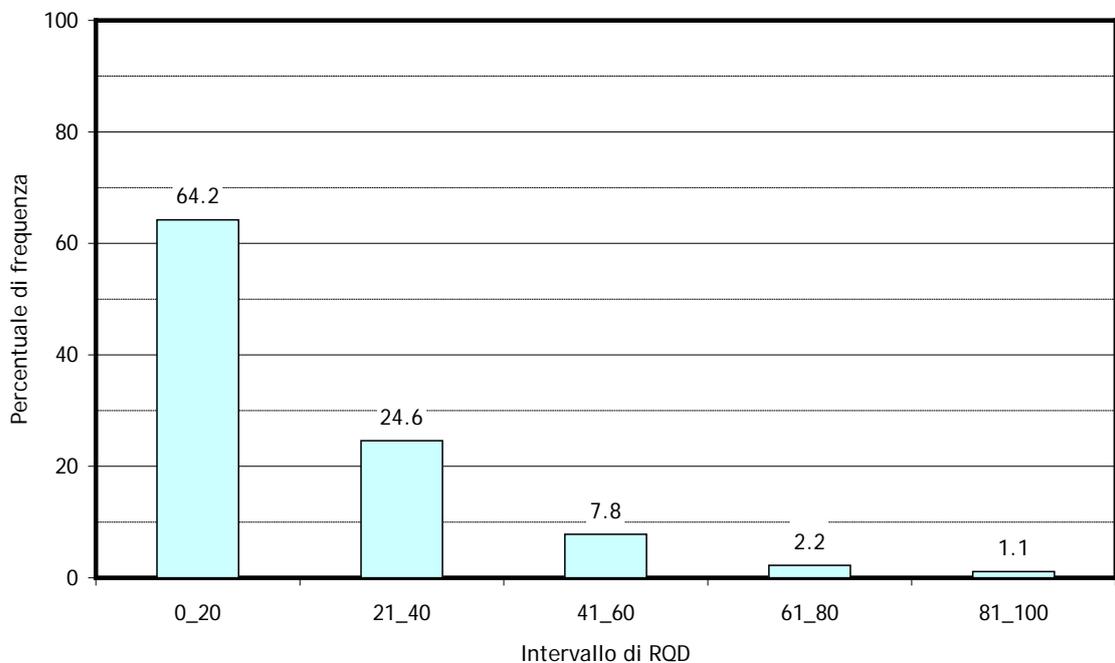
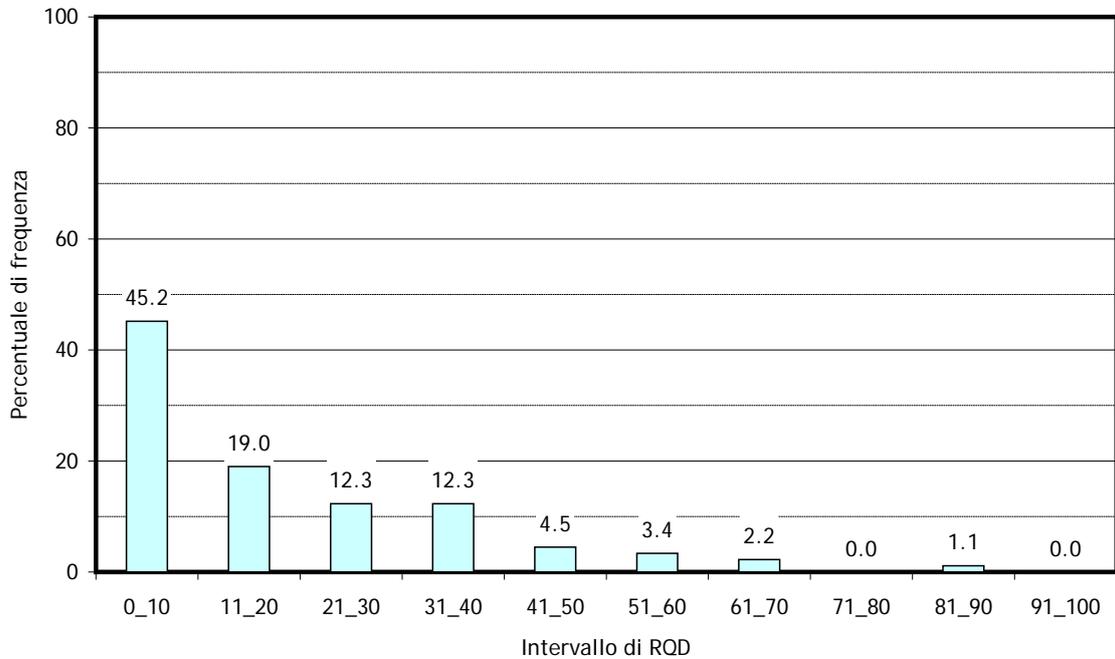


Formazione GAL-bc (zona di faglia) – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Croce. RQD medio: 18.5

PROGETTO DEFINITIVO

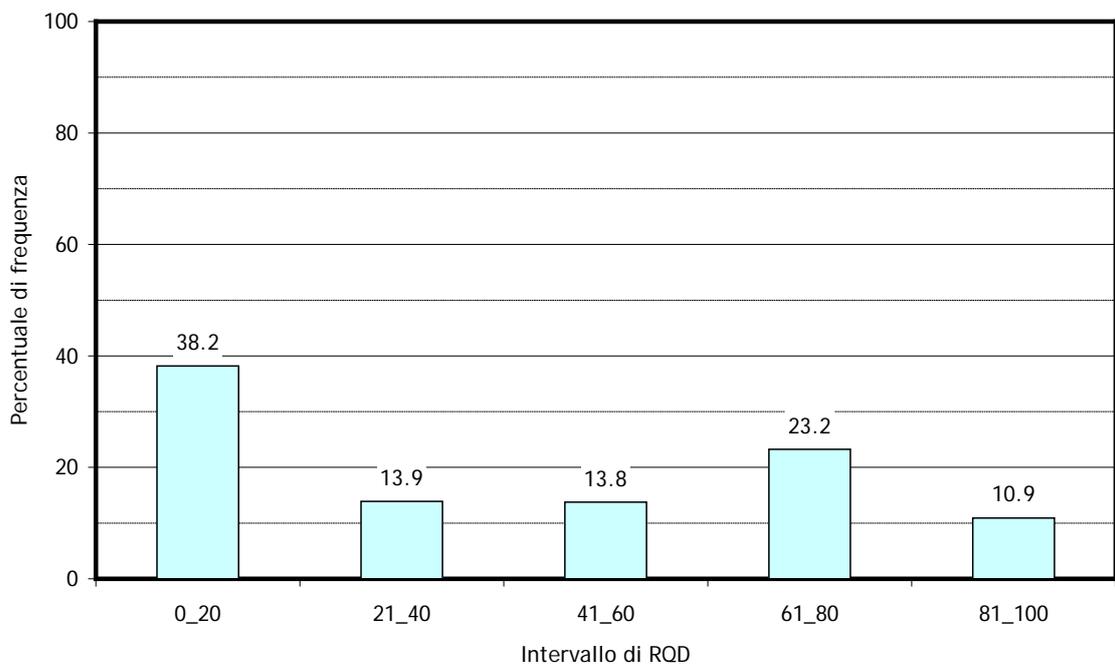
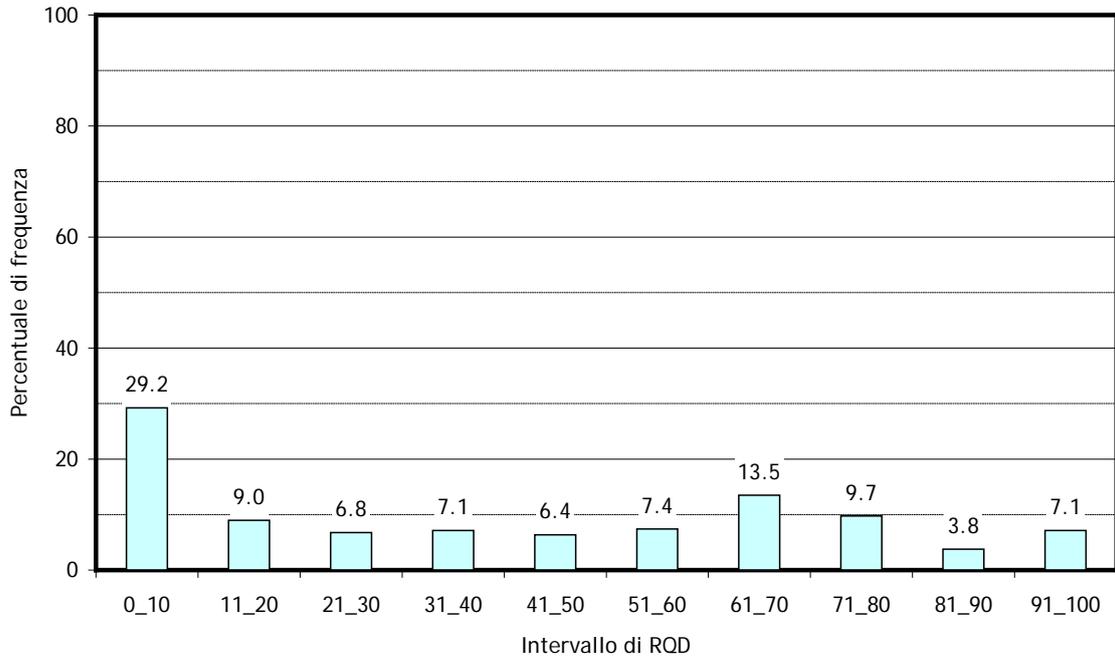
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	106 di 120

Relazione idrogeologica



Formazione GAL-bc – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Croce. RQD medio: 19.5

Calcari di Rocca Livernà – LIV-c

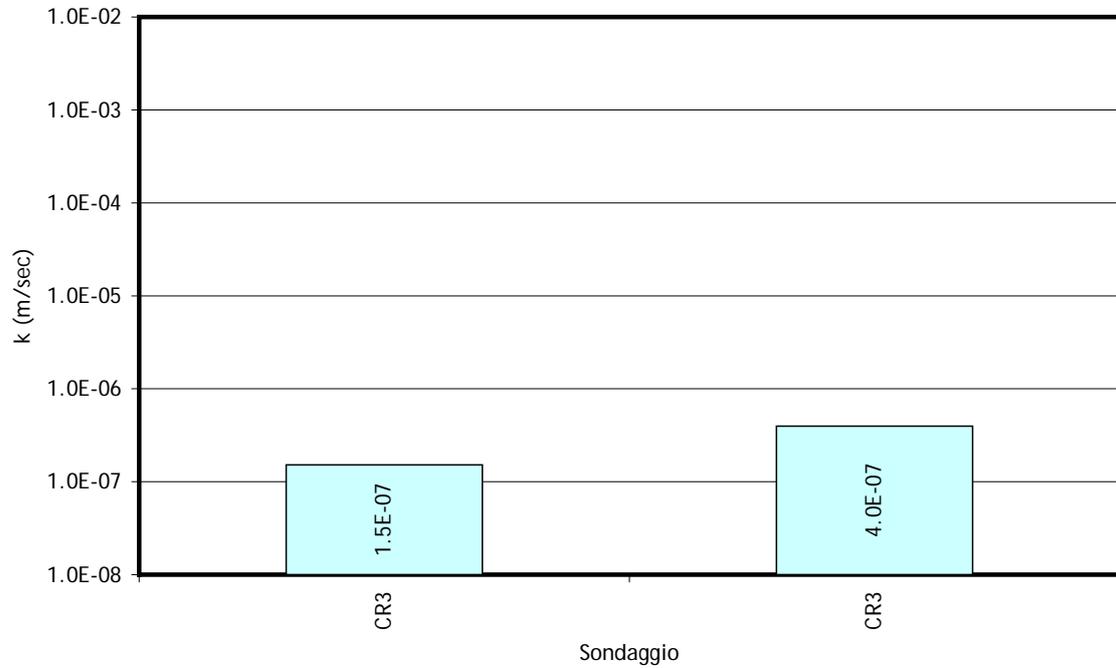


Formazione LIV-c – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Croce. RQD medio: 41.1

PROGETTO DEFINITIVO

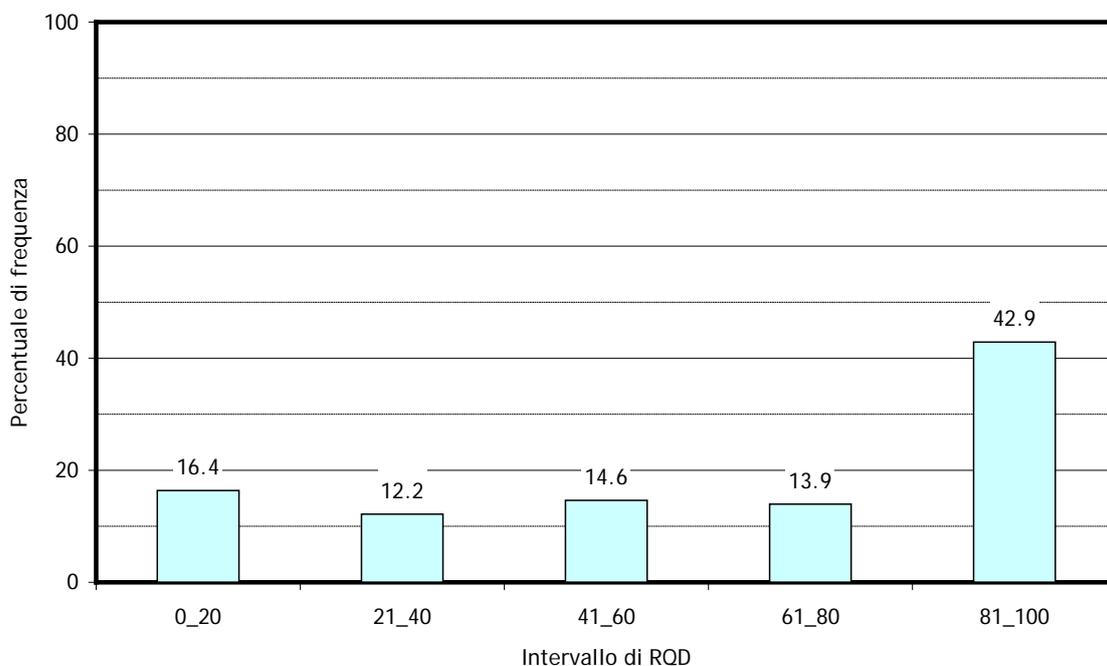
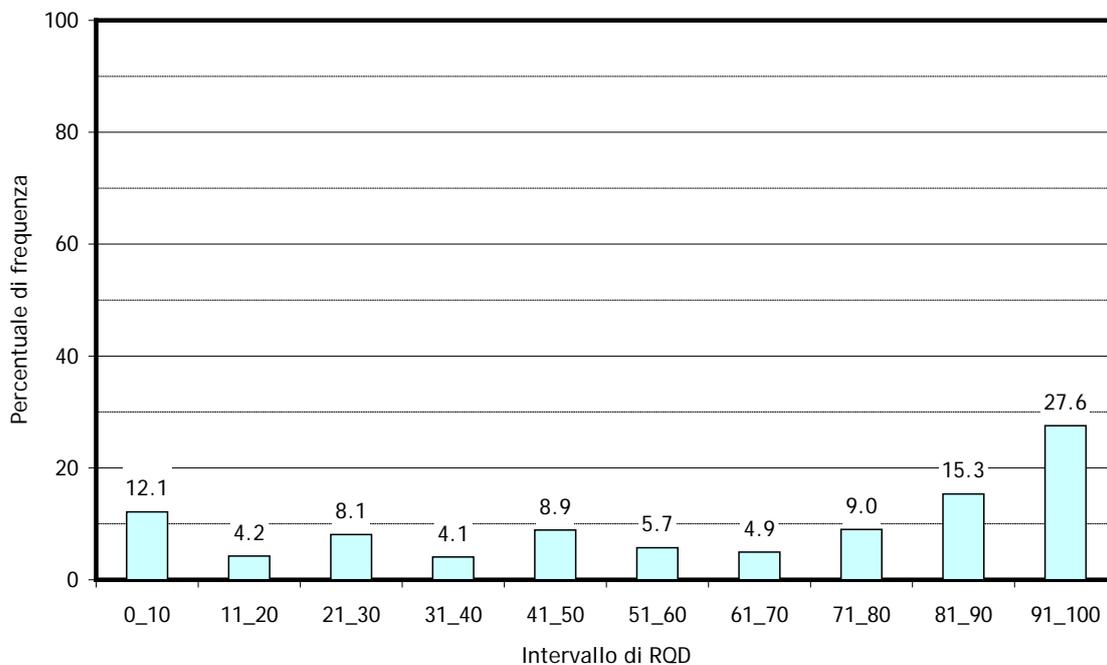
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	108 di 120

Relazione idrogeologica



Formazione LIV-c - Prove di permeabilità in foro

Dolomie di San Pietro dei Monti SPM-do

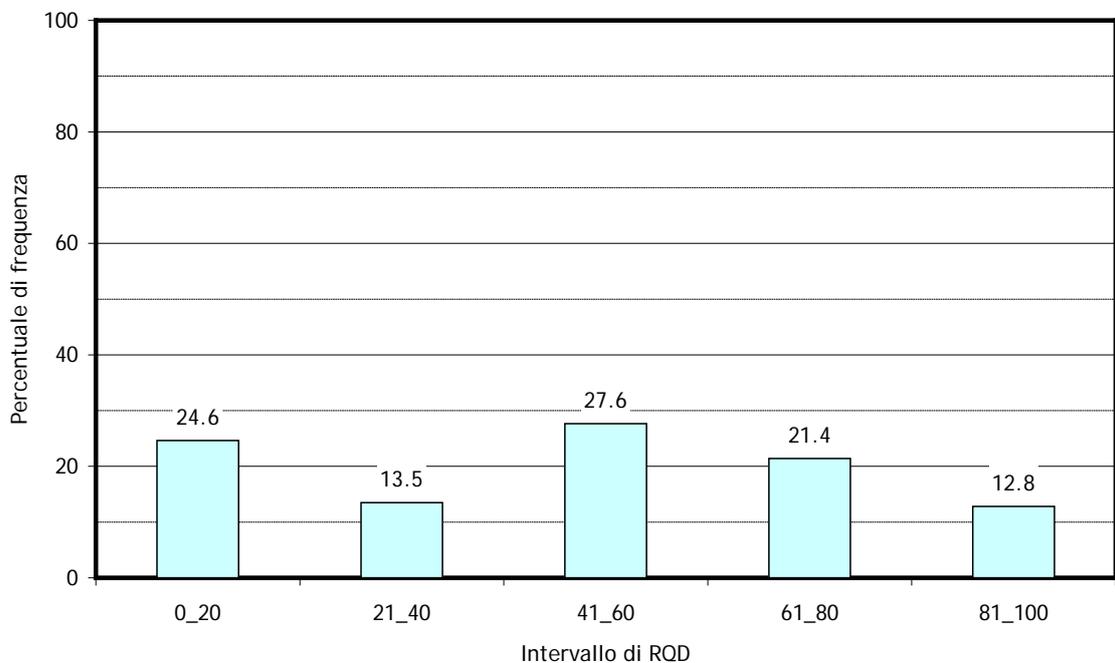
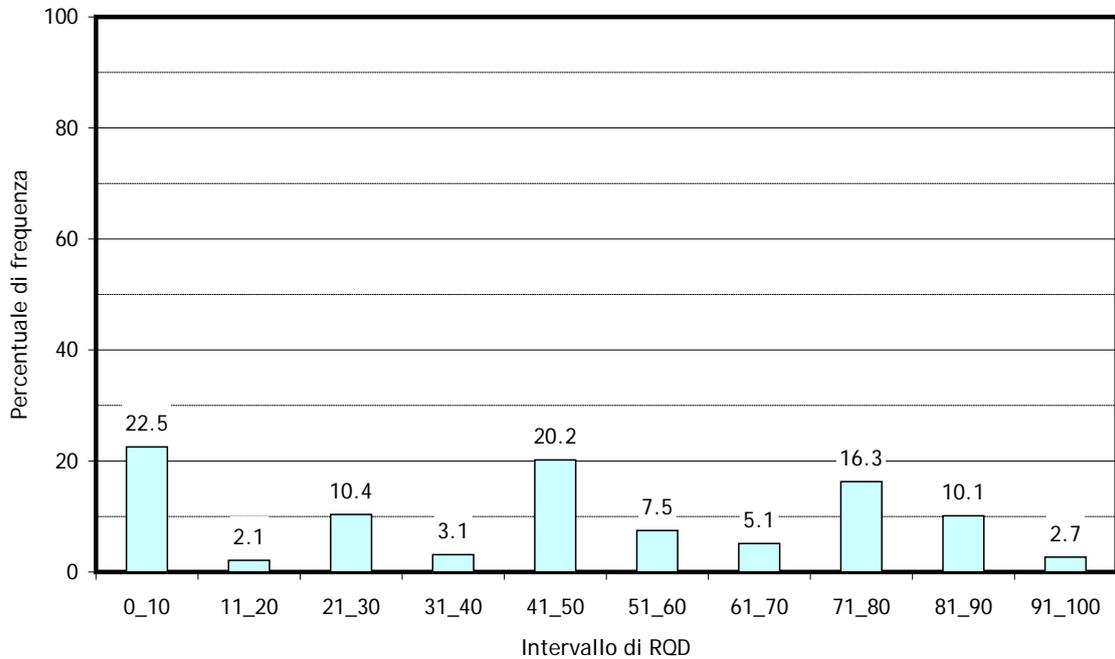


Formazione SPM-do – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Caprazoppa Montegrosso. RQD medio: 62.8

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	110 di 120

Relazione idrogeologica

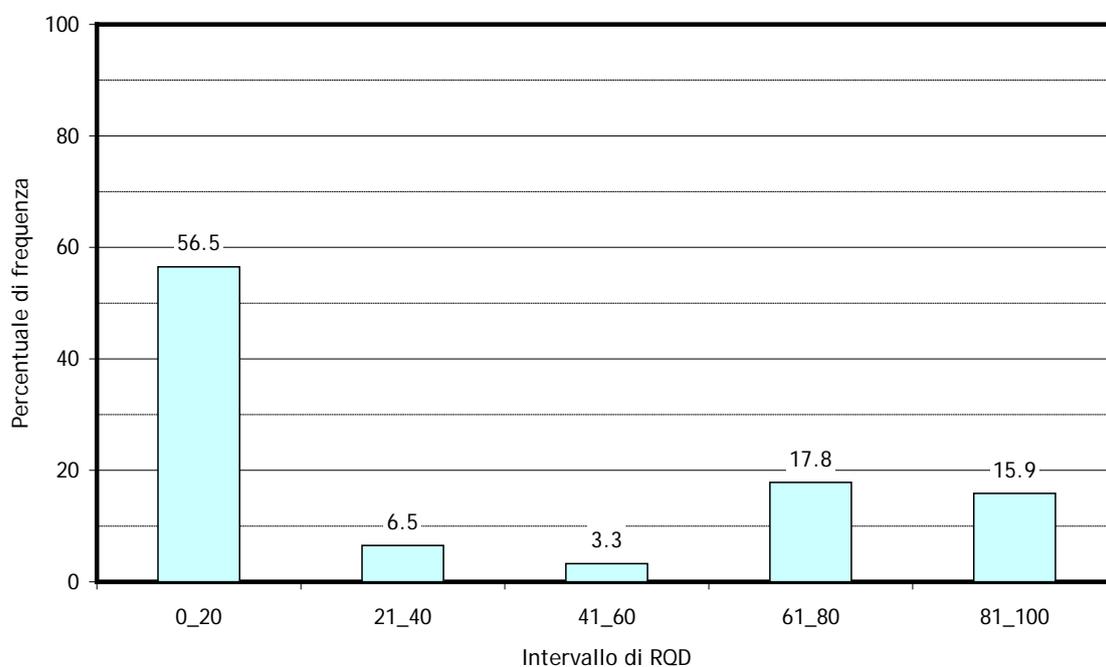
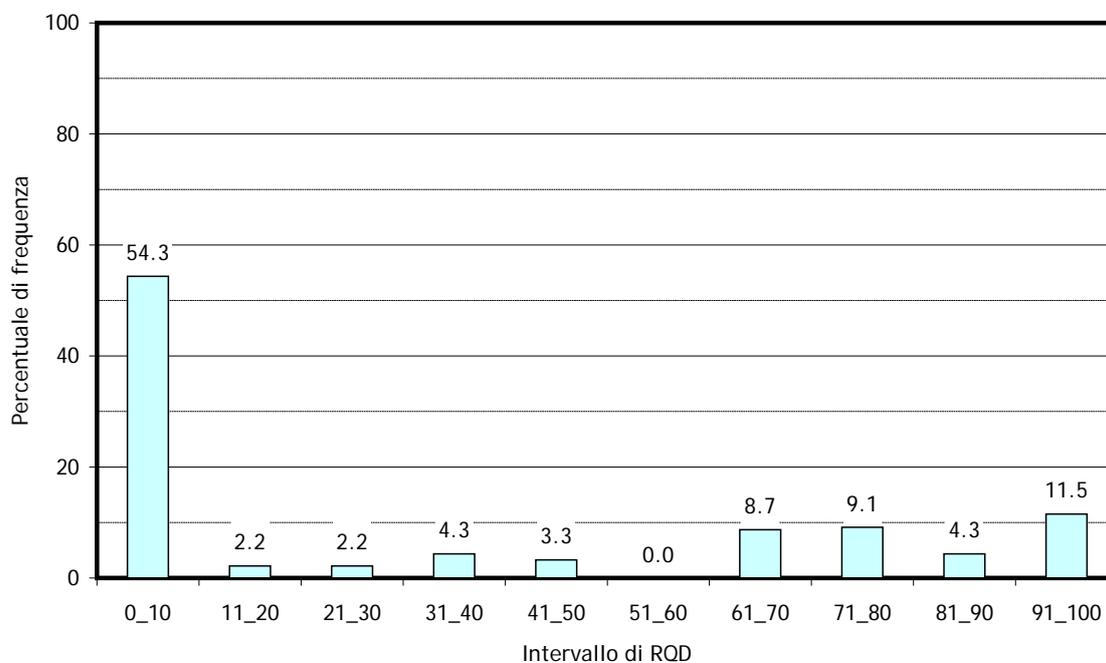


Formazione SPM-do – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Castellari. RQD medio: 45.8

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	111 di 120

Relazione idrogeologica

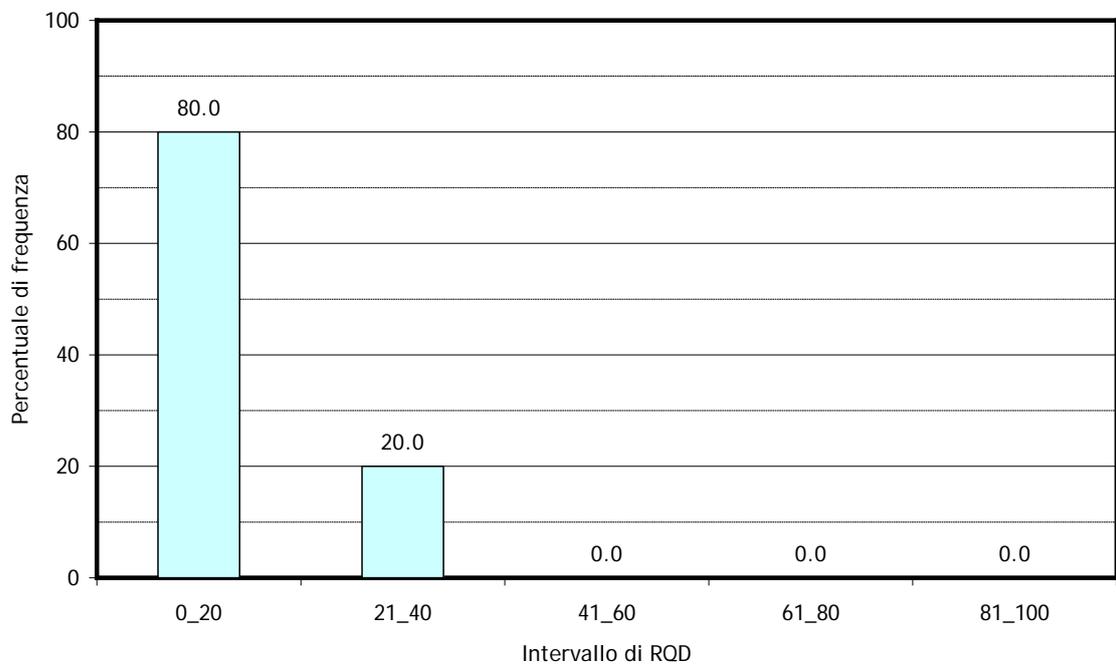
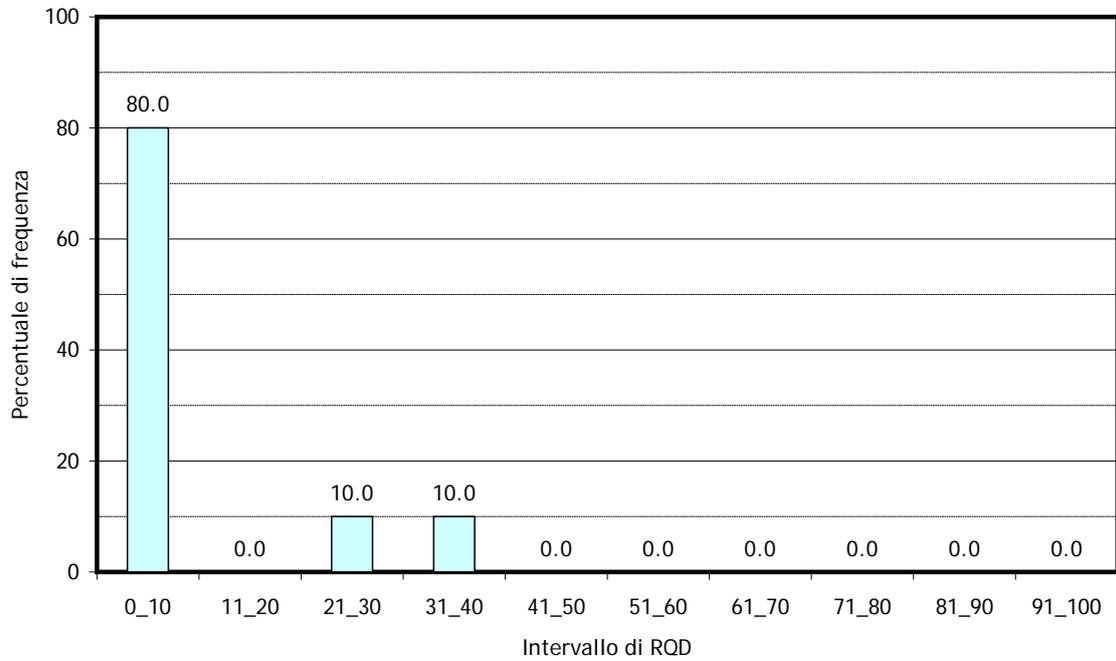


Formazione SPM-do – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Croce. RQD medio: 32.7

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	112 di 120

Relazione idrogeologica

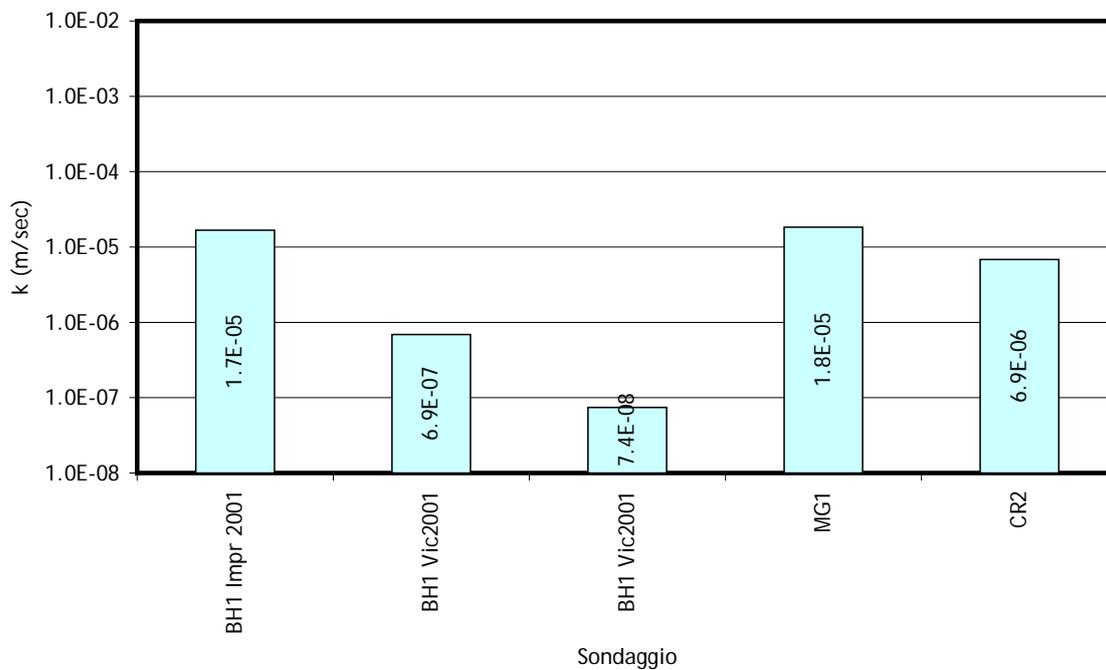


*Formazione SPM-do (porzione superficiale alterata) – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Croce.
RQD medio: 7.0*

PROGETTO DEFINITIVO

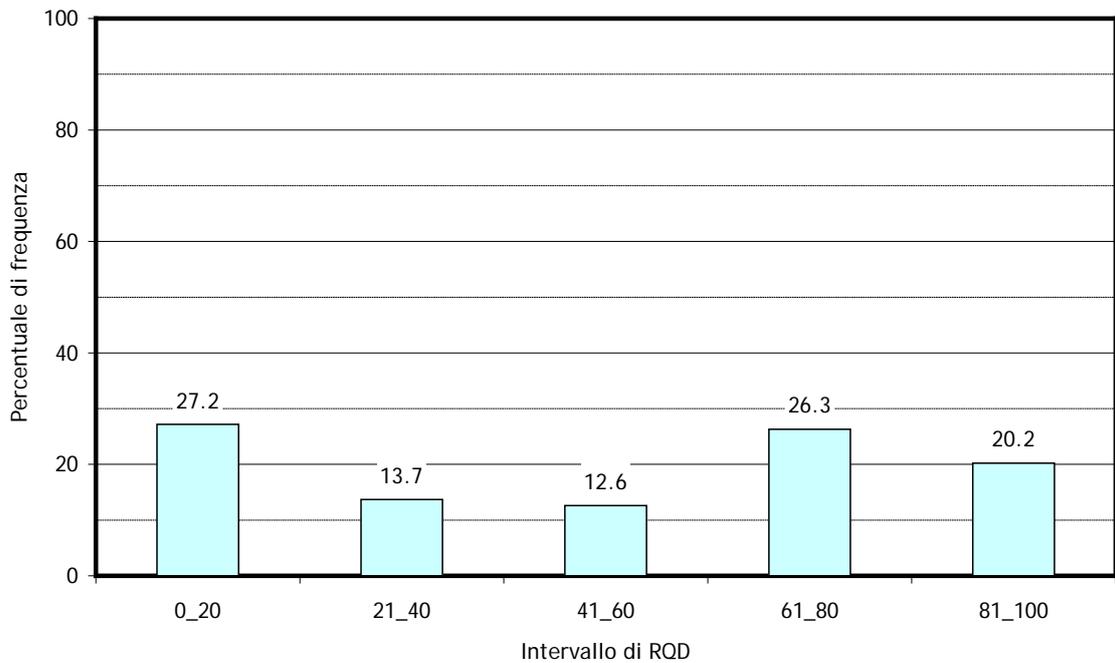
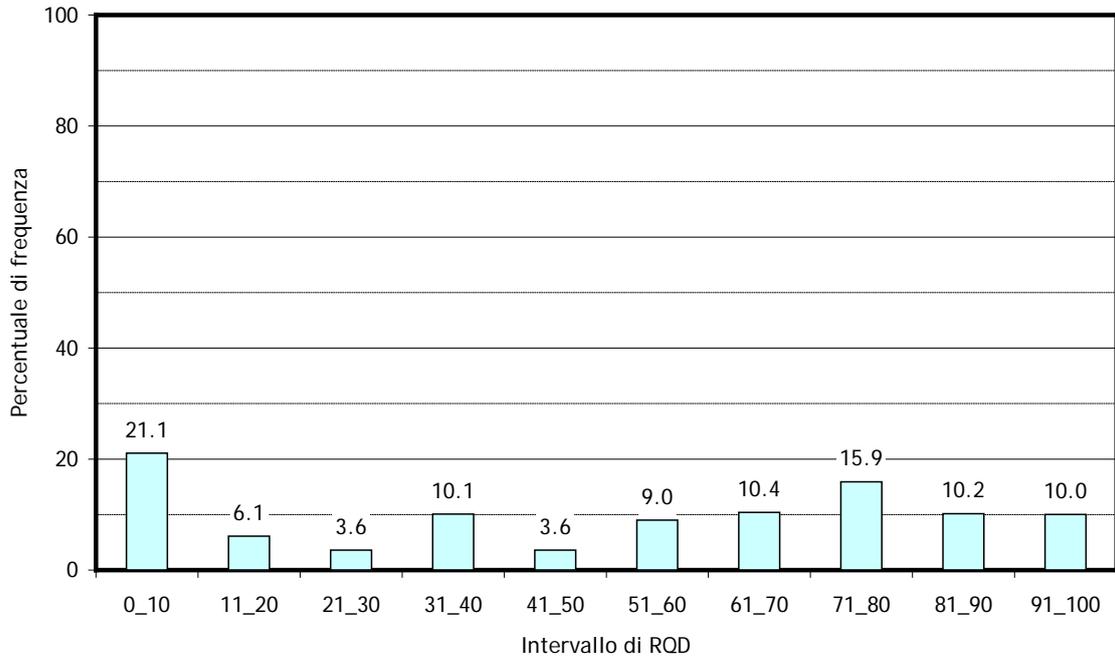
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	113 di 120

Relazione idrogeologica



Formazione SPM-do - Prove di permeabilità in foro

Quarziti di Ponte di Nava – PDN-qz

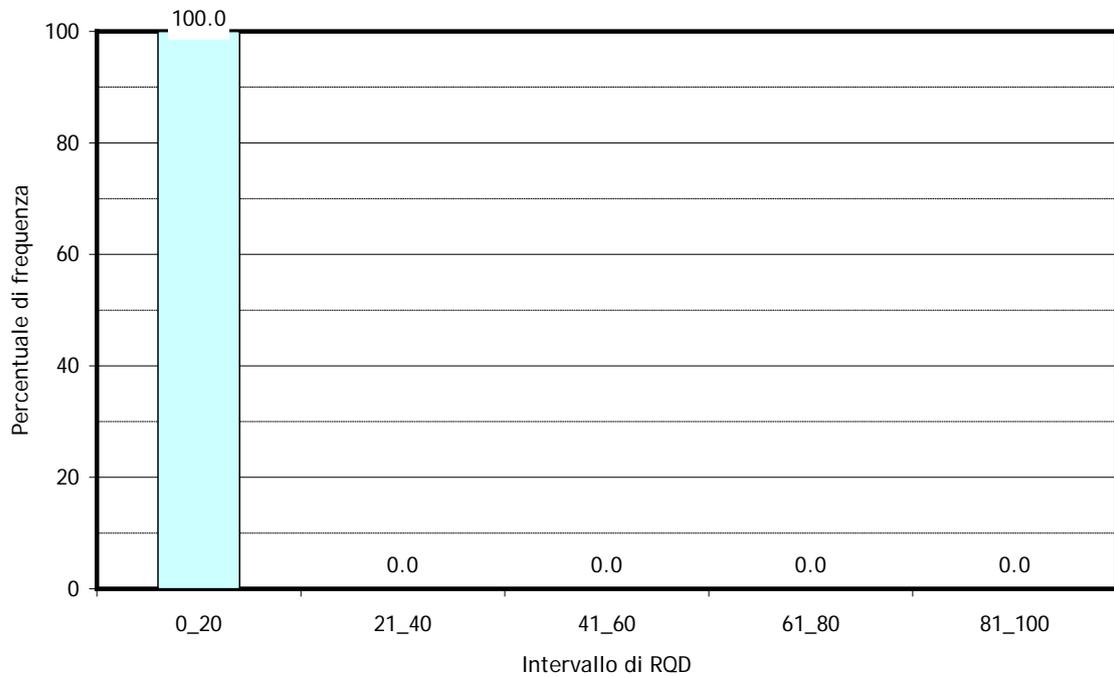
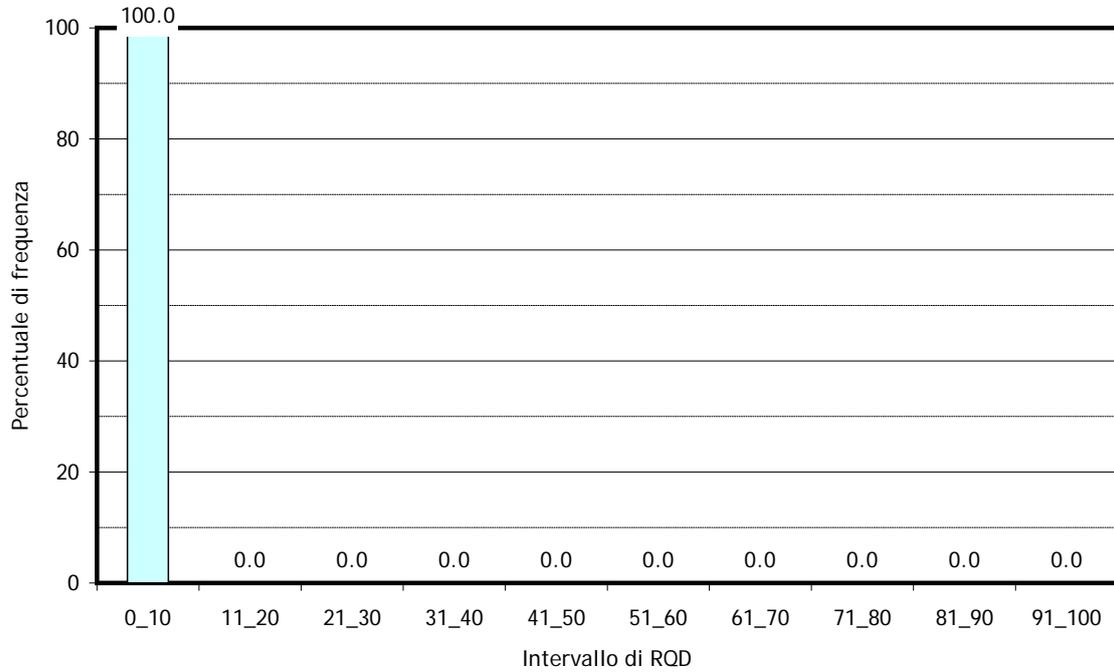


Formazione PDN-qz – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Castellari. RQD medio: 51.4

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	115 di 120

Relazione idrogeologica

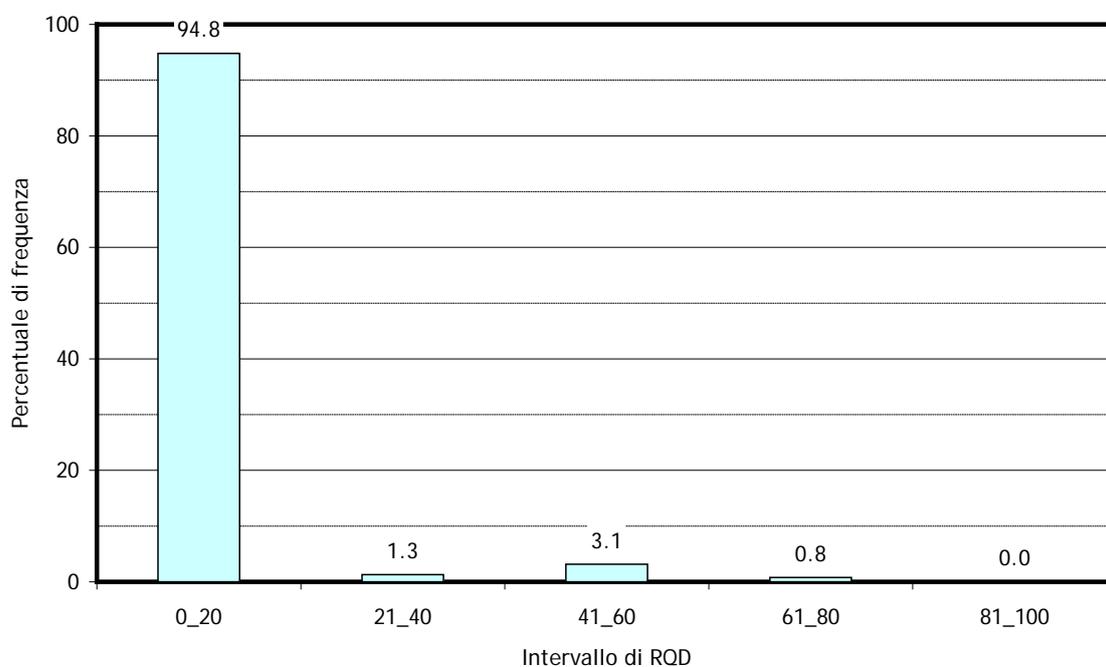
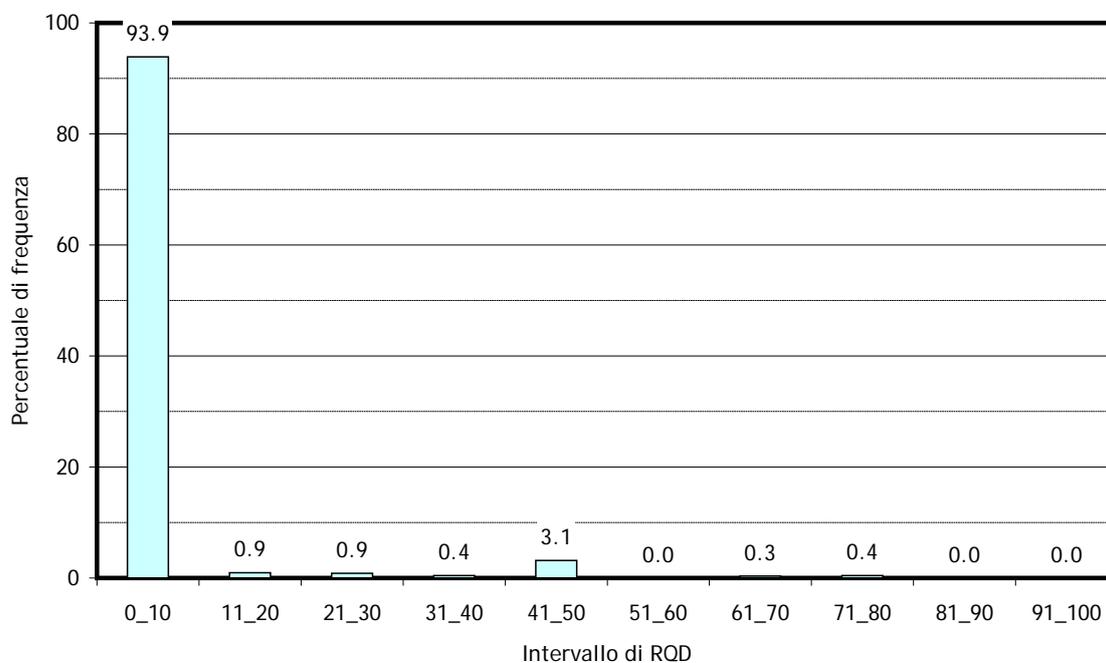


Formazione PDN-qz (porzione superficiale alterata) – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Castellari-Pineland. RQD medio: 0.3

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	116 di 120

Relazione idrogeologica

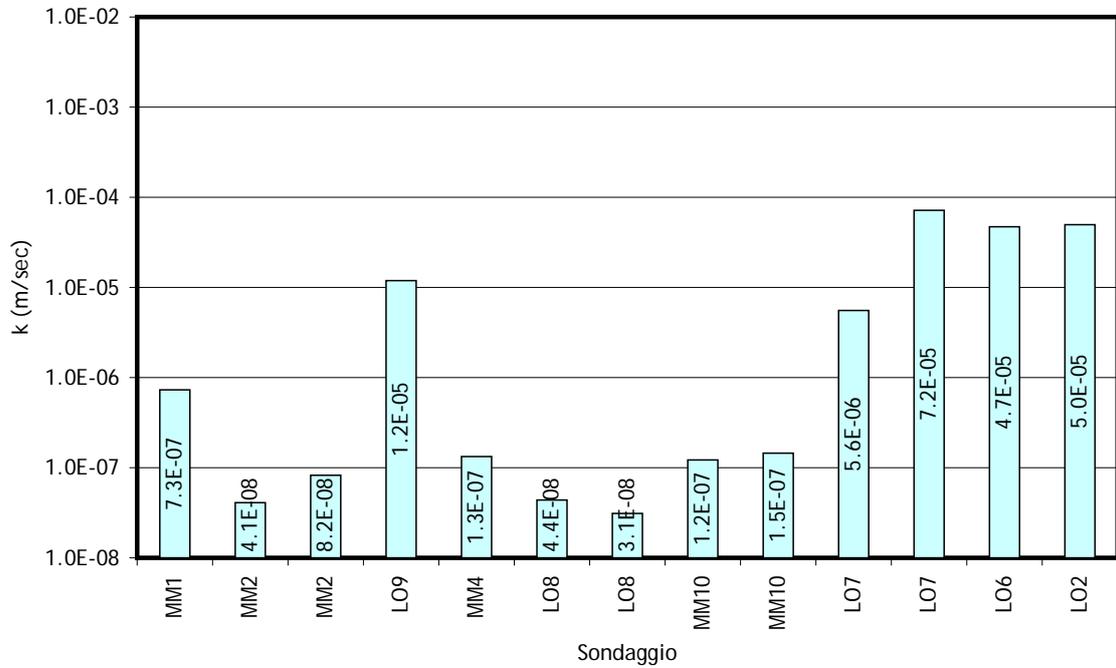


Formazione PDN-qz – Distribuzione dei valori di RQD. Area: Galleria Castellari-Pineland. RQD medio: 2.7

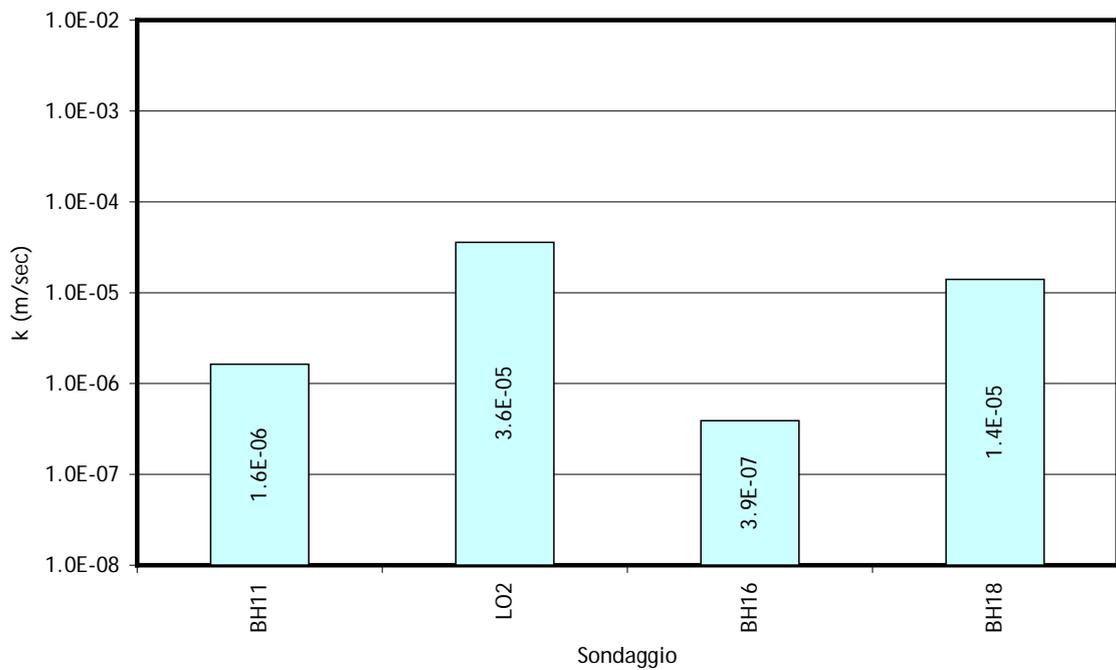
PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	117 di 120

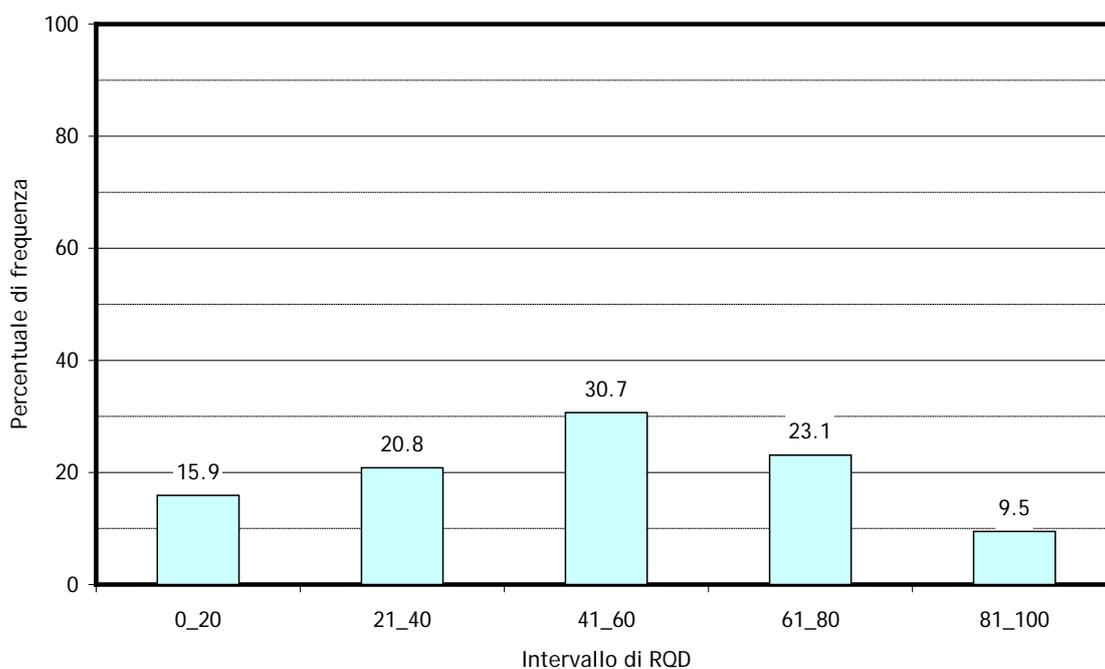
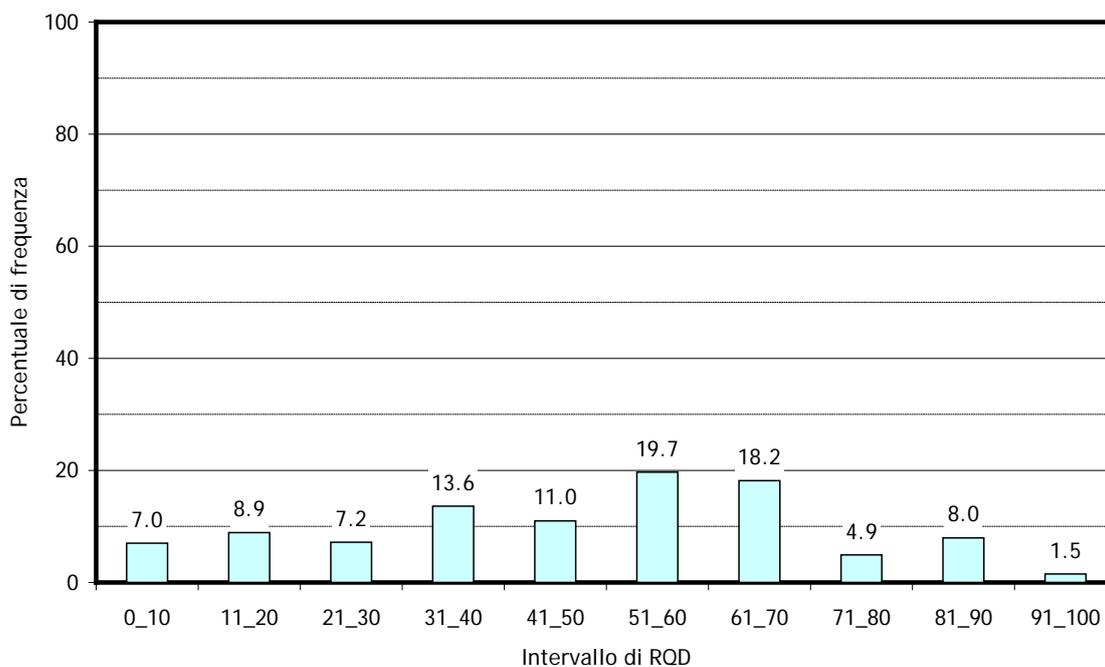


PDN-qz – Prove di permeabilità in foro



PDN-qz Alterato – Prove di permeabilità in foro

Calcari di Ubaga – UBA-cm



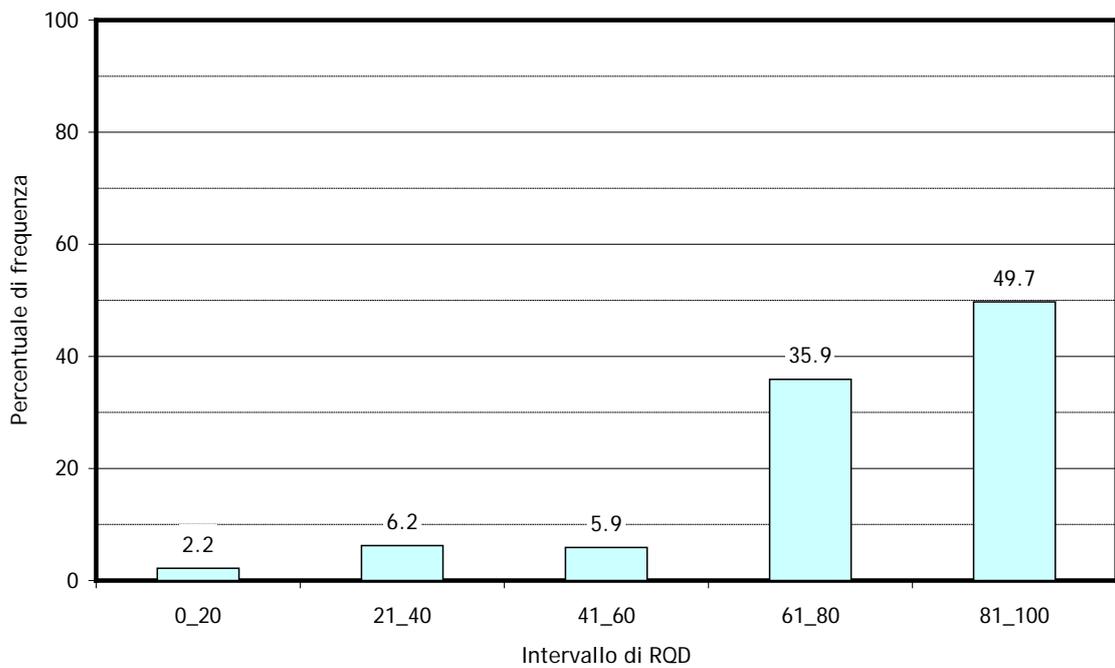
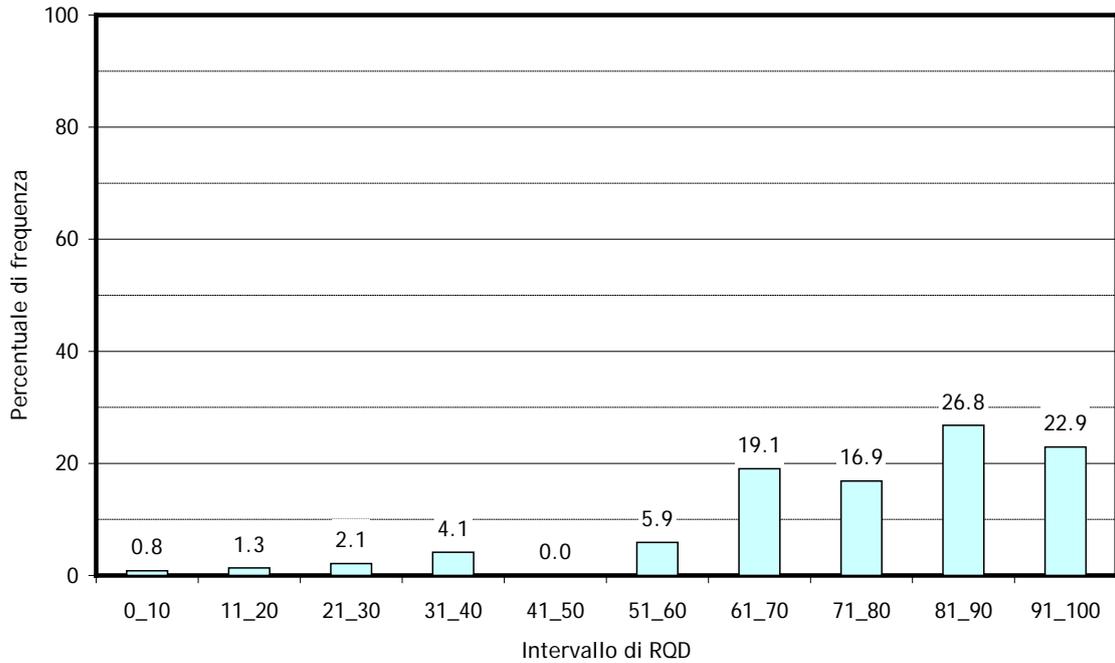
Formazione UBA-cm – Distribuzione dei valori di RQD

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	119 di 120

Relazione idrogeologica

Peliti di Moglio – MOG-as

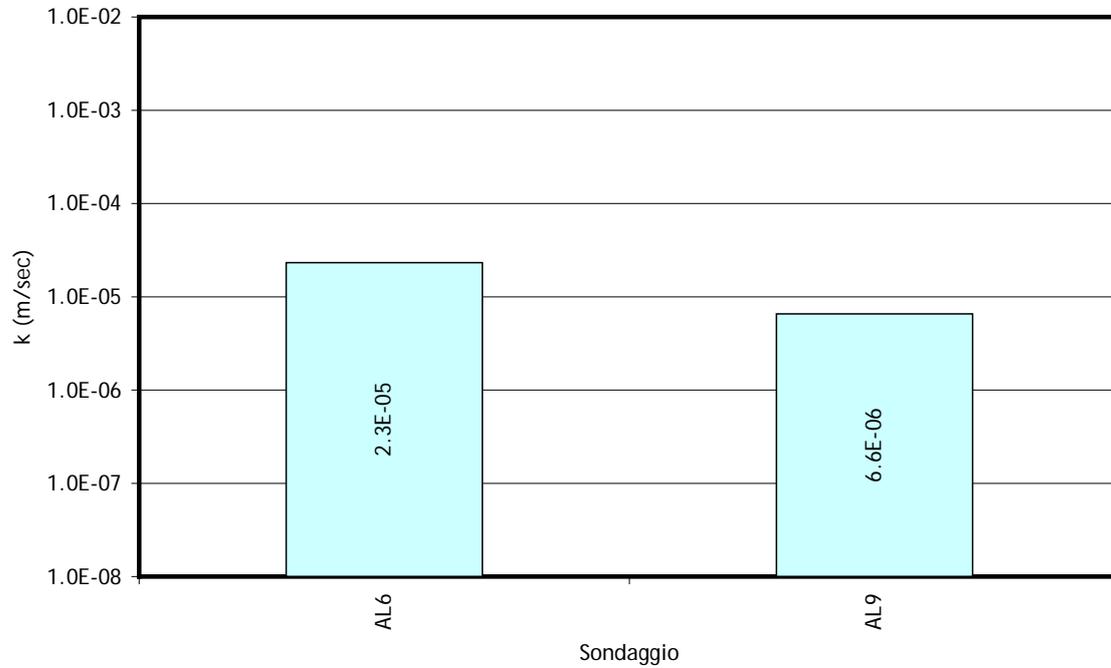


Formazione MOG-as – Distribuzione dei valori di RQD

PROGETTO DEFINITIVO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 69 RG	GE0002 001	A	120 di 120

Relazione idrogeologica



Formazione MOG-as – Prove di permeabilità in foro