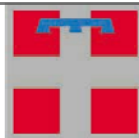


REGIONE PIEMONTE



COMUNE DI RASSA PROVINCIA DI VERCELLI

IMPIANTO IDROELETTRICO "SORBA"

DOMANDA DI NUOVA CONCESSIONE DI DERIVAZIONE AD USO ENERGETICO

PROGETTO DEFINITIVO

REVISIONE 10-2017

TIMBRO DELL'ENTE

IL PROPONENTE
Il Sindaco

ELAB.

SCALA

E4

-

RELAZIONE GEOTECNICA

COD.

REV.

DATA

DESCRIZIONE

080_12

00

OTTOBRE 2017

EMISSIONE



Ingegneria Civile-Idraulica

Ing. Rossana Appendino

Via Vignati, 14 - 10040 San Gillio (TO)
Tel.-Fax 011/9840854 Cell. 335 8379321
E-mail: ing.appendino@studioarps.it

REGIONE PIEMONTE**PROVINCIA DI VERCELLI****COMUNE DI RASSA****IMPIANTO IDROELETTRICO "SORBA"****DOMANDA DI CONCESSIONE DI DERIVAZIONE AD USO ENERGETICO****PROGETTO DEFINITIVO****REVISIONE 10-2017****RELAZIONE GEOTECNICA****SOMMARIO**

<u>ANALISI DI STABILITA' – POSA DELLA CONDOTTA IN TRADIZIONALE</u>	<u>2</u>
SEZIONE SIS3	3
SEZIONE SIS4	6
SEZIONE 357	8
SEZIONE SIS1	12
<u>ANALISI DI STABILITA' – PISTA DI CANTIERE OPERA DI PRESA</u>	<u>14</u>
SEZIONE 18	14
<u>INDAGINI GEOFISICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA</u>	<u>22</u>

ANALISI DI STABILITA' - POSA DELLA CONDOTTA IN TRADIZIONALE

Oggetto del presente capitolo sono le verifiche di stabilità delle sezioni caratteristiche esistenti lungo in tracciato della condotta forzata in condizioni di posa in tradizionale e delle sezioni poste rispettivamente in corrispondenza dell'opera di presa e della centrale di produzione.

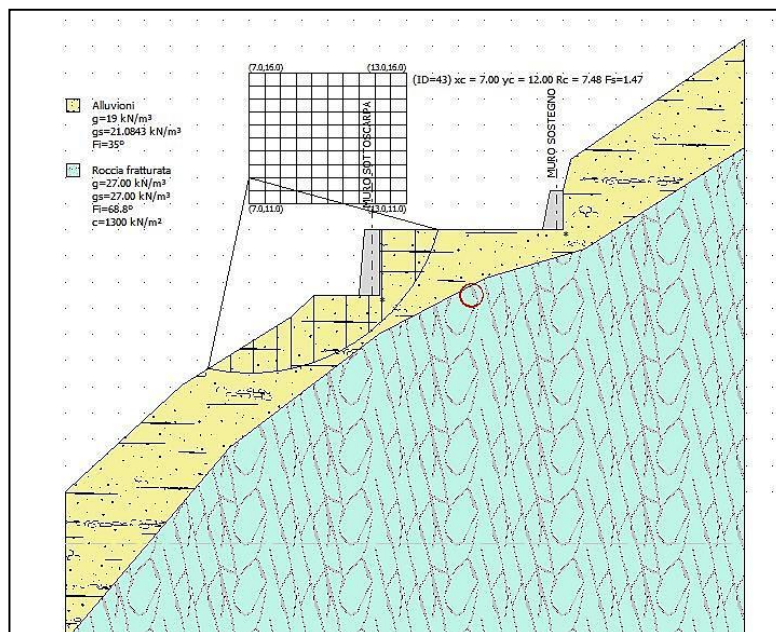
Le sezioni di verifica sono state denominate con la nomenclatura riportata nella relazione *"indagini geofisiche per la caratterizzazione stratigrafica"* redatta dalla Società Techgea s.r.l. incaricata dell'esecuzione delle prove geognostiche per gli approfondimenti di natura geologico-geotecnica, ad esclusione della sez.357, il cui riferimento si trova sulla TAV.5/1 del progetto definitivo.

Le sezioni SIS3 e SIS4 analizzano tratti di sviluppo della strada comunale della Val Sorba nel tratto carrozzabile ed in parte del pendio in cui sarà realizzata la centrale di produzione. Per l'analisi di stabilità è stata scelta una verifica per pendii in terra adottando i valori dedotti dall'elaborato del progetto definitivo E3-Relazione Geologica del Dott. Geol. Strona e discretizzando graficamente le stratigrafie dai risultati delle indagini sismiche condotte dalla società Techgea.

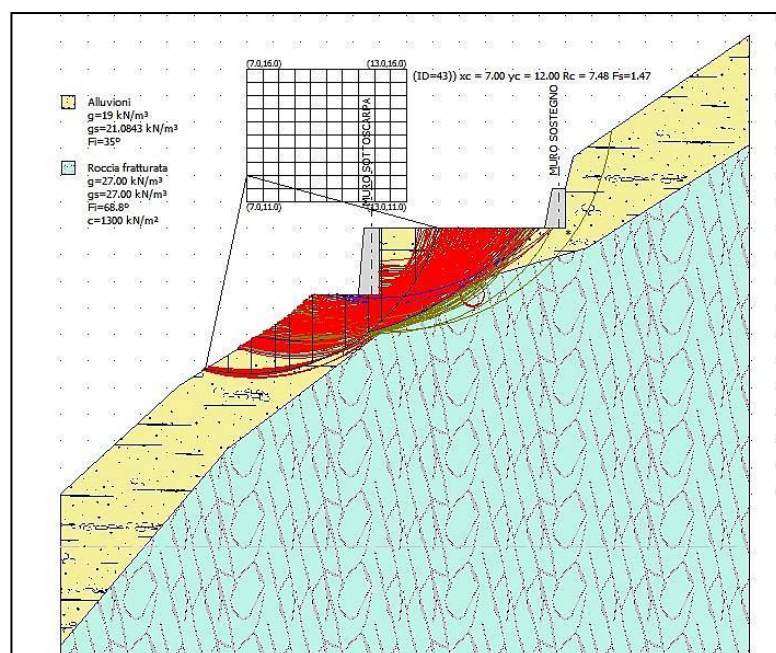
La sez.357 è stata estratta nella zona di passaggio in prossimità del Torrente Sorba e la sezione SIS1 corrisponde alla localizzazione dell'opera di presa. Anche per queste sezioni si è proceduto adottando i valori dedotti dalla relazione geologica sopraccitata, però con una verifica di stabilità per i pendii in roccia.

SEZIONE SIS3

La sezione di progetto è stata così discretizzata e calcolata sulle coordinate del metodo di BISHOP, dal quale si ottiene il fattore di sicurezza minimo:



Discretizzazione sezione di progetto tratto intermedio



Discretizzazione sezione di progetto tratto intermedio

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Zona	RASSA CENTRALE
Lat./Long.	45.768149/8.013019
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	7.0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	11.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	13.0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	16.0 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
=====	

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.21	2.56	0.17
S.L.D.	50.0	0.26	2.55	0.2
S.L.V.	475.0	0.54	2.69	0.29
S.L.C.	975.0	0.65	2.77	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.252	0.2	0.0051	0.0026
S.L.D.	0.312	0.2	0.0064	0.0032
S.L.V.	0.648	0.2	0.0132	0.0066
S.L.C.	0.78	0.2	0.0159	0.008

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.013

Coefficiente azione sismica verticale 0.007

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	0.0
2	0.08	0.08
3	4.45	4.08
4	8.58	6.68
5	9.46	7.49
6	12.0	7.49
7	12.0	9.99
8	12.0	10.0
9	19.0	10.0
10	19.0	11.5
11	19.29	12.68
12	25.9	17.28

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-5.69
2	6.26	1.67
3	11.94	6.01
4	16.03	8.14
5	19.81	9.26
6	25.9	13.16

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====	
Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No
=====	

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	Fi (°)	G (kN/m ³)	Gs (kN/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0		35	19	21.0843	0.00	Alluvioni	
2	1300		68.8	27.00	27.00	0.00	Roccia fratturata	

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

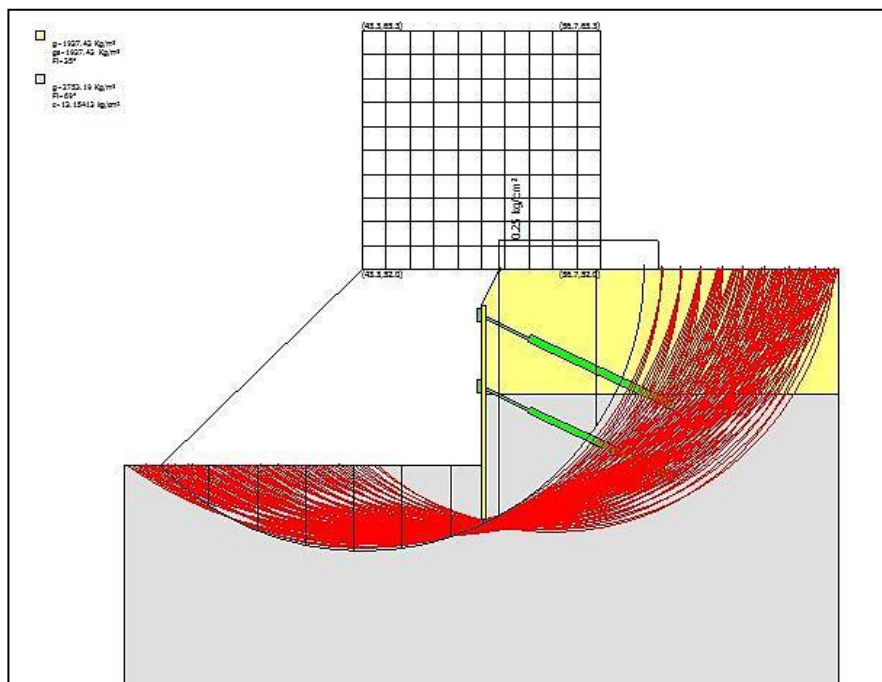
N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (kN/m ³)
1	12	7.49	0	0	2.5	0.6	0.8	25
2	19	10	0	0	1.5	0.5	0.8	25

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

=====	
Fs minimo individuato	1.47
Ascissa centro superficie	7.0 m
Ordinata centro superficie	12.0 m
Raggio superficie	7.48 m
=====	

SEZIONE SIS4

La sezione di progetto è stata così discretizzata e calcolata sulle coordinate del metodo di BISHOP, dal quale si ottiene il fattore di sicurezza minimo:



Discretizzazione sezione di progetto alveo

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	43.33 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	52.0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	56.67 m
Ordinata vertice destro superiore ys	65.33 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0396
Coefficiente azione sismica verticale	0.0198

Vertici profilo

N	X m	y m
1	30.0	41.0
2	47.0	41.0
3	50.0	41.0
4	50.0	50.0
5	51.0	52.0
6	70.0	52.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	30.0	41.0
2	47.0	41.0
3	50.0	41.0
4	50.0	45.0
5	70.0	45.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.0
Coesione efficace	1.0
Coesione non drenata	1.0
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0		35	1937.43	1937.43	4.00	Ghiaia	
2	13.15413		69	2753.19	2753.19	0.00	Substrato roccioso	

Tiranti

N°	x (m)	y (m)	Lunghezza libera (m)	Lunghezza ancorata (m)	Diametro del bulbo (m)	Inclinazione (°)	Tiro (Kg)
1	50	49.5	3	9	0.4	25	19903
2	50	45.5	3	9	0.4	25	0

Carichi distribuiti

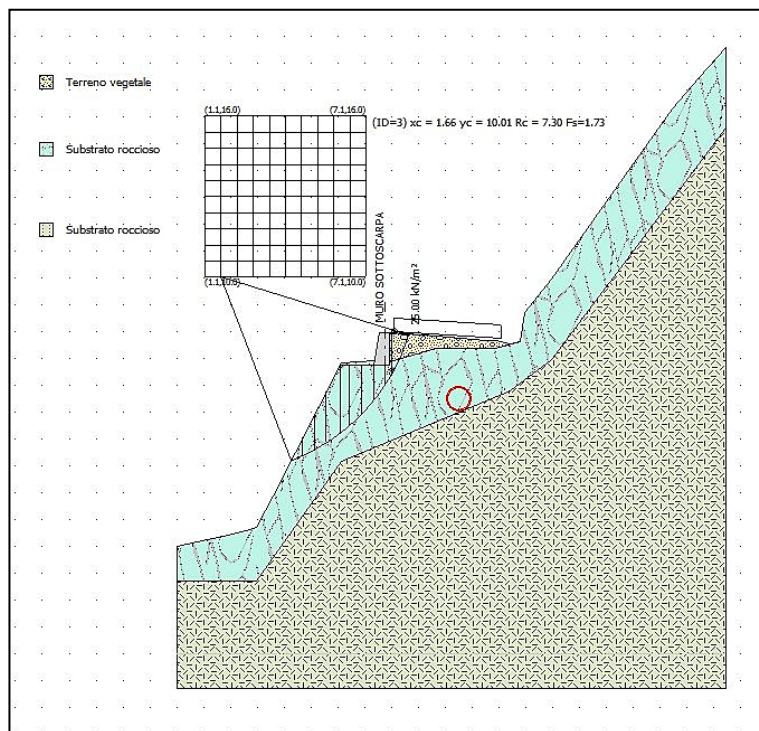
N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	51	52	59.9	52	0.254925

Risultati analisi pendio [A2+M2+R1]

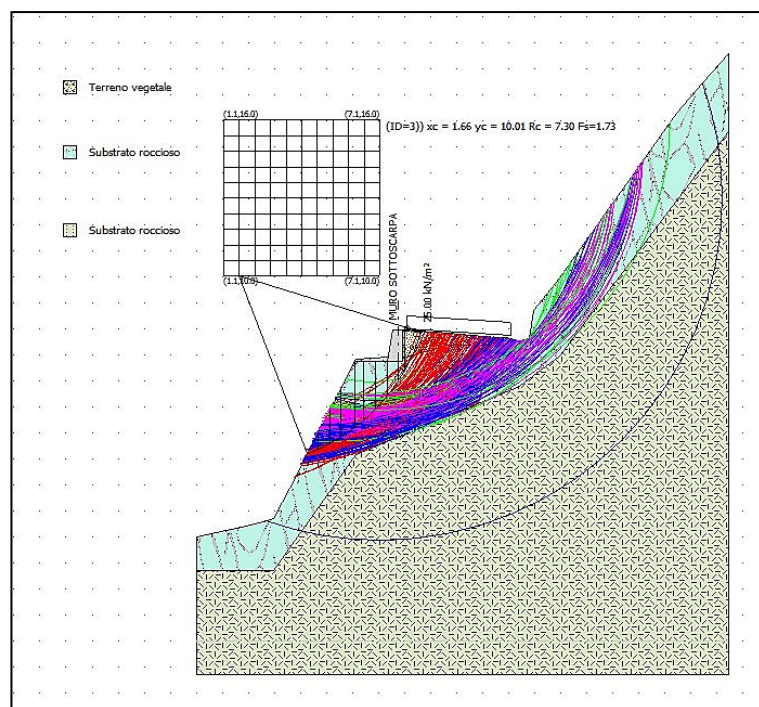
Fs minimo individuato	20.0
Ascissa centro superficie	43.33 m
Ordinata centro superficie	52.0 m
Raggio superficie	15.77 m

SEZIONE 357

La sezione di progetto è stata così discretizzata e calcolata sulle coordinate del metodo di BISHOP, dal quale si ottiene il fattore di sicurezza minimo:



Discretizzazione sezione di progetto prossimità torrente Sorba



Discretizzazione sezione di progetto prossimità torrente Sorba

Pendii in roccia (Metodo di Hoek e Bray)

Per i versanti in roccia, diversamente da quelli in terra, il criterio di rottura di Mohr-Coulomb non può essere impiegato per definire la resistenza del materiale; tuttavia con questo metodo viene descritta una procedura che consente l'applicazione dei metodi classici dell'Equilibrio Limite anche nei versanti rocciosi. A tale scopo vengono definiti l'angolo di resistenza a taglio e la coesione che si mobilitano lungo la superficie di scorrimento secondo le seguenti espressioni:

$$\operatorname{tg}\phi = AB \left(\frac{N}{\sigma_c} - T \right)^{B-1}$$

$$c = A\sigma_c \left(\frac{N}{\sigma_c} - T \right)^B - N\operatorname{tg}\phi$$

dove:

σ_c è la resistenza a compressione monassiale della roccia;

A, B, T costanti in funzione del litotipo e della qualità della roccia (*riportati in tabella*);

N sforzo normale alla base del concio.

Le costanti A, B e T sono vengono determinate in funzione della classificazione della roccia secondo Bieniawski (indice RMR) e secondo Barton (indice Q). Tra i due sistemi di classificazione, sulla base di 111 esempi analizzati, è stata trovata la seguente correlazione:

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Zona	CENTRALE RASSA
Lat./Long.	45.768149/8.013019
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1.06 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	10.01 m
Ascissa vertice destro superiore xs	7.06 m
Ordinata vertice destro superiore ys	16.01 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.21	2.56	0.17
S.L.D.	50.0	0.26	2.55	0.2
S.L.V.	475.0	0.54	2.69	0.29
S.L.C.	975.0	0.65	2.77	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.252	0.2	0.0051	0.0026
S.L.D.	0.312	0.2	0.0064	0.0032
S.L.V.	0.648	0.2	0.0132	0.0066
S.L.C.	0.78	0.2	0.0159	0.008

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.013
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	0.0
2	2.08	0.47
3	2.59	0.59
4	2.98	0.7
5	3.58	1.89
6	6.09	6.73
7	7.95	6.73
8	7.95	7.93
9	9.67	7.81
10	11.51	7.67
11	11.9	7.64
12	12.44	7.55
13	12.78	7.63
14	12.98	8.7
15	13.95	9.95
16	18.47	16.28
17	19.48	17.45
18	20.44	18.58

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	2.08	0.47
3	2.59	0.59
4	2.98	0.7
5	3.58	1.89
6	6.15	6.84
7	7.38	6.9
8	7.38	6.88
9	7.94	6.88
10	9.67	7.35
11	11.9	7.35
12	12.78	7.63
13	12.98	8.7
14	13.95	9.95
15	18.47	16.28
16	19.48	17.45
17	20.44	18.58

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.29
2	2.98	-1.29
3	6.15	3.16
4	12.44	5.8
5	13.95	6.96
6	20.44	15.58

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (kN/m³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kN/m²)	Texture	Descrizione
1	19	0.078	0.556	0	25		Terreno vegetale
2	27	0.346	0.7	-0.0002	7055		Substrato roccioso
3	27	0.603	0.707	-0.002	14110		Substrato roccioso

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (kN/m³)
1	7.95	6.73	0	0	1.2	0.4	0.6	25

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m²)
1	8.1	8	12.1	7.722544	25

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.73
Ascissa centro superficie	1.66 m
Ordinata centro superficie	10.01 m
Raggio superficie	7.3 m

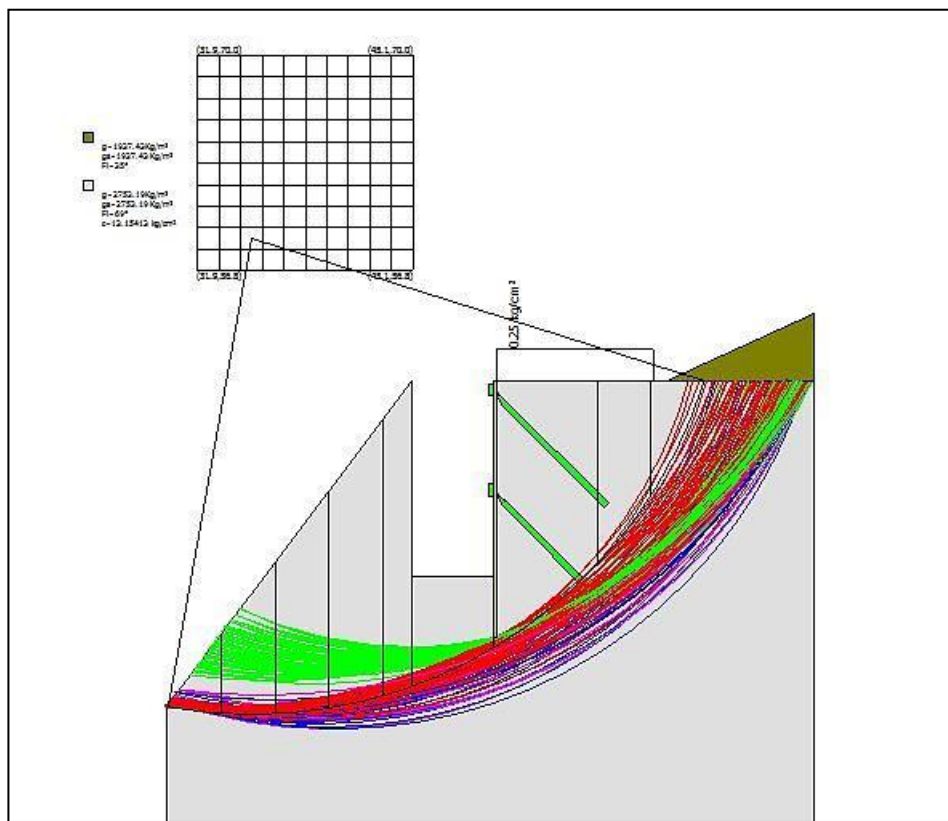
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

(ID=3) xc = 1.659 yc = 10.01 Rc = 7.299 Fs=1.728

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.44	22.7	0.48	3.97	0.05	0.03	9.47	60.7	0.0	2.4	4.6
2	0.44	26.5	0.49	11.6	0.15	0.08	15.05	53.6	0.0	8.1	9.7
3	0.44	30.4	0.51	18.8	0.24	0.13	18.93	50.4	0.0	13.7	13.8
4	0.52	34.9	0.64	31.11	0.4	0.22	21.69	48.5	0.0	23.2	21.1
5	0.35	39.2	0.46	23.11	0.3	0.16	21.38	48.7	0.0	17.2	15.5
6	0.44	43.4	0.6	24.51	0.32	0.17	18.11	51.0	0.0	17.5	17.1
7	0.44	48.3	0.66	19.25	0.25	0.13	14.36	54.3	0.0	12.8	14.4
8	0.44	53.8	0.74	27.8	0.36	0.19	15.39	53.3	0.0	19.8	20.0
9	0.23	58.5	0.45	3.66	0.05	0.03	7.9	64.0	0.0	1.4	3.4
10	0.64	66.7	1.63	21.83	0.28	0.15	0.37	4.9	0.0	49.2	2.5

SEZIONE SIS1

La sezione di progetto è stata così discretizzata e calcolata sulle coordinate del metodo di BISHOP, dal quale si ottiene il fattore di sicurezza minimo:



Discretizzazione sezione di progetto alveo

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	31.87 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	56.78 m
Ascissa vertice destro superiore xs	45.1 m
Ordinata vertice destro superiore ys	70.01 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0396
Coefficiente azione sismica verticale	0.0198

Vertici profilo

N	X m	y m
1	30.0	30.0
2	45.0	50.0
3	45.0	38.0
4	50.0	38.0
5	50.0	50.0
6	69.7	50.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	30.0	30.0
2	45.0	50.0
3	45.0	38.0
4	50.0	38.0
5	50.0	50.0
6	60.72	50.0
7	69.7	54.19

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====	
Tangente angolo di resistenza al taglio	1.0
Coesione efficace	1.0
Coesione non drenata	1.0
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si
=====	

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0		35	1937.43	1937.43	0.00	Ghiaia	
2	13.15413		69	2753.19	2753.19	0.00	Substrato roccioso	

Tiranti

N°	x (m)	y (m)	Lunghezza libera (m)	Lunghezza ancorata (m)	Diametro del bulbo (m)	Inclinazione (°)	Tiro (Kg)
1	50	49.5	1	9	0.4	45	0
2	50	43.35	1	9	0.4	45	0

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	50.25	50	59.9	50	0.254925

Risultati analisi pendio [A1+M1+R1]

=====	
Fs minimo individuato	18.61
Ascissa centro superficie	35.17 m
Ordinata centro superficie	58.77 m
Raggio superficie	29.18 m
=====	

ANALISI DI STABILITA' - PISTA DI CANTIERE OPERA DI PRESA

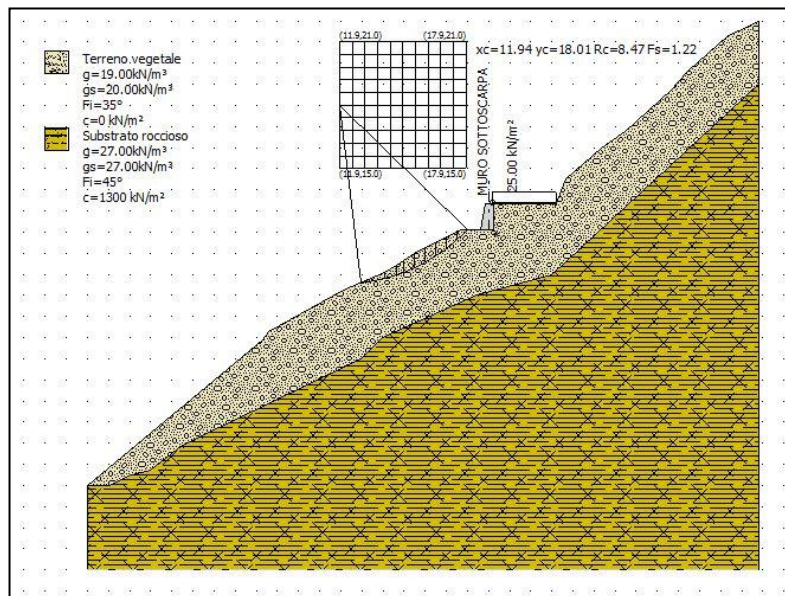
Oggetto del presente capitolo sono le verifiche di stabilità delle sezioni relative alla pista di cantiere che sarà realizzata nel sito dell'opera di presa per poter realizzare i manufatti previsti.

Sono state assunte due sezioni trasversali significative ed eseguite le verifiche di stabilità lungo la pista di accesso al cantiere dell'opera di presa:

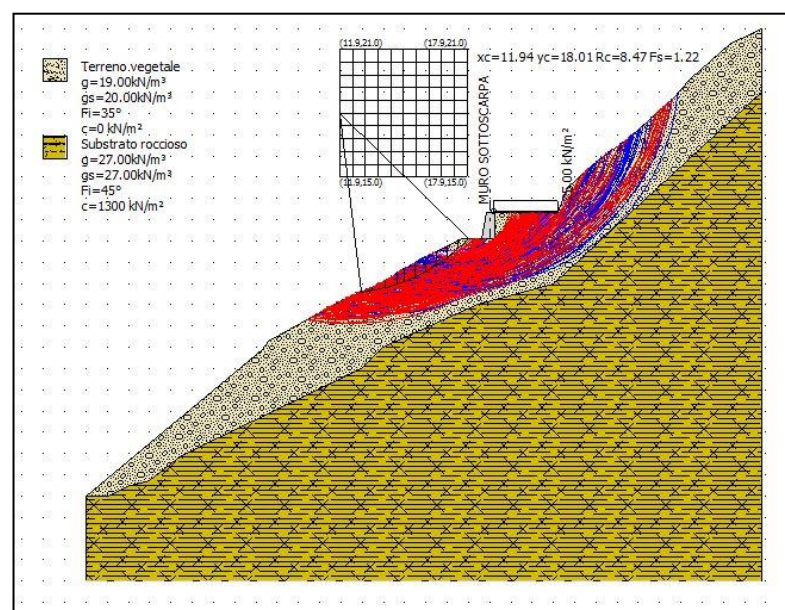
La sezione 18 ritenuta caratteristica del tratto di sviluppo della pista stessa e la sezione 33 estratta nella zona di passaggio in prossimità del rampa di accesso all'alveo del Torrente Sorba. Per entrambe si è ritenuto di adottare una verifica per pendii in terra assumendo i valori dedotti dalla relazione geologica del Dottor Strona e discretizzando graficamente le stratigrafie dai risultati delle indagini sismiche.

SEZIONE 18

La sezione di progetto è stata così discretizzata e calcolata sulle coordinate del metodo di BISHOP, dal quale si ottiene il fattore di sicurezza minimo:



Discretizzazione sezione di progetto tratto intermedio



Discretizzazione sezione di progetto tratto intermedio

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Zona	RASSA CENTRALE-PISTA PRESA
Lat./Long.	45.768149/8.013019
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	11.94 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	15.01 m
Ascissa vertice destro superiore xs	17.94 m
Ordinata vertice destro superiore ys	21.01 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.21	2.56	0.17
S.L.D.	50.0	0.26	2.55	0.2
S.L.V.	475.0	0.54	2.69	0.29
S.L.C.	975.0	0.65	2.77	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.252	0.2	0.0051	0.0026
S.L.D.	0.312	0.2	0.0064	0.0032
S.L.V.	0.648	0.2	0.0132	0.0066
S.L.C.	0.78	0.2	0.0159	0.008

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.013
Coefficiente azione sismica verticale	0.007

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	8.28	6.87
3	8.59	7.31
4	12.11	9.22
5	14.1	10.11
6	14.62	10.45
7	15.51	10.98
8	17.71	12.12
9	19.23	12.12
10	19.23	13.32
11	22.16	13.32
12	22.16	13.25
13	22.65	14.51
14	24.32	16.0
15	25.45	16.76
16	27.65	18.74

Nr	X (m)	y (m)
17	28.42	19.6
18	30.35	21.28
19	31.22	21.71
20	31.81	21.99

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	1.0	0.0
3	2.08	0.47
4	2.59	0.59
5	2.98	0.7
6	4.5	1.89
7	12.98	6.0
8	13.95	7.0
9	18.47	9.0
10	22.0	10.0
11	31.81	19.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	0	0	35	19.00	20.00	Terreno vegetale
2	1300	0	68.8	27.00	27.00	Substrato roccioso

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (kN/m ³)
1	19.23	12.12	0	0	1.2	0.4	0.6	25

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	19.2	13.4	22.2	13.4	25

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.22
Ascissa centro superficie	11.94 m
Ordinata centro superficie	18.01 m
Raggio superficie	8.47 m

Numero di superfici esaminate....(221)

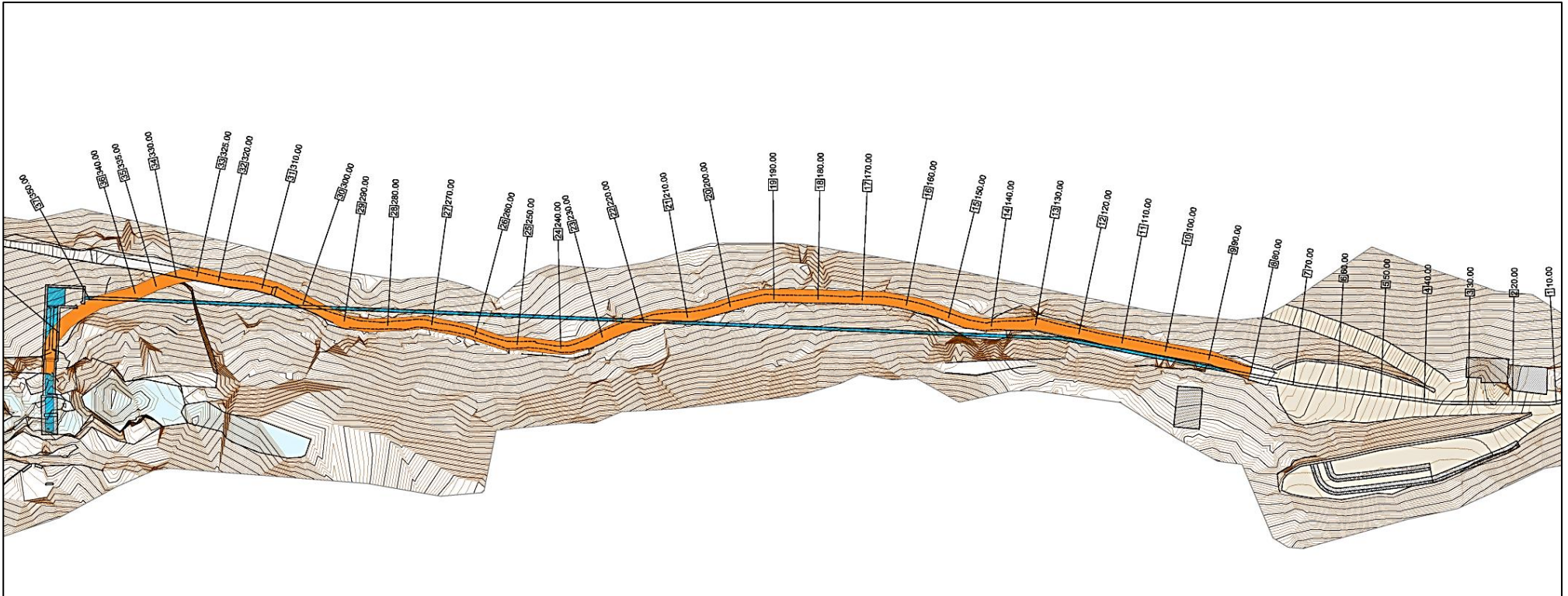
N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	11.9	15.0	6.9	1.49
2	12.2	15.3	6.9	1.49
3	12.5	15.0	6.5	1.53
4	12.8	15.3	6.6	1.51
5	13.1	15.0	6.2	1.54
6	13.4	15.3	6.2	1.54
7	13.7	15.0	5.9	1.57
8	14.0	15.3	5.8	1.55
9	14.3	15.0	5.8	1.48
10	14.6	15.3	5.8	1.41
11	14.9	15.0	6.0	1.54
12	15.2	15.3	5.9	1.49
13	15.5	15.0	5.8	1.56

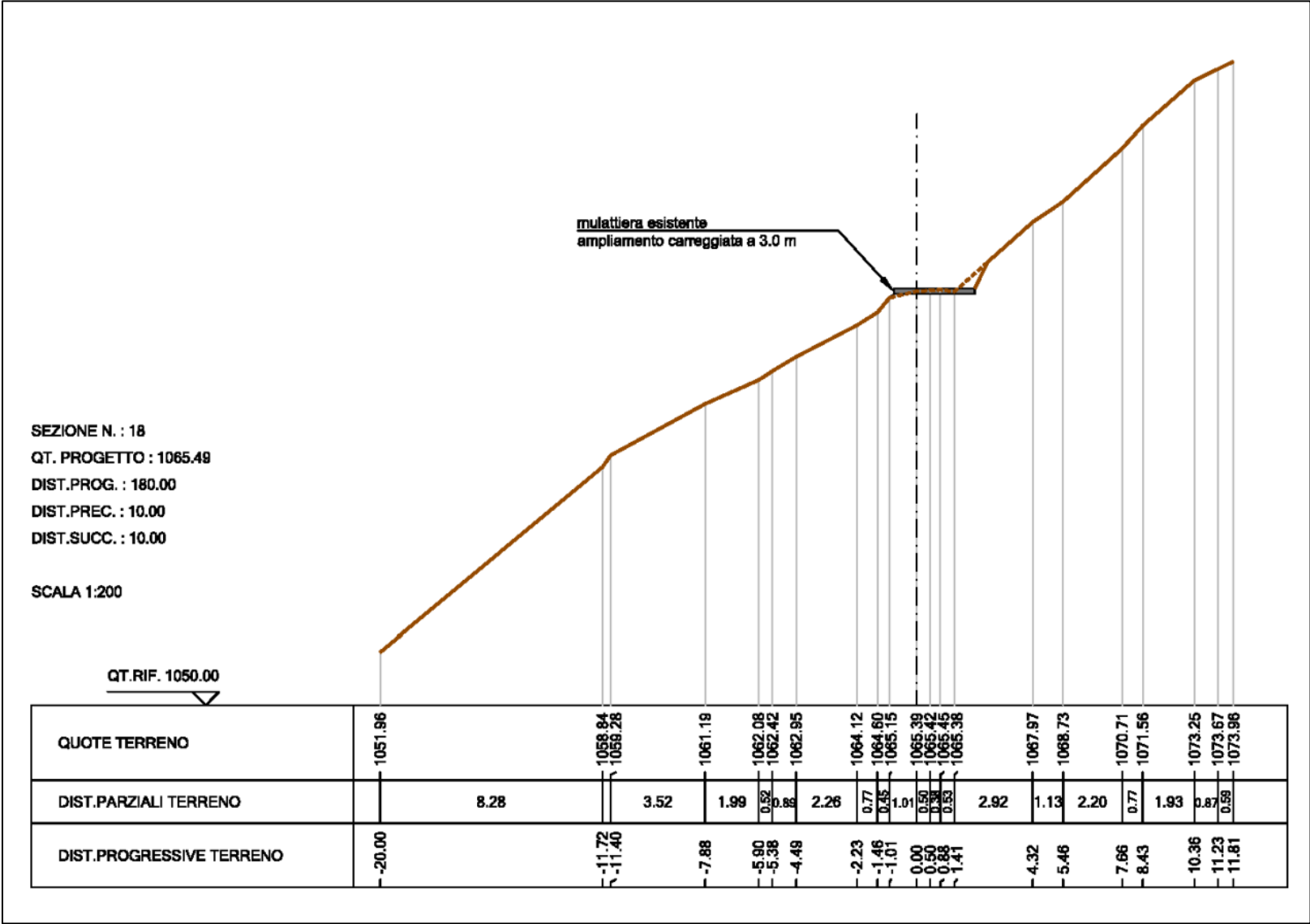
14	15.8	15.3	5.8	1.56
15	16.1	15.0	5.4	1.62
16	16.4	15.3	5.4	1.60
17	16.7	15.0	5.1	1.67
18	17.0	15.3	5.1	1.69
19	17.3	15.0	4.9	1.80
20	17.6	15.3	4.7	1.78
21	17.9	15.0	4.7	2.01
22	11.9	15.6	7.3	1.47
23	12.2	15.9	7.4	1.47
24	12.5	15.6	7.0	1.49
25	12.8	15.9	7.0	1.49
26	13.1	15.6	6.6	1.52
27	13.4	15.9	6.5	1.46
28	13.7	15.6	6.1	1.50
29	14.0	15.9	6.0	1.45
30	14.3	15.6	5.6	1.51
31	14.6	15.9	7.3	1.56
32	14.9	15.6	5.7	1.35
33	15.2	15.9	5.6	1.36
34	15.5	15.6	5.9	1.45
35	15.8	15.9	5.8	1.45
36	16.1	15.6	5.7	1.54
37	16.4	15.9	5.7	1.54
38	16.7	15.6	5.4	1.59
39	17.0	15.9	5.4	1.64
40	17.3	15.6	5.1	1.71
41	17.6	15.9	5.0	1.73
42	17.9	15.6	4.7	1.85
43	11.9	16.2	7.7	1.44
44	12.2	16.5	7.7	1.43
45	12.5	16.2	7.4	1.45
46	12.8	16.5	7.2	1.39
47	13.1	16.2	6.8	1.42
48	13.4	16.5	6.7	1.36
49	13.7	16.2	6.3	1.40
50	14.0	16.5	7.9	1.48
51	14.3	16.2	7.6	1.52
52	14.6	16.5	7.4	1.45
53	14.9	16.2	7.2	1.49
54	15.2	16.5	7.1	1.48
55	15.5	16.2	5.6	1.34
56	15.8	16.5	7.1	1.60
57	16.1	16.2	5.7	1.44
58	16.4	16.5	5.7	1.45
59	16.7	16.2	5.7	1.58
60	17.0	16.5	5.7	1.61
61	17.3	16.2	5.4	1.67
62	17.6	16.5	5.3	1.76
63	17.9	16.2	5.0	1.84
64	11.9	16.8	8.1	1.40
65	12.2	17.1	7.9	1.34
66	12.5	16.8	7.6	1.37
67	12.8	17.1	7.4	1.29
68	13.1	16.8	7.0	1.33
69	13.4	17.1	8.6	1.43
70	13.7	16.8	8.3	1.46
71	14.0	17.1	8.1	1.40
72	14.3	16.8	7.8	1.42
73	14.6	17.1	7.6	1.37
74	14.9	16.8	7.2	1.39
75	15.2	17.1	7.0	1.39
76	15.5	16.8	7.0	1.47
77	15.8	17.1	6.8	1.46
78	16.1	16.8	7.0	1.60
79	16.4	17.1	6.9	1.63
80	16.7	16.8	5.6	1.51
81	17.0	17.1	5.6	1.59
82	17.3	16.8	5.7	1.67
83	17.6	17.1	6.9	1.76
84	17.9	16.8	5.3	1.88
85	11.9	17.4	8.3	1.33
86	12.2	17.7	8.1	1.24
87	12.5	17.4	7.8	1.27
88	12.8	17.7	9.3	1.39

89	13.1	17.4	8.9	1.41
90	13.4	17.7	8.8	1.38
91	13.7	17.4	8.4	1.40
92	14.0	17.7	8.2	1.34
93	14.3	17.4	7.9	1.35
94	14.6	17.7	7.7	1.33
95	14.9	17.4	7.4	1.37
96	15.2	17.7	7.2	1.37
97	15.5	17.4	6.8	1.39
98	15.8	17.7	6.7	1.41
99	16.1	17.4	6.7	1.47
100	16.4	17.7	6.6	1.53
101	16.7	17.4	6.8	1.64
102	17.0	17.7	6.7	1.68
103	17.3	17.4	6.9	1.68
104	17.6	17.7	6.6	1.70
105	17.9	17.4	6.5	1.74
106	11.9	18.0	8.5	1.22
107	12.2	18.3	10.0	1.37
108	12.5	18.0	9.6	1.38
109	12.8	18.3	9.4	1.34
110	13.1	18.0	9.1	1.35
111	13.4	18.3	8.9	1.31
112	13.7	18.0	8.6	1.32
113	14.0	18.3	8.4	1.30
114	14.3	18.0	8.0	1.31
115	14.6	18.3	7.9	1.32
116	14.9	18.0	7.5	1.35
117	15.2	18.3	8.9	1.50
118	15.5	18.0	7.0	1.40
119	15.8	18.3	8.4	1.53
120	16.1	18.0	8.1	1.57
121	16.4	18.3	7.9	1.55
122	16.7	18.0	8.0	1.61
123	17.0	18.3	7.9	1.63
124	17.3	18.0	8.0	1.69
125	17.6	18.3	7.7	1.69
126	17.9	18.0	7.6	1.74
127	11.9	18.6	10.3	1.34
128	12.2	18.9	10.1	1.32
129	12.5	18.6	9.8	1.33
130	12.8	18.9	9.6	1.29
131	13.1	18.6	9.3	1.30
132	13.4	18.9	9.1	1.28
133	13.7	18.6	8.7	1.29
134	14.0	18.9	8.5	1.31
135	14.3	18.6	8.2	1.31
136	14.6	18.9	9.6	1.45
137	14.9	18.6	9.3	1.47
138	15.2	18.9	9.0	1.44
139	15.5	18.6	8.7	1.47
140	15.8	18.9	8.5	1.57
141	16.1	18.6	8.2	1.52
142	16.4	18.9	9.5	1.59
143	16.7	18.6	7.8	1.56
144	17.0	18.9	9.1	1.62
145	17.3	18.6	7.8	1.62
146	17.6	18.9	8.9	1.65
147	17.9	18.6	8.7	1.70
148	11.9	19.2	10.5	1.29
149	12.2	19.5	10.3	1.26
150	12.5	19.2	10.0	1.29
151	12.8	19.5	9.8	1.27
152	13.1	19.2	9.4	1.27
153	13.4	19.5	10.8	1.40
154	13.7	19.2	10.5	1.43
155	14.0	19.5	10.3	1.45
156	14.3	19.2	9.9	1.42
157	14.6	19.5	9.7	1.45
158	14.9	19.2	9.4	1.48
159	15.2	19.5	9.2	1.51
160	15.5	19.2	8.8	1.54
161	15.8	19.5	10.1	1.52
162	16.1	19.2	9.8	1.56
163	16.4	19.5	9.6	1.54

164	16.7	19.2	9.3	1.58
165	17.0	19.5	9.0	1.56
166	17.3	19.2	9.0	1.59
167	17.6	19.5	8.7	1.59
168	17.9	19.2	8.5	1.62
169	11.9	19.8	10.7	1.27
170	12.2	20.1	10.3	1.39
171	12.5	19.8	11.7	1.43
172	12.8	20.1	11.3	1.40
173	13.1	19.8	11.1	1.44
174	13.4	20.1	10.8	1.39
175	13.7	19.8	10.6	1.43
176	14.0	20.1	10.3	1.39
177	14.3	19.8	10.1	1.43
178	14.6	20.1	9.7	1.43
179	14.9	19.8	9.5	1.46
180	15.2	20.1	10.7	1.47
181	15.5	19.8	10.5	1.50
182	15.8	20.1	10.1	1.47
183	16.1	19.8	9.9	1.50
184	16.4	20.1	9.6	1.51
185	16.7	19.8	9.3	1.53
186	17.0	20.1	10.5	1.52
187	17.3	19.8	8.8	1.54
188	17.6	20.1	10.0	1.53
189	17.9	19.8	9.9	1.56
190	11.9	20.4	10.5	1.30
191	12.2	20.7	11.7	1.32
192	12.5	20.4	11.5	1.35
193	12.8	20.7	11.2	1.30
194	13.1	20.4	11.0	1.35
195	13.4	20.7	10.6	1.34
196	13.7	20.4	10.4	1.36
197	14.0	20.7	10.1	1.40
198	14.3	20.4	9.9	1.40
199	14.6	20.7	11.1	1.41
200	14.9	20.4	10.9	1.42
201	15.2	20.7	10.5	1.42
202	15.5	20.4	10.3	1.45
203	15.8	20.7	11.5	1.46
204	16.1	20.4	9.8	1.48
205	16.4	20.7	10.9	1.46
206	16.7	20.4	10.7	1.49
207	17.0	20.7	10.4	1.48
208	17.3	20.4	10.2	1.50
209	17.6	20.7	10.1	1.49
210	17.9	20.4	9.8	1.51
211	11.9	21.0	11.9	1.30
212	12.5	21.0	11.3	1.28
213	13.1	21.0	10.8	1.32
214	13.7	21.0	11.8	1.39
215	14.3	21.0	11.3	1.39
216	14.9	21.0	10.7	1.41
217	15.5	21.0	11.7	1.44
218	16.1	21.0	11.1	1.46
219	16.7	21.0	10.6	1.46
220	17.3	21.0	10.3	1.47
221	17.9	21.0	9.8	1.48

=====





INDAGINI GEOFISICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

Committente:

Comune di Rassa

Sito:

Vallone del Torrente Sorba, Rassa (VC)



Indagini geofisiche per la caratterizzazione stratigrafica

Relazione n:	3504/17
Redatto da:	Dott. Geol. Emmanuele Duò
Controllato da:	Dott. Geol. Mario Naldi
Data:	Gennaio 2017
Revisione:	0

Sommario

1. INTRODUZIONE	1
2. UBICAZIONE INDAGINI	1
3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA ED ELABORAZIONE DATI.....	3
4. RISULTATI OTTENUTI.....	4
4.1 Sezione sismica "SIS1" - Punto di presa	4
4.2 Sezione sismica "SIS2" – Camera di compensazione	5
4.3 Sezione sismica "SIS3" – Tracciato della condotta	6
4.4 Sezione sismica "SIS4" – Centrale idroelettrica	7
5. CONCLUSIONI.....	8

In allegato:

Tavole 1-4	Indagini sismiche per la caratterizzazione stratigrafica
Appendice A	Cenni sulla metodologia sismica a rifrazione

1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive le indagini sismiche realizzate in data 6 dicembre 2016 su incarico del Comune di Rassa lungo il vallone del Torrente Sorba.

Le indagini geofisiche sono richieste al fine di effettuare le valutazioni geologiche propedeutiche al corretto svolgimento delle operazioni di costruzione di un impianto idroelettrico per la generazione di elettricità, definendo il contesto litostratigrafico locale in alcuni punti importanti dell'opera idraulica.

La tecnica utilizzata per rispondere alle richieste del Committente, viste le caratteristiche del sito, è la sismica a rifrazione in onde di compressione.

I risultati delle indagini sono illustrati nelle Tavole allegate al testo e commentati nelle pagine seguenti.

2. UBICAZIONE INDAGINI

La scelta dei siti dove effettuare la caratterizzazione ed il posizionamento degli stendimenti sismici è stata definita mediante la consulenza tecnica del Geol. Strona in fase preliminare all'esecuzione delle indagini. Si sono realizzate nel complesso quattro sezioni sismiche a rifrazione in corrispondenza di altrettanti punti importanti dell'opera idraulica in progetto.

L'ubicazione delle indagini geofisiche è riportata nella Tavola 1 allegata in appendice al testo e nelle figure 1 e 2 seguenti.

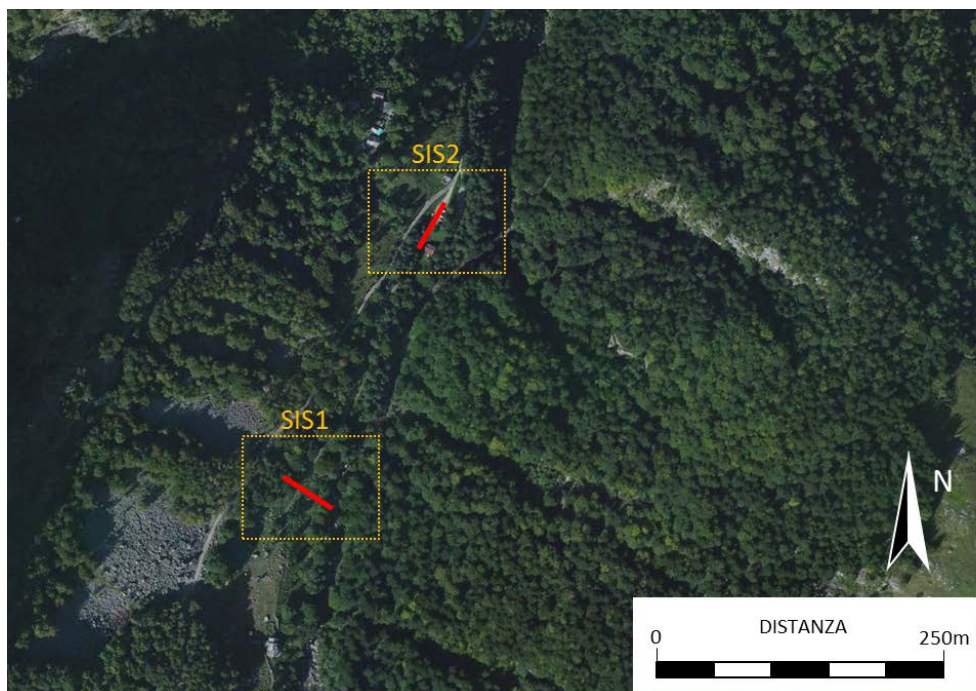


Figura 1 – Ubicazione sezioni sismiche SIS 1 (opera di presa) e SIS 2 (vasca di compensazione)

Gli stendimenti sismici sono stati realizzati mediante 24 canali attivi e spaziature intergeofoniche di 2 o 3 metri in relazione agli spazi disponibili; anche l'orientazione degli stendimenti è stata scelta in funzione delle caratteristiche dei siti, alternativamente parallela alla massima pendenza del versante o all'asse della condotta.

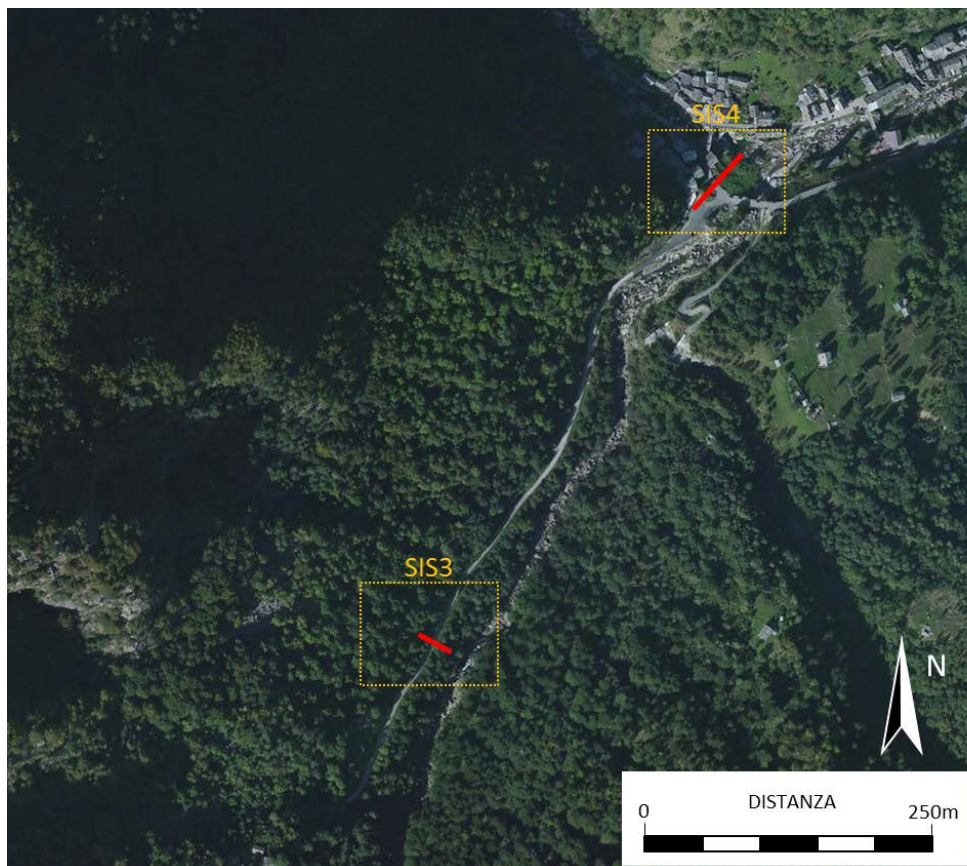


Figura 2 – Ubicazione sezioni sismiche SIS 3 (tracciato) e SIS 4 (centrale idroelettrica)

Al fine di ricostruire con accuratezza i dislivelli tra i geofoni, nell'ottica di ottenere un'elevata precisione nei modelli tomografici definitivi, si è proceduto ad integrare le posizioni GPS di ciascuno stendimento acquisito all'interno di un rilievo cartografico di dettaglio fornito dal consulente tecnico.

Nella seguente tabella sono riassunte le principali caratteristiche geometriche di ciascuna sezione sismica.

SEZIONE	PROGETTO	L (m)	I (m)	QUOTA MAX (m s.l.m.)	QUOTA MIN (m s.l.m.)
SIS1	Opera di presa	63	3	1080.5	1057.5
SIS2	Vasca di compensazione	46	2	1055	1050.5
SIS3	Tracciato della condotta	46	2	1014	988
SIS4	Centrale idroelettrica	69	3	936.5	923

Tabella 1 – Caratteristiche geometriche delle sezioni sismiche (L=lunghezza complessiva, I=interdistanza geofonica)

3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA ED ELABORAZIONE DATI

L'acquisizione dei dati sismici a rifrazione è stata realizzata con sismografo Daq Link IV (Seismic Source, USA) a 24 canali. L'unità di acquisizione, dotata di un convertitore analogico/digitale a 24 bit, è fornita di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un laptop su cui è installato il software (VibraScope ® v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.



Figura 3 – Strumentazione utilizzata – Sismografo Daq Link IV

I sensori utilizzati (geofoni, Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari a 40 Hz, con distorsione inferiore allo 0.2%.

La generazione del segnale sismico è stata realizzata con mazza da 10 Kg dotata di interruttore inerziale in undici/dodici punti di energizzazione omogeneamente distribuiti lungo la linea.

Per l'elaborazione dei dati sismici a rifrazione si è proceduto al riconoscimento e raccolta dei dati dei primi arrivi (software *Reflexw*, Sandmeier Software, D). Successivamente le onde di primo arrivo sono state elaborate con il metodo GRM (General Reciprocal Method) accoppiato ad una inversione tomografica su una griglia di nodi equispaziati per una modellazione della distribuzione delle velocità delle onde di compressione nel sottosuolo (software *Rayfract*, Intelligent Resources Inc., CDN). Il metodo dell'inversione tomografica consente (con un sufficiente numero di scoppi) di individuare anche eventuali inversioni di velocità (che costituiscono il limite della prospezione sismica a rifrazione).

4. RISULTATI OTTENUTI

Nelle Tavole 2÷4 allegate in appendice al testo sono illustrate le mappe di distribuzione delle velocità delle onde di compressione (V_p) per le quattro sezioni acquisite; i modelli tomografici di V_p sono riportati anche nel testo per una migliore comprensione dei risultati (Figure 4÷7).

4.1 Sezione sismica “SIS1” - Punto di presa

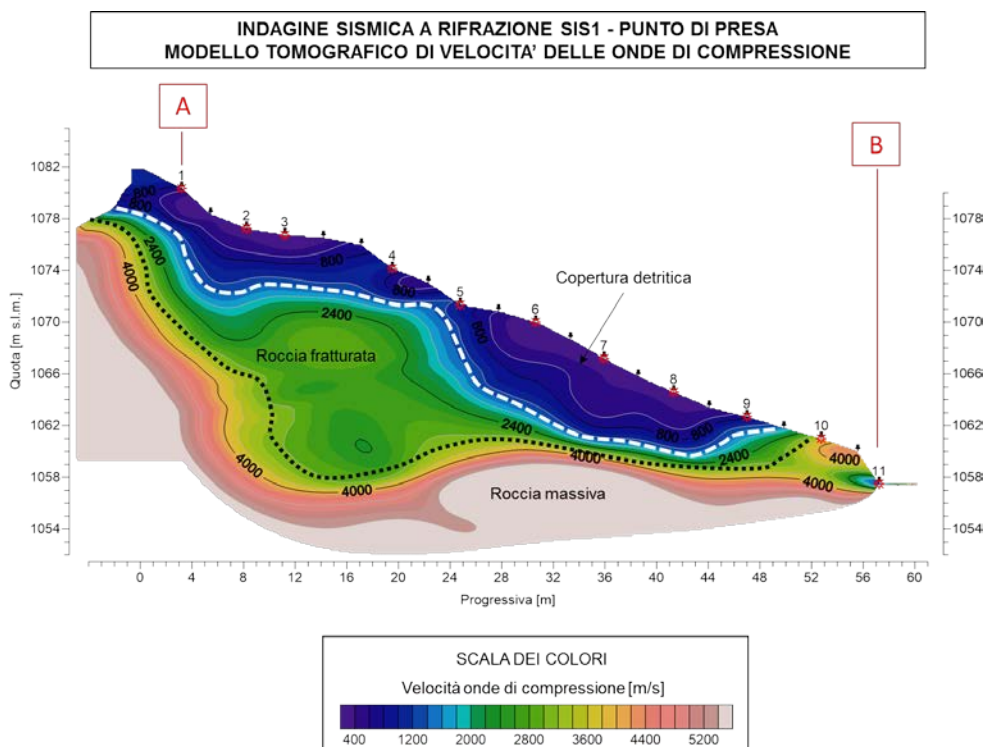


Figura 4 – Sezione sismica a rifrazione “SIS1” (A-B)

Il modello sismostratigrafico individuato identifica tre unità chiaramente distinte:

- Un sismostrato superficiale caratterizzato da velocità delle onde di compressione inferiori a 1200 m/s (colore viola-blu). Tale sismostrato individua i modesti livelli di coperture detritiche di versante o torrentizie e comprende aree in cui la roccia sub-affiorante risulta fortemente detensionata e fratturata. Si ipotizzano accumuli detritici in spessori pari o poco superiori a 5 metri tra le progressive 0 ÷ 18 metri e tra le progressive 25 ÷ 45 metri.
- Un secondo sismostrato, materializzato da un deciso incremento nel gradiente di velocità, con velocità delle onde di compressione crescenti da 1200 m/s a circa 3000 m/s (colore azzurro-verde). Sono rappresentati da questo sismostrato i materiali afferenti al substrato roccioso in condizioni di fratturazione da estesa a moderata. La potenza di tale livello varia sensibilmente lungo la sezione da 1-2 metri ad oltre 10 metri tra le progressive 9 ÷ 23 metri.
- Un terzo sismostrato, affiorante lungo il fondovalle e presente in profondità lungo tutta la sezione, è costituito dalle rocce massive del substrato in posto, e caratterizzato da valori di V_p superiori a 3400 m/s (colore giallo-rosso).

4.2 Sezione sismica “SIS2” – Camera di compensazione

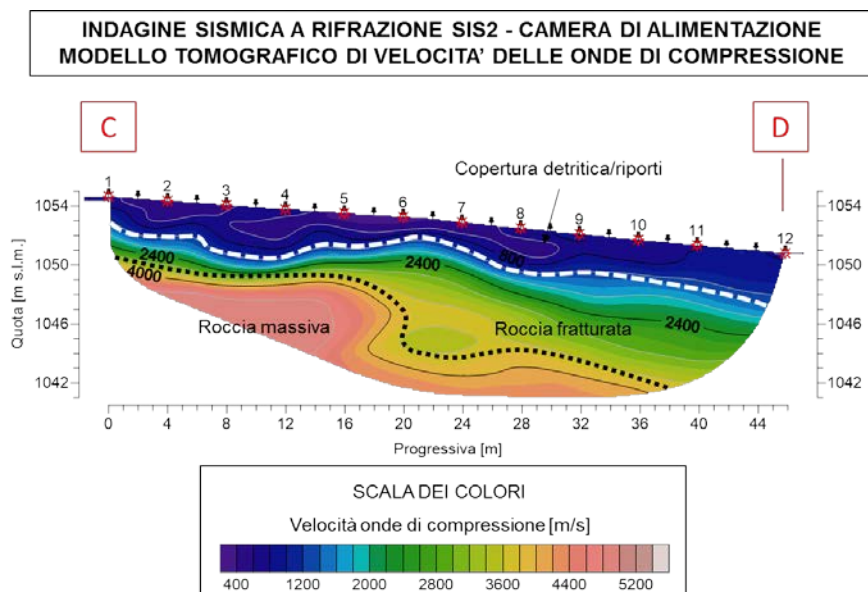


Figura 5 – Sezione sismica a rifrazione “SIS2” (C-D)

Il contesto sismostratigrafico per la sezione “SIS2” non differisce rispetto a quanto osservato nel sito destinato ad ospitare l'opera di presa. In dettaglio si riconoscono:

- Un sismostrato superficiale caratterizzato da velocità delle onde di compressione inferiori a 1200 m/s (colore viola-blu), consistente in livelli di spessore inferiore a 4 metri di coperture detritiche di versante o materiali rimaneggiati durante l'apertura della strada. Il gradiente di velocità oltre i 3-4 metri di profondità presenta valori molto elevati e definisce il limite superiore di:
- Un secondo sismostrato, caratterizzato da velocità delle onde di compressione crescenti da 1200 m/s a circa 3200 m/s (colore azzurro-verde). Sono inclusi in questo sismostrato i materiali riferibili al substrato roccioso in condizioni di fratturazione da estesa a moderata. La potenza di tale livello varia lungo la sezione da 1-2 metri a circa 5 metri tra le progressive 20 ÷ 44 metri.
- Un terzo sismostrato, costituito dalle rocce massive del substrato in posto e caratterizzato da valori di V_p superiori a 3400 m/s (colore giallo-rosso); questa terza unità sismostratigrafica è localizzata già a debole profondità in corrispondenza della prima metà della sezione e si approfondisce oltre la progressiva 20 metri.

4.3 Sezione sismica “SIS3” – Tracciato della condotta

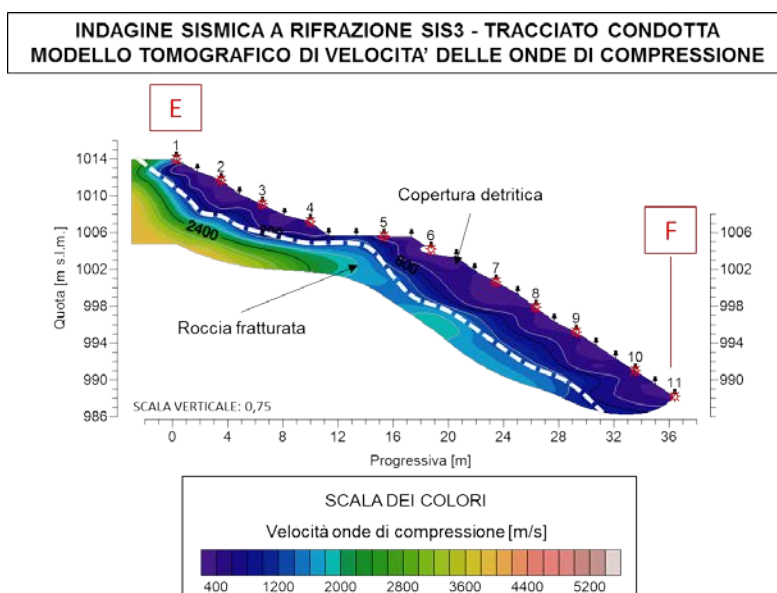


Figura 6 – Sezione sismica a rifrazione “SIS3” (E-F)

La sezione “SIS3” è stata realizzata trasversalmente all'asse della condotta e della strada che percorre la Val Sorba sul suo lato sinistro. Il modello sismostratigrafico evidenzia:

- Un sismostrato superficiale caratterizzato da velocità delle onde di compressione inferiori a 1200 m/s (colore viola-blu), consistente in livelli di coperture detritiche di versante scarsamente addensate. Lo spessore del sismostrato è pari a circa 3-4 metri nel settore a monte della strada e pari a 6-7 metri nella parte di sezione localizzata a valle della strada. In corrispondenza della strada lo spessore di tale sismostrato è molto basso (roccia subaffiorante).
- Un secondo sismostrato, caratterizzato da velocità delle onde di compressione crescenti da 1200 m/s a circa 3600 m/s (colore azzurro-verde-giallo). Sono inclusi in questo sismostrato i materiali riferibili al substrato roccioso in condizioni di fratturazione da estesa a ridotta. Si nota una significativa differenza nell'andamento del gradiente di velocità prima e dopo la progressiva 12 metri, in ragione di un differente grado di fratturazione e decompressione degli ammassi rocciosi nelle rispettive porzioni di versante.

4.4 Sezione sismica “SIS4” – Centrale idroelettrica

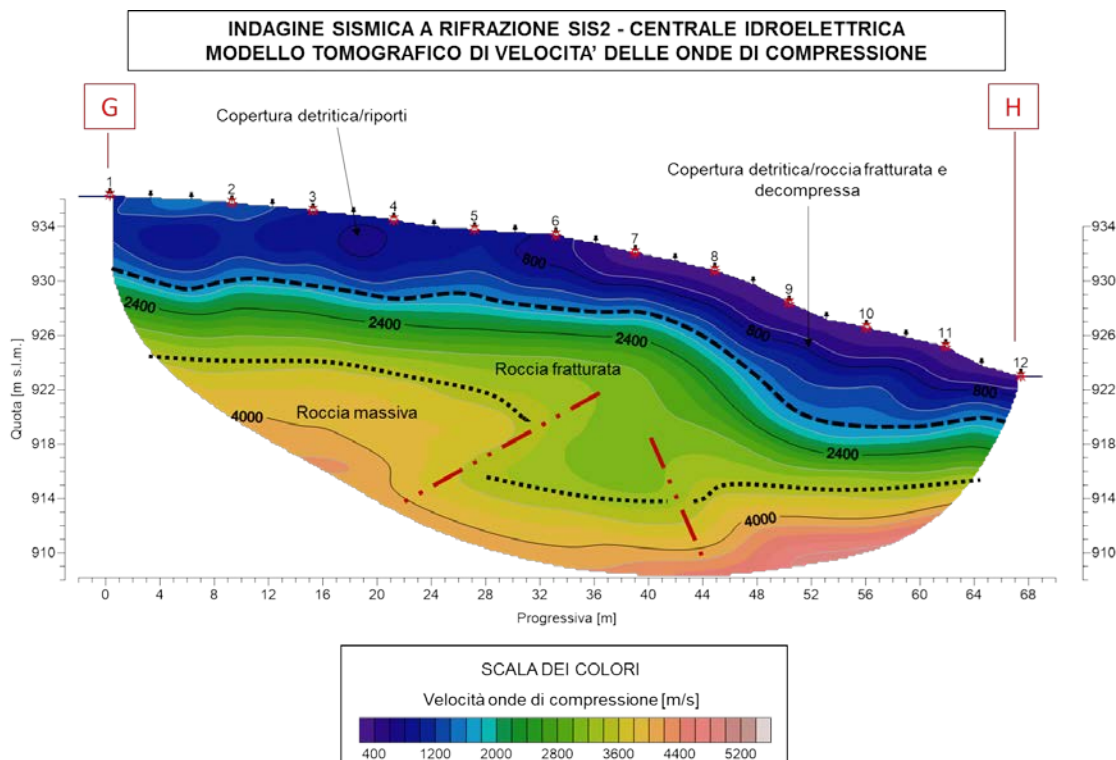


Figura 7 – Sezione sismica a rifrazione “SIS4” (G-H)

La sezione “SIS4” è stata realizzata parallelamente all'asse della condotta ed è stata posizionata parzialmente lungo la strada e parzialmente sui terreni prativi ubicati in prossimità della confluenza tra il Torrente Sorba ed il Torrente Gronda. Il modello sismostratigrafico identifica tre livelli:

- Un sismostrato superficiale caratterizzato da velocità delle onde di compressione inferiori a 1400 m/s (colore viola-blu), consistente in livelli di coperture detritiche di versante e fondovalle e in materiali rimaneggiati e riporti (in corrispondenza della strada) scarsamente addensati. Lo spessore del sismostrato è compreso tra i 5 ed i 7 metri e tende a ridursi in corrispondenza del margine nord-orientale della sezione (capo H in figura 7).
- Un secondo sismostrato, caratterizzato da velocità delle onde di compressione crescenti da 1200 m/s a circa 3400 m/s (colore azzurro-verde). Questo secondo sismostrato comprende materiali riferibili al substrato roccioso in condizioni di fratturazione da estesa a moderata. Lo spessore di questa unità varia da circa 5-6 metri agli estremi dello stendimento, a oltre 8 metri nel settore centrale, dove è possibile ipotizzare la presenza di una discontinuità tettonica di importanza locale.
- Un terzo sismostrato è caratterizzato da V_p superiori a 3400 m/s (colore giallo-rosso) e comprende materiali riferibili al substrato roccioso in condizioni di scarsa fratturazione.

5. CONCLUSIONI

Le indagini sismiche a rifrazione eseguite nel territorio comunale di Rassa, lungo il tracciato di progetto di un impianto mini-idroelettrico che deriverà acqua dal torrente Sorba, hanno definito dal punto di vista litostratigrafico quattro siti di interesse. Sono stati caratterizzati da monte verso valle il sito in cui saranno realizzati gli scavi per l'opera di presa, il sito destinato ad ospitare la vasca di compensazione, un punto di interesse lungo il tracciato ed il punto in cui sarà realizzata la centrale idroelettrica.

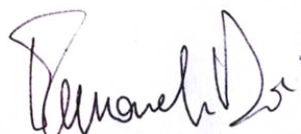
Il quadro sismostratigrafico delineato è definito da:

- Livelli di coperture detritiche continue ma caratterizzate da spessori modesti, non superiori a 6-7 metri e talvolta inferiori ai 3 metri, il cui livello basale coincide ovunque con il substrato roccioso in posto, in relazione agli elevati valori del gradiente di velocità riscontrati. A questo primo sismostrato possono fare riferimento anche porzioni di substrato altamente fratturate e decomprese, che possono essere considerate comunque escavabili ($V_p \leq 1000$ m/s).
- Materiali litoidi da intensamente a moderatamente fratturati, talvolta subaffioranti, in spessori generalmente non superiori a 4-5 metri. Localmente e per effetto di probabili zone di taglio, il substrato roccioso fratturato raggiunge spessori pari a circa 8-10 metri.
- Substrato roccioso in buone condizioni meccaniche, presente in media oltre i 7-8 metri da p.c. nella parte alta del tracciato e oltre i 12 metri da p.c. nella parte finale del tracciato in progetto.

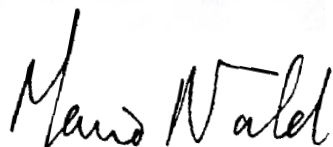
Le indagini sismiche hanno definito con buon dettaglio le geometrie e gli spessori dei corpi detritici e delle coperture in appoggio sul substrato roccioso. Si presume che gli scavi in progetto interesseranno in alcuni casi anche i livelli di substrato roccioso evidenziati dalle sezioni sismiche; la presenza di rocce molto competenti con buone caratteristiche geomeccaniche deve essere valutata con attenzione in relazione al possibile condizionamento di tempi e metodi di scavo attesi da progetto.

Techgea S.r.l.

Redatto da: Dott. Geol. Emmanuele Duò

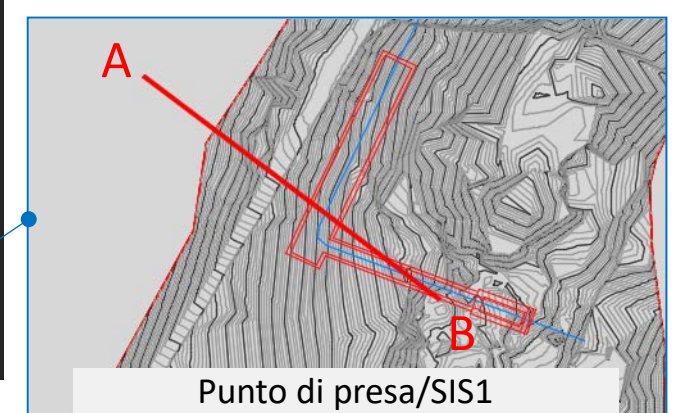
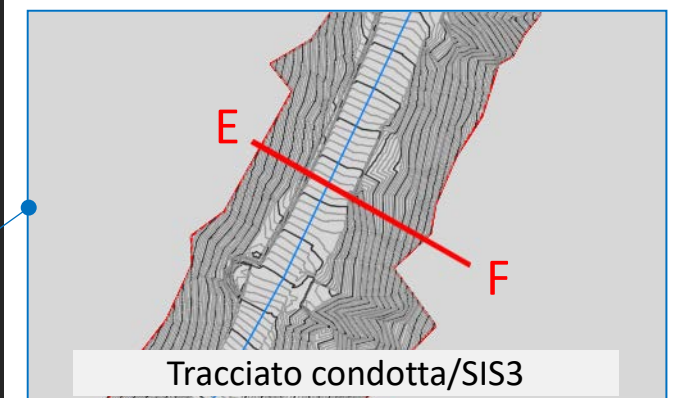
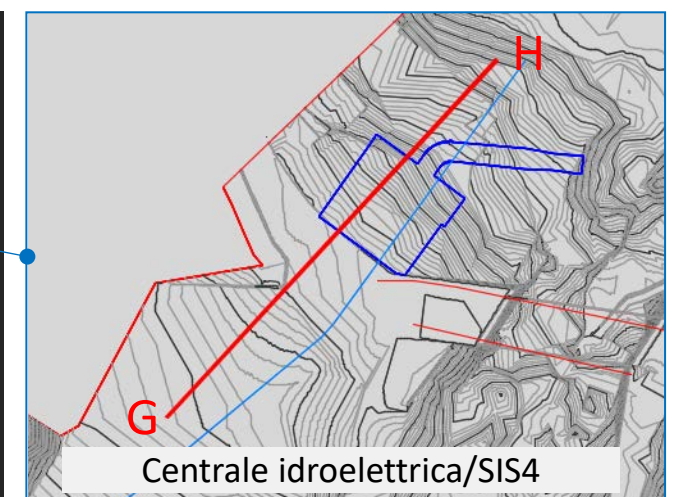
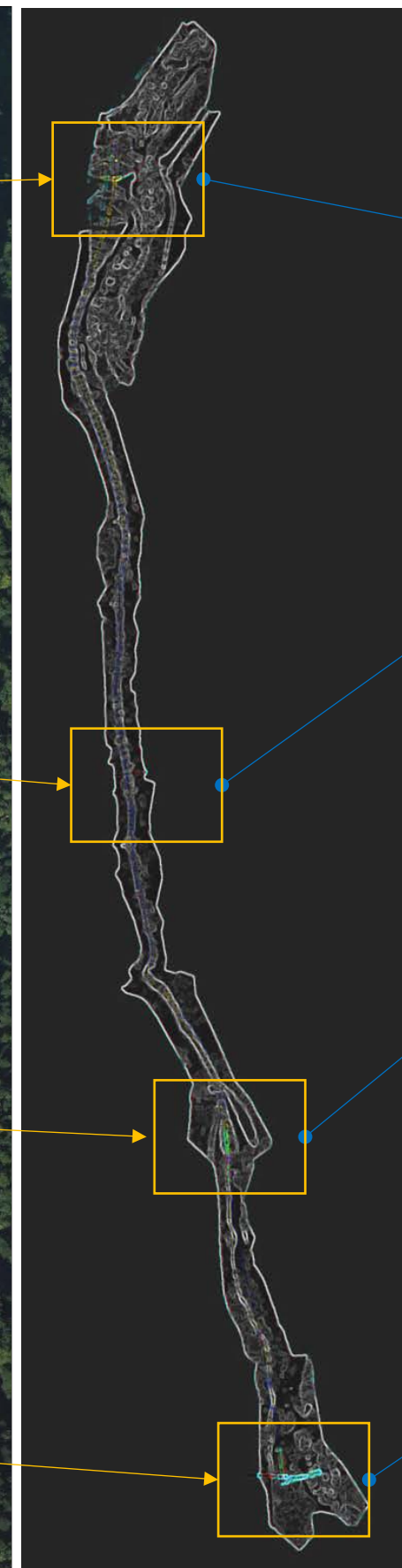
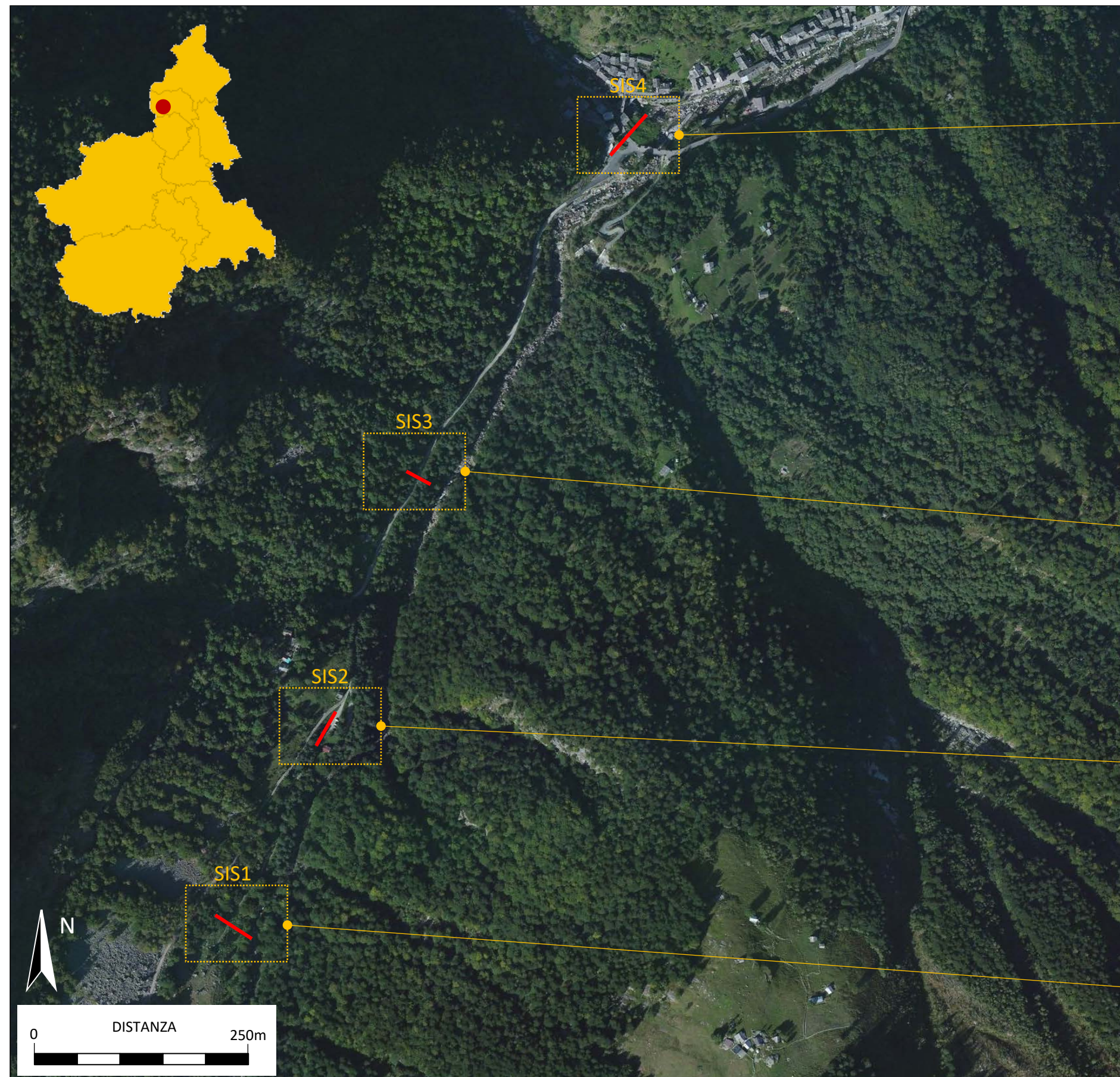


Controllato da: Dott. Geol. Mario Naldi

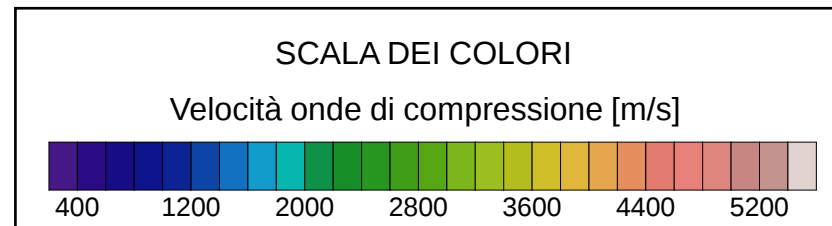
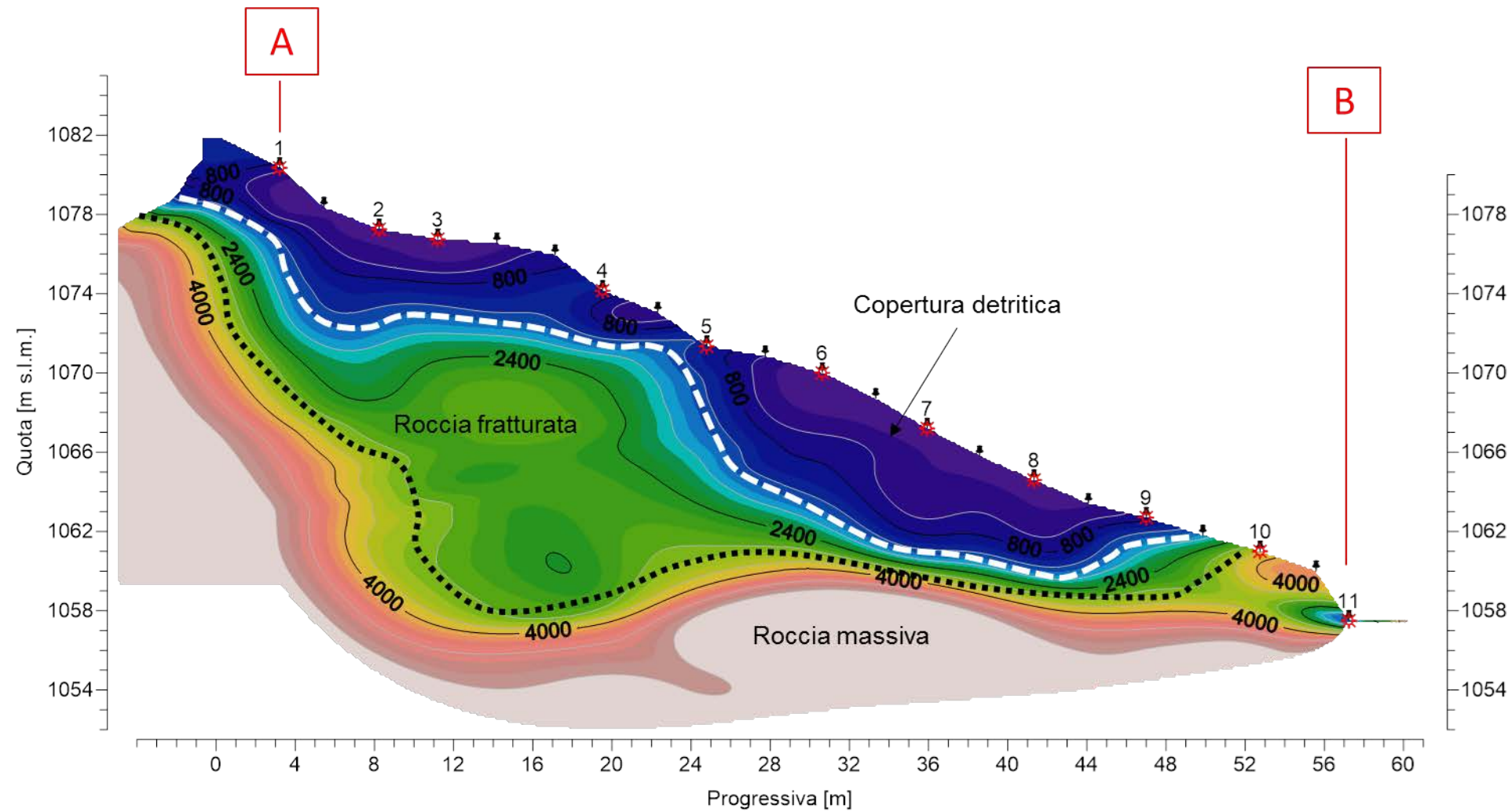


TAVOLE

UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

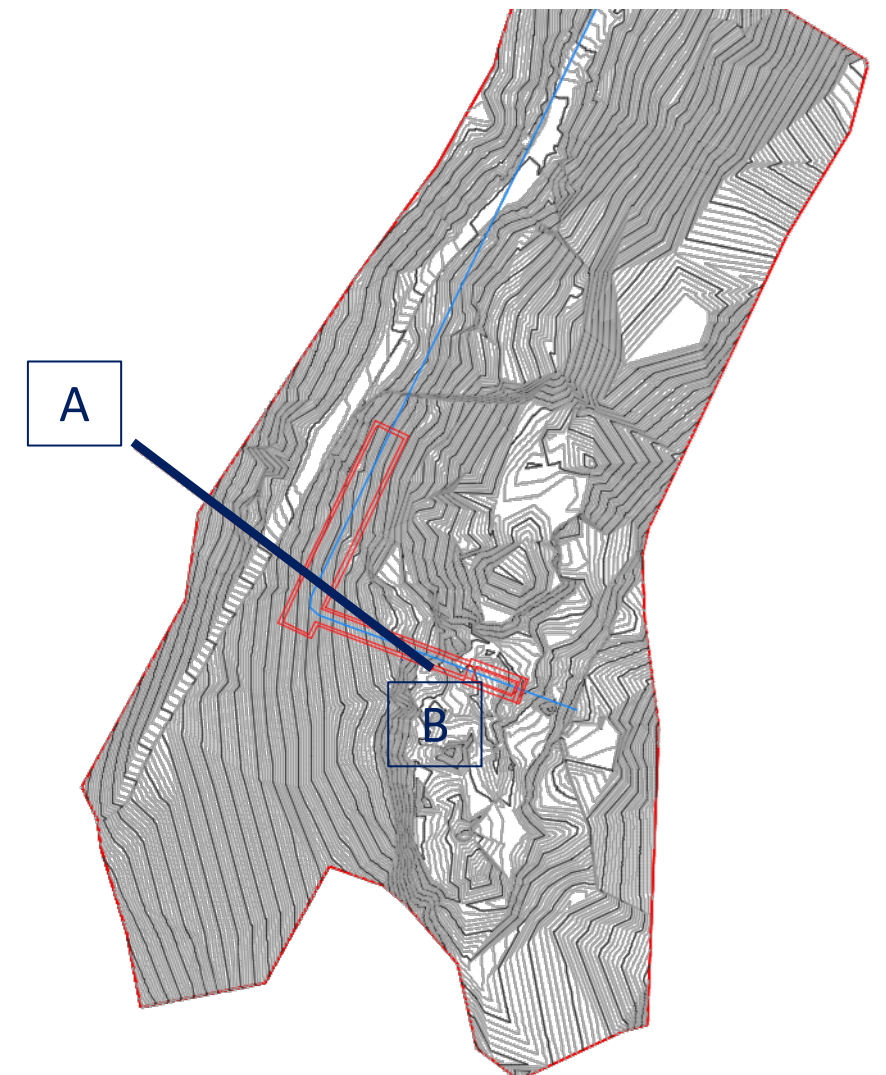


PUNTO DI PRESA/SIS1
MODELLO TOMOGRAFICO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI COMPRESSIONE



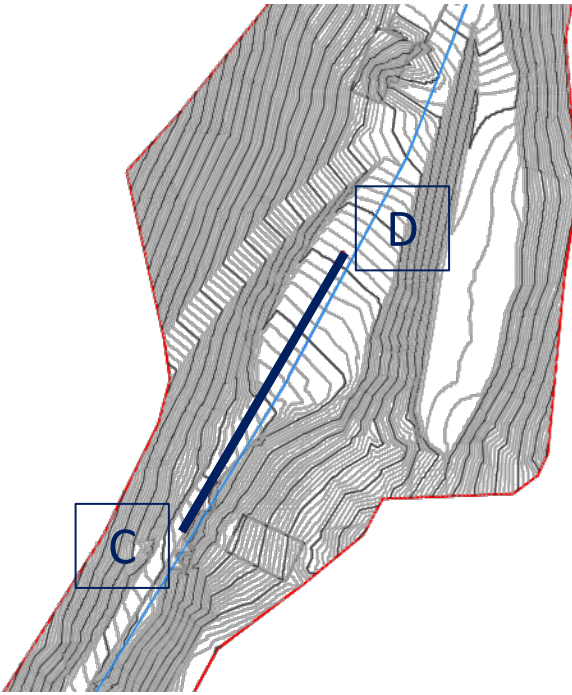
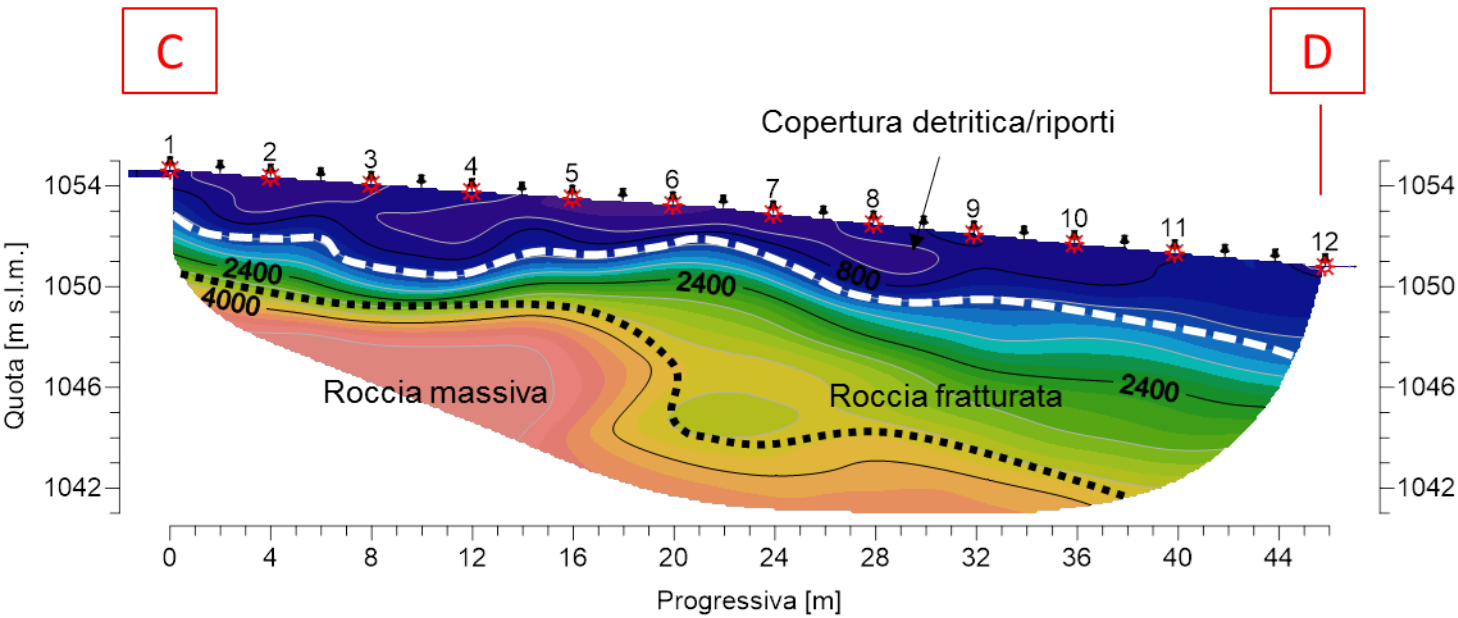
COORDINATE DELLA SEZIONE (UTM WGS 84)

PUNTO	NORD	EST
A	5067772	422662
B	5067739	422704

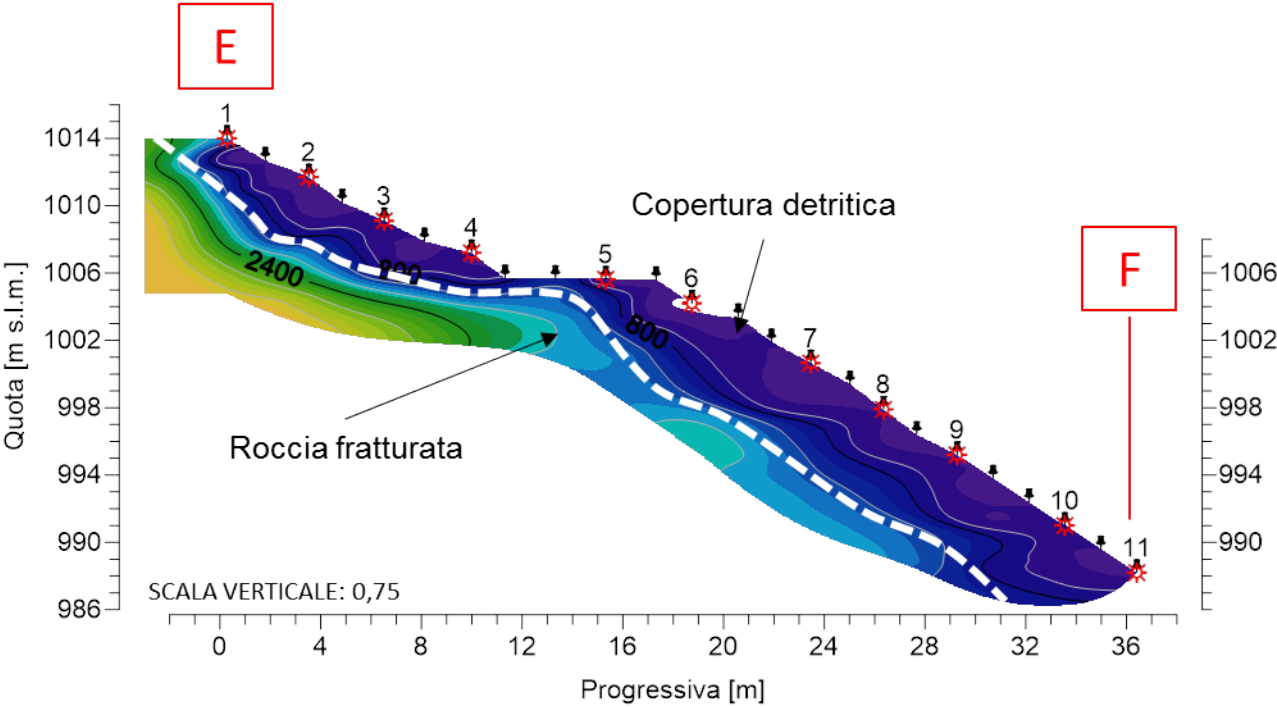




CAMERA DI ALIMENTAZIONE/SIS2
MODELLO TOMOGRAFICO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI COMPRESSIONE

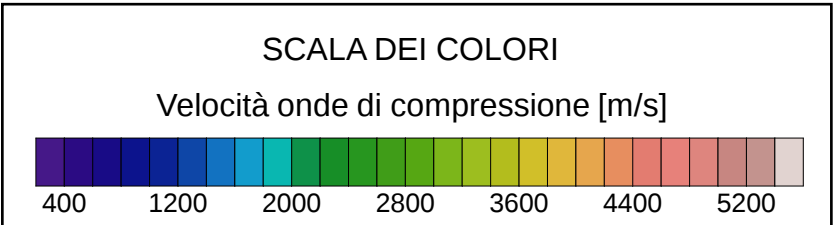
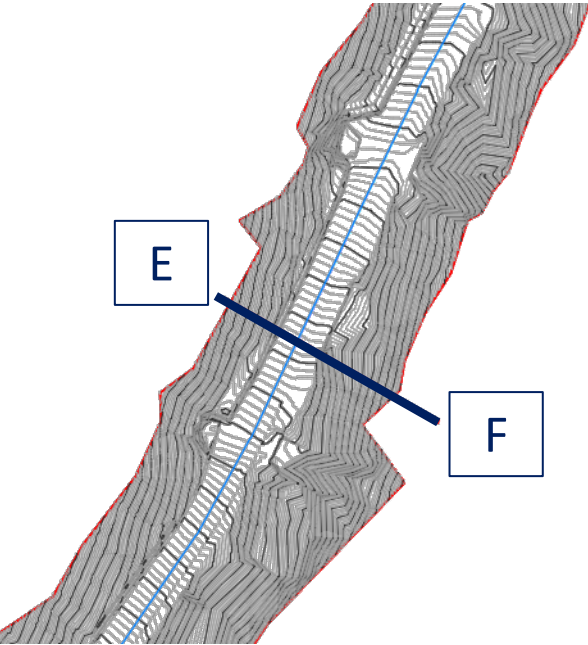


TRACCIATO CONDOTTA/SIS3
MODELLO TOMOGRAFICO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI COMPRESSIONE

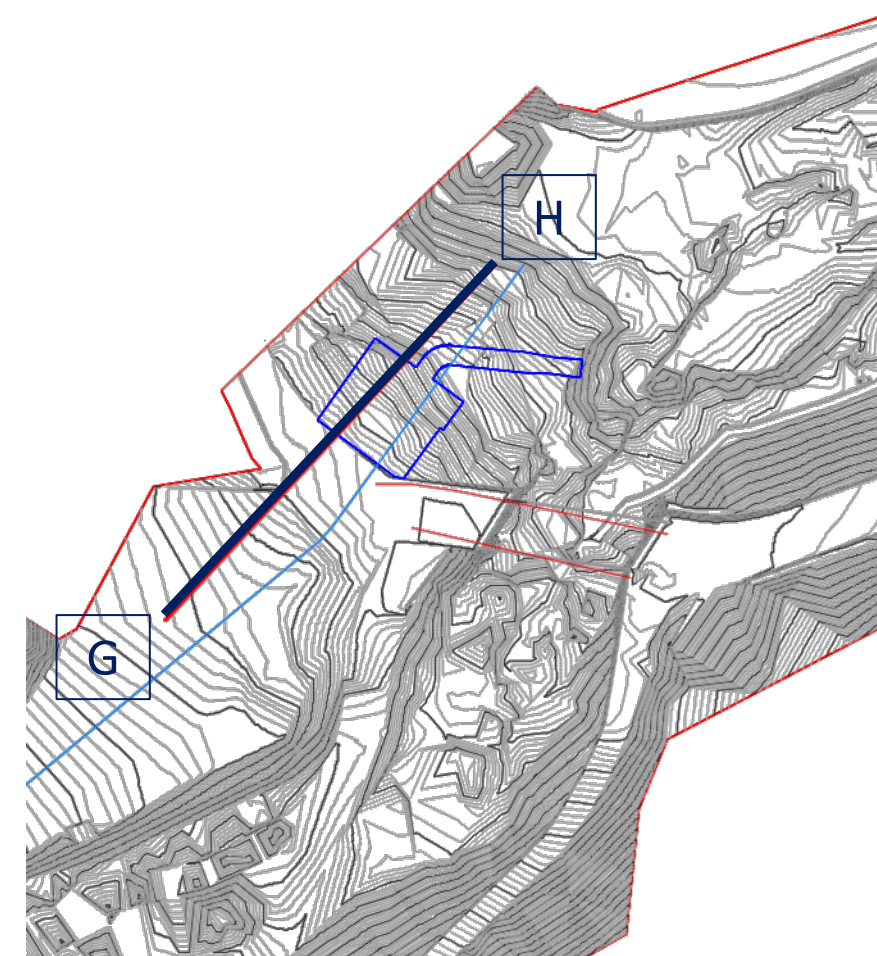
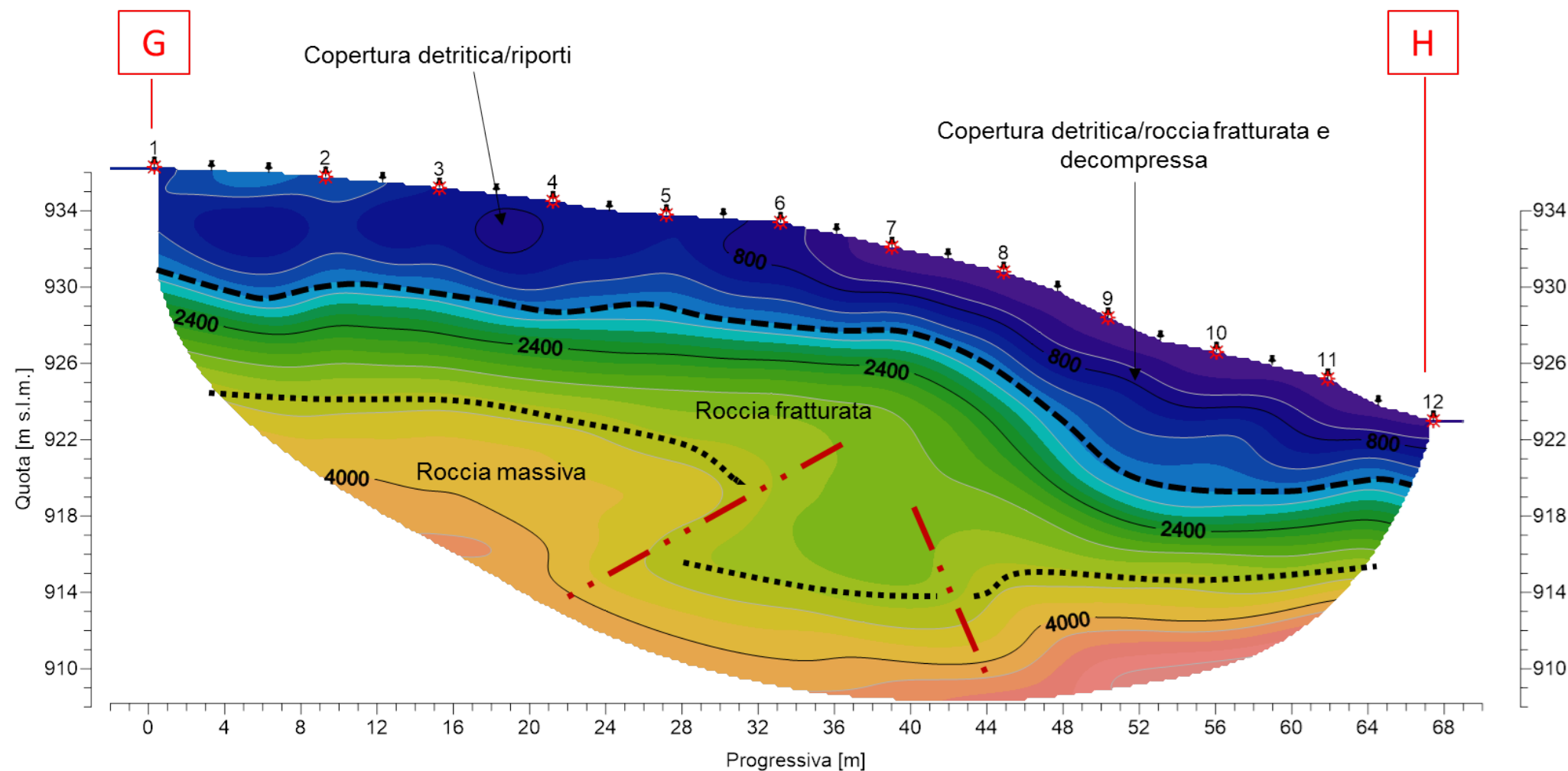


COORDINATE DELLE SEZIONI (UTM WGS 84)

PUNTO	NORD	EST
C	5067981	422792
D	5068020	422814
E	5068317	422912
F	5068301	422943



CENTRALE IDROELETTRICA/SIS4
MODELLO TOMOGRAFICO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI COMPRESSIONE



NOTA: il sismostrato superficiale è rappresentato prevalentemente da livelli di coperture detritiche e terreni rimaneggiati/riportati ma non è da escludere che, localmente, anche porzioni di substrato roccioso facciano parte della stessa «unità sismostratigrafica». L'elevato grado di fratturazione e decompressione di tali rocce (V_p inferiore o pari a 1000 m/s) ne consente comunque l'escavabilità.

APPENDICE A

Cenni sulla metodologia sismica a rifrazione

Teoria della metodologia sismica a rifrazione

Il rilievo sismico a rifrazione di onde P è un metodo di indagine basato sulla misura dei tempi di percorso che le onde elastiche, generate nel terreno in un punto-sorgente, impiegano per raggiungere dei ricevitori (geofoni) disposti sulla superficie del terreno ed allineati con il punto di energizzazione. La distanza tra i geofoni e quella del punto di energizzazione sono scelte in base allo spessore ed ai tipi di materiale che si vogliono indagare.

Le onde elastiche che si propagano in profondità e vengono in parte deviate (rifratte) lungo l'interfaccia che separa due mezzi a differente impedenza acustica (V_1 , V_2) ed in parte proseguono verso il basso finché l'energia viene completamente assorbita dal mezzo in cui si propaga.

L'effetto di queste onde è la formazione di vibrazioni che vengono captate da sensori posti sulla superficie, generalmente elettromagnetici, in grado di trasformare la sollecitazione meccanica, che subisce la massa mobile del magnete, in un segnale elettrico che, debitamente amplificato, viene riprodotto su monitor e memorizzato su supporto informatico.

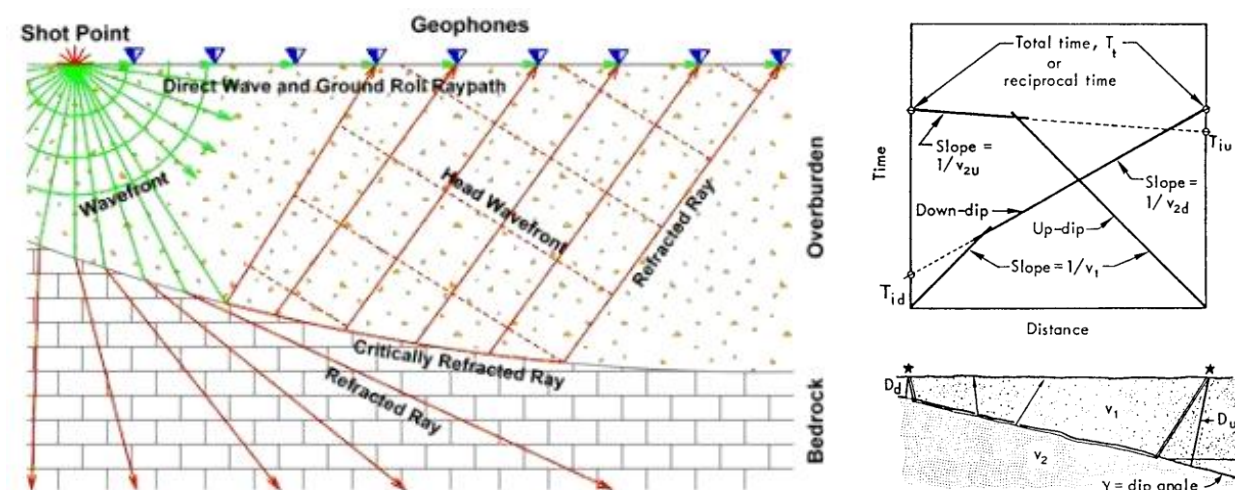


Figura 1 - Modello di propagazione dei fronti d'onda nei raggi rifratti

Con i tempi di percorso rilevati mediante i geofoni e le distanze degli stessi dai punti di energizzazione si tracciano dei diagrammi tempi-distanze (dromocrone) che permettono di calcolare sia la velocità di propagazione delle onde di compressione P, sia la profondità e lo spessore dei terreni che sono stati attraversati dalle onde sismiche.

L'interpretazione delle dromocrone consente di ricavare delle sezioni sismiche che schematizzano la distribuzione della velocità in funzione della profondità.

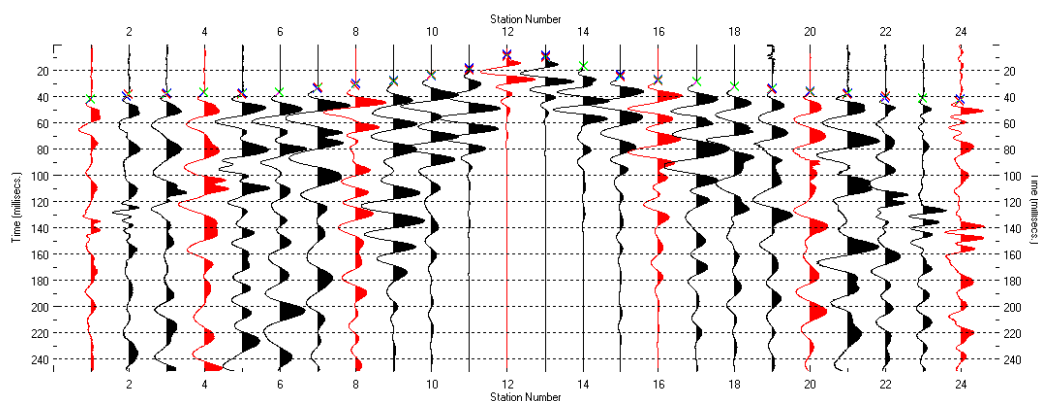


Figura 2 - Sismogramma

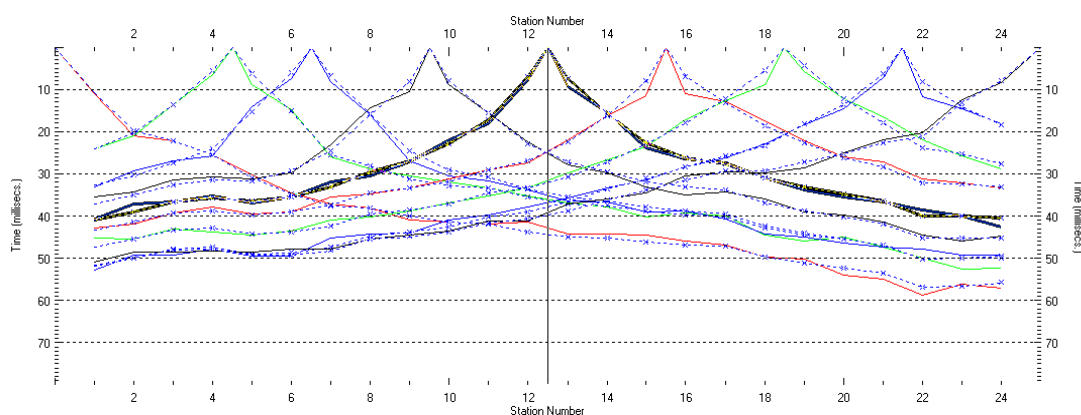


Figura 3 - Dromocrone

Dall'analisi delle dromocrone è possibile definire il numero dei sismostrati presenti nel sottosuolo (ovviamente per la finestra temporale adottata che è funzione della lunghezza dello stendimento e della quantità di energia utilizzata). E' importante sottolineare che la sismica a rifrazione funziona solo per velocità crescenti. L'interpretazione per la risoluzione geometrica dei sismostrati (profondità e velocità) si avvale di diverse metodologie di calcolo dalle più semplici procedure dirette (Hagedoorn, 1959; Barry, 1967), seguendo le leggi generali dell'ottica, a quelle più complesse sia 1D che 2D che elaborano i dati mediante la tecnica del GRM (Palmer, 1980), del Ray-tracing o della tomografia (Hampson & Russell, 1984; Olsen, 1989). La finalità della tomografia è la dettagliata esplorazione del modello di distribuzione della velocità in un mezzo. Essa si basa sui primi arrivi ottenuti per set plurimi di coppie sorgente-ricevitore: la sola limitazione è quella che i raggi sismici formino una rete completa e cioè, idealmente, ciascun punto del mezzo investigato dovrebbe essere attraversato dai raggi in tutte le direzioni.

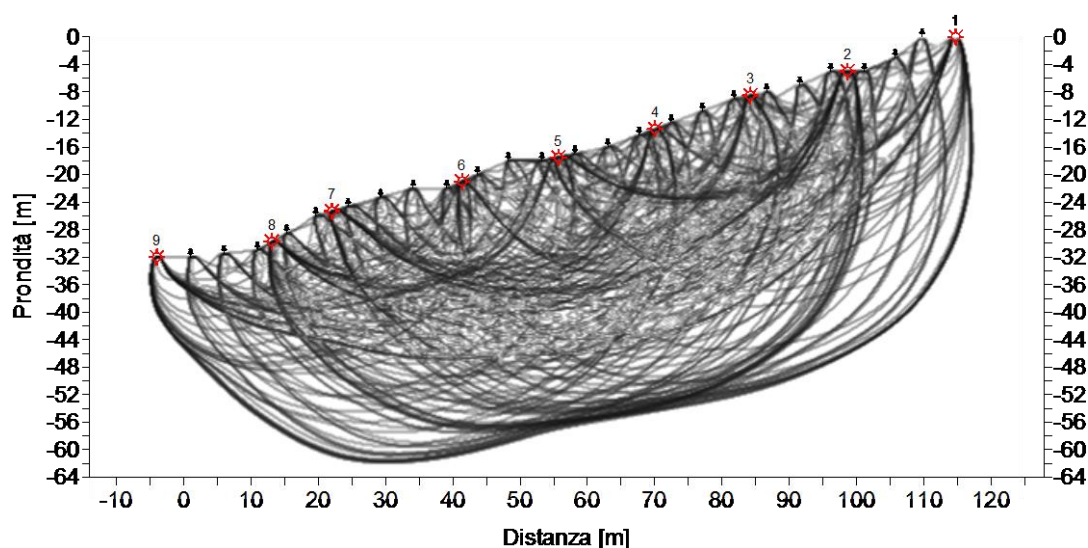


Figura 4 - Copertura raggi sismici

L'analisi dei raggi sismici con un programma di inversione tomografica discretizza il modello fisico e restituisce un modello di distribuzione delle velocità delle onde di compressione P (isotache espresse in m/s) coerente con il modello geologico del sottosuolo.

Per l'elaborazione dei dati sismici a rifrazione si utilizza il software RAYFRACTTM (32 – bit version), della Intelligent Resources Inc. (Canada). I dati dei primi arrivi (onde di compressione) sono elaborati con il metodo GRM (general reciprocal method) accoppiato ad una inversione tomografica su una griglia di nodi equispaziati per una modellazione della distribuzione delle velocità delle onde di compressione nel sottosuolo. Tale metodo (inversione tomografica) consente (con un sufficiente numero di scoppi) di individuare anche eventuali inversioni di velocità (che costituiscono il limite della prospezione sismica a rifrazione).

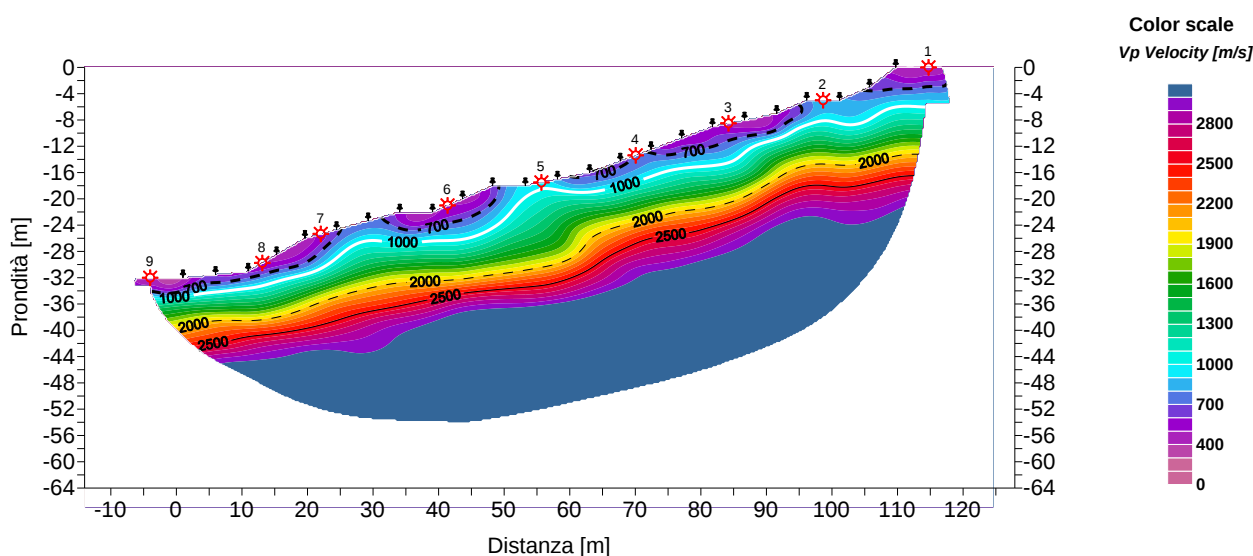


Figura 5 - Modello tomografico della distribuzione delle onde di compressione Vp in m/s

Il metodo può essere utilizzato per numerose applicazioni, tra cui:

- definire la profondità e la geometria del substrato lapideo;
- caratterizzare le zone di frana,
- definire la classificazione sismica dei suoli (V_{s30} , microzonazione sismica),
- valutare le caratteristiche di deformabilità dei terreni e di rilevati (grado di addensamento);
- valutare il grado di ammaloramento di strutture in calcestruzzo;
- valutare l'escavabilità di rocce e terreni.