

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BAULADU

INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE

PIANO DELLE ATTIVITA'

Relazione tecnico-illustrativa

DIRETTORE TECNICO	DIRETTORE della PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Ing. Massimo Galea	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. Andrea Polli	Ing. Andrea Polli

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA
RR15	00	E	ZZ	RG	GE0105	001	C	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	RTP	22/09/2023	P.Ricci	22/09/2023	A.Polli	22/09/2023	A.Polli
B	Emissione a seguito di RdV	L. Di Vittorio	11/11/2023	P.Ricci	11/11/2023	A.Polli	13/11/2023	
C	Emissione a seguito di RiV	L. Di Vittorio	05/01/2024	P.Ricci	05/01/2024	A.Polli	05/01/2024	
								05/01/2024

File: RR1500EZZRGGE0105001C

n. Elab.: -

Appaltatore:  COSTRUZIONI GENERALI Progettazione:  	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO												
INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">PAG.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RR15</td> <td>00</td> <td>E ZZ</td> <td>RG GE 01 05 001</td> <td>C</td> <td>3/40</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.	RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	3/40
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.								
RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	3/40								

INDICE

1	<i>PREMESSA</i>	4
	1.1 QUADRO NORMATIVO	5
2	<i>INDAGINI RELATIVE ALLE TRATTE ALL'APERTO</i>	7
	2.1 INDAGINI SISMICHE TRATTE OPERE ALL'APERTO	9
	2.2 PROVE DI LABORATORIO TERRE E ROCCE	10
	2.3 UBICAZIONE INDAGINI SUL PROFILO GEOLOGICO	10
	2.3.1 INDAGINI RELATIVE ALLE TRATTE IN SOTTERRANEO	14
	<i>Presenza di gas naturali</i>	14
	<i>Prelievi delle acque intercettate</i>	14
	2.4 INDAGINI SISMICHE TRATTE IN SOTTERRANEO	15
	2.5 PROVE DI LABORATORIO TERRE E ROCCE	16
	2.6 UBICAZIONE INDAGINI IN PLANIMETRIA E PROFILO GEOLOGICO	16
3	<i>FINALITA' DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE</i>	19
	3.1 MISURE E PROVE IN FORO	19
	3.2 PROVE DI LABORATORIO TERRE E ROCCE	20
4	<i>SPECIFICHE TECNICHE PER LE INDAGINI INTEGRATIVE</i>	21
	4.1 PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO CON METODO TRADIZIONALE	21
	4.2 RILIEVI STRUMENTALI	21
	4.3 PROVE LUGEON	23
	4.4 PROVE DILATOMETRICHE (DRT)	25
	4.5 PROVE DOWN HOLE	25
	4.6 INSTALLAZIONE DI STRUMENTI IN FORO	27
	PIEZOMETRO TIPO NORTON	27
	CELLA DI CASAGRANDE	29
	4.7 INDAGINI SISMICHE CON METODOLOGIA IBRIDA (RIFLESSIONE-RIFRAZIONE) CON ELABORAZIONE TOMOGRAFICA	30
	4.8 INDAGINE MASW	33
5	<i>PROGRAMMA DELLE INDAGINI</i>	34
6	<i>APPENDICE: DIFFERENZE FRA SISMICA A RIFRAZIONE, A RIFLESSIONE E TECNICA MISTA CON SISMICA IBRIDA</i>	37

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO</p>					
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<p>COMMESSA RR15</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ</p>	<p>DOCUMENTO RG GE 01 05 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>PAG. 4/40</p>

1 **PREMESSA**

Il documento illustra le modifiche apportate alla campagna di indagine proposta per renderla possibile in tempi contenuti tenuto conto dei condizionamenti determinati dalla impossibilità di raggiungere i siti indicati nella precedente proposta con viabilità già disponibili di proprietà comunale o attraverso le aree consegnate nel mese di ottobre.

Nel documento sono state analizzate le situazioni specifiche di ogni sondaggio previsto e, laddove queste avrebbero comportato l'apertura di nuove piste in fondi di proprietà privata non disponibile all'accesso in quanto fuori delle aree di esproprio consegnate, si sono individuate modalità alternative di indagine che, senza ridurre il livello di approfondimento, evitassero alterazioni dei fondi non oggetto di esproprio.

La campagna di indagine geologico-geotecnica proposta risulta comunque conforme a quanto previsto dalle norme e finalizzata al completamento del modello geologico e geotecnico del Progetto Esecutivo delle opere previste lungo il tracciato della variante di Bauladu.

La nuova campagna di indagini permetterà di confermare, precisare e approfondire i risultati ricavati dalle indagini pregresse e consentirà di validare le ipotesi fatte per le zone dove ad oggi non sono state realizzate indagini, come ad esempio gli imbocchi delle uscite di sicurezza.

Nello specifico la campagna di indagine, dove non possibile l'esecuzione di nuovi sondaggi, si avvarrà dei sondaggi disponibili del PD attraverso l'esecuzione di stendimenti sismici a riflessione che saranno sovrapposti ai sondaggi suddetti per ottenere una taratura e consentire l'estensione delle interpretazioni geologiche anche alle aree che non è possibile indagare direttamente con i nuovi sondaggi.

La campagna di indagini condotta con nuovi sondaggi all'interno delle aree consegnate consentirà ugualmente di definire la successione stratigrafica dei terreni, la posizione della falda e le proprietà fisico meccaniche dei terreni interagenti con le opere previste in progetto. Le indagini permetteranno inoltre di caratterizzare dal punto di vista sismico i terreni presenti in sito.

Nella campagna geognostica integrativa le principali indagini previste fanno riferimento a:

- Sondaggi geognostici (superficiali L=30-40m), realizzati a carotaggio continuo con carotiere semplice o doppio in ragione del disturbo prodotto nell'operazione (con particolare riguardo alla formazione lapidea alterata e fratturata più superficiale); utilizzati sia per la verifica degli elementi geologici significativi, sia per la caratterizzazione geomeccanica delle litologie interessate dalle opere superficiali (viadotti, rilevati e trincee), sia per le gallerie naturali ed artificiali (comprese le opere di imbocco) e per la verifica idrogeologica di tutte le opere e la conferma dei livelli piezometrici;
- Installazioni piezometriche in alcuni sondaggi, finalizzate alla valutazione delle pressioni neutre e dei livelli di falda;
- Stendimenti sismici a riflessione sulla galleria, da eseguirsi parallelamente al tracciato, con valutazione della velocità delle onde P ed S;
- Prospezioni sismiche Down-hole in onde P ed S realizzate all'interno di alcuni sondaggi;
- Prospezioni sismiche MASW per le opere all'aperto;
- Pozzetti geognostici alla profondità di posa delle fondazioni dei rilevati per prelievo campioni per la caratterizzazione ambientale e per la valutazione dello spessore della potenziale bonifica.

I sondaggi geognostici (profondi L>40m), previsti a quota galleria e spinti fino alla profondità di 60÷70m dal p.c., saranno in parte sostituiti da indagini sismiche a riflessione che permetteranno l'individuazione a quota galleria dell'interferenza di fasce di ammasso a velocità inferiori rispetto al resto che potranno essere indagate

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO</p>					
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<p>COMMESSA RR15</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ</p>	<p>DOCUMENTO RG GE 01 05 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>PAG. 5/40</p>

dall'interno dello scavo, nel corso dei lavori, eseguendo prospezioni in avanzamento a carotaggio continuo o con registrazione dei parametri di perforazione nelle perforazioni dei drenaggi realizzati a distruzione di nucleo.

Queste perforazioni consentiranno, nel tratto a maggiore copertura, la valutazione preventiva della qualità dell'ammasso roccioso e la presenza della falda a livello della galleria.

Nell'ambito delle attività di carotaggio saranno effettuati parte dei campionamenti integrativi di caratterizzazione ambientale richiesti nella prescrizione

1.1 QUADRO NORMATIVO

Nell'ambito della redazione del progetto esecutivo si fa riferimento al D.M. 17/01/2018 (NTC2018, «Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"»), nonché della Circolare Applicativa del C.S.LL.PP. n.7 del 21/01/2019 (Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"»).

Per gli aspetti geologici e geotecnici i riferimenti normativi e guide alla progettazione sono i seguenti:

Leggi e normative cogenti

- Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali, EN 1997-1:2005
- Eurocodice7 – Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini Geotecniche in sito e in laboratorio, EN 1997-2:2007
- Eurocode 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole Generali, azioni sismiche e regole per gli edifici, EN 1998-1:2005
- Eurocode 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici, EN 1998-5:2005
- D.M. 17/01/2018 (NTC2018, «Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"»),
- Circolare Applicativa del C.S.LL.PP. n.7 del 21/01/2019 (Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"»).
- UNI EN 1997-1:2013 Parte 1: Regole generali
- UNI EN 1997-2:2007 Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN 1998-1:2013 Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, D.M. 11 Marzo 1988, Circ. Min. 24 Ottobre 1988 n° 30483
- UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- A.G.I. (1977). “Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche”.
- A.G.I. (1994). “Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio”.
- RFI DTC SI MA IFS 001 F “Manuale di Progettazione delle opere civili”, rev. 2022.
- RFI DTC SI SP IFS 001 A – Capitolato generale tecnico d'appalto delle opere civili
- Associazione Geotecnica Italiana (AGI) 1977 –raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche Books of the Italian Geological Survey
- ASTM Standards
- EN ISO Standards

<p>Appaltatore:</p>  <p>COSTRUZIONI GENERALI</p> <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</p> <p>VARIANTE DI BAULADU</p> <p>PROGETTO ESECUTIVO</p>												
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAG.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RR15</td> <td>00</td> <td>E ZZ</td> <td>RG GE 01 05 001</td> <td>C</td> <td>6/40</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.	RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	6/40
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.								
RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	6/40								

- CEN ISO/TS Standards
- ISSMFE Standards
- HRB- AASHTO Standars
- ISRM Recommendations

Laboratory tests

- BS 1377: 1990, Part 2 Test 9.2 Particle Size Distribution
- BS 1377: 1990, Part 2 Atterberg Limit Test
- BS 1377: 1990, Part 2 & ISRM (1974:2006) Test 3 Bulk Density (soil & rock)
- BS 1377: 1990, Part 4 Test 3.5 Dry density/Moisture Content Relationship
- ASTM D 5607 – 08 Direct Shear Test (Rock)
- ASTM D7012-10 Method C Uniaxial Compressive Strength
- ASTM D 5731-07 Point Load Test

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO												
INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">PAG.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">RR15</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG GE 01 05 001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">7/40</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.	RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	7/40
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.								
RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	7/40								

2 INDAGINI RELATIVE ALLE TRATTE ALL'APERTO

Per le tratte all'aperto, le indagini integrative previste sono orientate alla identificazione di tutte le formazioni interessate dalle opere d'arte all'aperto previste in progetto, allo studio dei tipi litologici incontrati, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, nonché alla caratterizzazione degli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, e dei conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.

Le indagini integrative previste consentiranno di dettagliare la stratigrafia fino allo strato roccioso maggiormente competente (bedrock) e caratterizzare i depositi superficiali (a, b2) nelle aree dove interferiscono con le fondazioni dei viadotti e dei tratti in rilevato, gli scavi delle trincee e gli imbocchi delle gallerie. Oltre i depositi superficiali si approfondiranno le conoscenze sullo strato di roccia più superficiale più alterato e fratturato in termini di spessore, omogeneità e caratteristiche meccaniche. In particolare sarà indagata la frequenza e l'estensione delle zone o fasce di debolezza caratterizzate da minore resistenza e maggiore deformabilità all'interno del volume di influenza delle opere.

Nella tabella seguente le legende dei simboli ed acronimi utilizzati nelle successive pagine.

<p>Legenda:</p> <p>DPSH Prova penetrometrica dinamica continua</p> <p>SONDAGGI IN TERRENI SCIOLTI:</p> <p>Pk Progressiva</p> <p>Cod. Codice sondaggio</p> <p>L lunghezza prevista in metri</p> <p>DN Distruzione nucleo</p> <p>CC Carotaggio continuo</p> <p>MPM Prova pressiometrica Menard</p> <p>DRT Prova dilatometrica con Dilatometro da roccia (DRT)</p> <p>SPT Prova Penetrometrica dinamica</p> <p>IS Misura Indice di rimbalzo (Martello Smith)</p> <p>Cind N° campioni indisturbati terre/rocce</p> <p>Cdis N° campioni disturbati terre/rocce</p> <p>C_{H2O} N° campioni acque</p> <p>C_{GAS} N° Misure gas</p> <p>PPLE Prove permeabilità Lefranc</p> <p>SONDAGGI IN ROCCE</p> <p>CC** Carotaggio continuo (doppio carotiere)</p> <p>RQD/Jr-Ja Rilievo continuo parametri RQD, Jr, Ja</p> <p>PP_{LU} Prove permeabilità Lugeon</p> <p>ALLESTIMENTO FINALE FORO</p> <p>DH Down-hole (Vp, Vs)</p>	<p>Legenda Prove Laboratorio:</p> <p>TEST DI LABORATORIO TERRE</p> <p>AI Apertura e identificazione (suoli e rocce)</p> <p>PV Peso di volume naturale</p> <p>CUM Contenuto di umidità</p> <p>GI Granulometria integrale</p> <p>LA Limiti di Atterberg</p> <p>PTD Prova di taglio diretta</p> <p>ELL Espansione laterale libera</p> <p>UU Triassiale UU</p> <p>CU Triassiale CU</p> <p>CD Triassiale CD</p> <p>PE Prova Edometrica (valutazione Cv e Kz)</p> <p>Cv* Determinazione coeff. Consolidazione</p> <p>kz* Determinazione k permeabilità</p> <p>AA Aggressività delle acque</p> <p>TEST DI LABORATORIO ROCCE</p> <p>PL Point Load su carote</p> <p>ELL_{ROC} prova di compressione monoassiale (con registrazione delle deformazioni assiali)</p> <p>BRA_{ROC} prova di resistenza a trazione indiretta (Brasiliana)</p>
--	---

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO												
INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">PAG.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RR15</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG GE 01 05 001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">9/40</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.	RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	9/40
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.								
RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	9/40								

2.1 INDAGINI SISMICHE TRATTE OPERE ALL'APERTO

Ad integrazione delle indagini con sondaggio a carotaggio continuo sono state previste indagini sismiche in tutte le opere per estendere la caratterizzazione geomeccanica ottenuta nei sondaggi a carotaggio continuo eseguite nel PD o, come nel caso del VI 01 e VI02, per integrare l'indagine sismica del PD ed ottenere dati sui parametri dinamici delle rocce e sulla omogeneità della risposta a quota fondazione.

Opere all'aperto	Pki(rel)	Pkf(reL)	Cod.	L(m)	Tipologia	Litotipi
IN06 - IN13	0+210	0+550	LS_1A-2A	340	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	R1,b2,BST
VI01 da pila 2 a spalla B	1+780	1+950	LS_4	170	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	b2,BST
IV010	6+904.60		MASW-1	50	MASW	b2,BST
IN10 DN1500, FERROVIARIO	7+300		MASW-2	50	MASW	BST
VI01 da pila 2 a spalla B	7+640	7+990	LS_6	350	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	a, b2, BST
IN12 SCATOLARE FERROVIARIO	8+334.16		MASW-3	50	MASW	BST

***) Esecuzione di prospezione sismica ibrida in onde P (compressione) ed onde S (taglio). Indagine congiunta di sismica tomografica e sismica a riflessione , i cui segnali sismici acquisiti vengono processati sia in tomografia che in riflessione (prescrizioni ed oneri secondo Norme Tecniche) . Compresa elaborazione a mezzo software dedicato con interpretazione e restituzione delle sismostratigrafie relative ai profili sismici eseguiti e compreso rilievo topografico.

In appendice è riportata la descrizione delle differenze fra sismica a riflessione , a rifrazione e sismica ibrida con elaborazione tomografica.

Appaltatore:  COSTRUZIONI GENERALI Progettazione:  		VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO					
INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa		COMMESSA RR15	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ	DOCUMENTO RG GE 01 05 001	REV. C	PAG. 10/40

2.2 PROVE DI LABORATORIO TERRE E ROCCE

Le prove di laboratorio previste su campioni rappresentativi di terreno o di roccia sono state valutate con l'obiettivo di ricostruire le proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni in fase di dimensionamento e verifica delle opere d'arte in progetto.

Tabella 2. Indagini integrative Prove di laboratorio Tabella 2 di 2

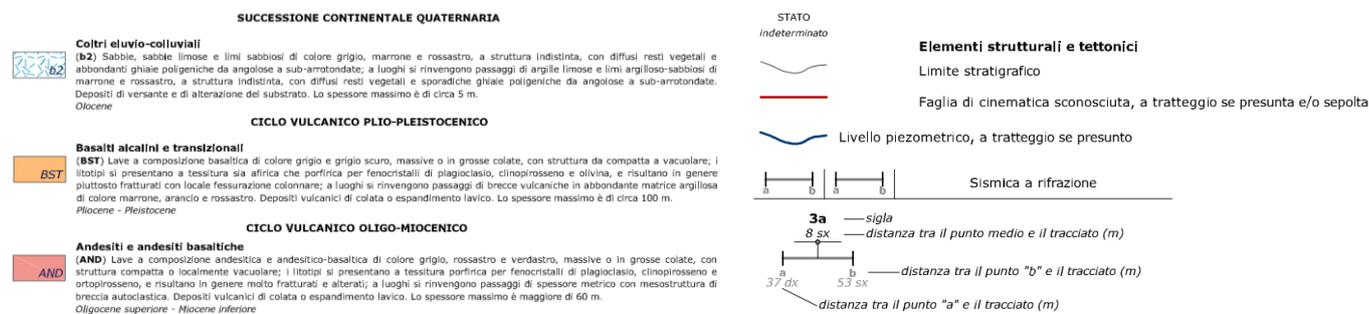
N.	Opera	Pk	Cod.	QT (m slm)	L[m]	Litotipi	prelievi		laboratorio terre								laboratorio rocce					
							Cind	Calis	AI	PV	CUM	GI	LA	PTD	ELL	AA	ELL _{roc}	PL*	TRX _{roc}	BRA _{roc}	Vp-Vs	
1	IN06 DN1500, STRADALE, IN13 FUORI SEDE CIRCA 0+500	0+378.53	SPE_A_01-2	59,1	30	Ri,b2, BST, AND	-10m, -15m	-6m, -13m, -18m	6	6	2	2						4	6			5
2	SL01 0	1+005.78	SPE_A_03	64.80	30	BST, AND	-10m, -15m	-6m, -13m, -18m	6	6	2	2					1	4	6	1		5
3	VI01 -P3 Pila 3	1+827.09	SPE_A_04	71,2	30	b2, BST	-10m, -15m	-6m, -13m, -18m	6	6	2	2	2	3	4	1	4	6				5
4	VI01 -Sp2 Spalla 2	1+952.26	SPE_A_05	75,2	30	b2,BST	-10m, -15m	-6m, -13m, -18m	6	6	2	2				1	4	6	1			5
5	IV01 0	6+915.85	SPE_A_06	172,6	40	b2, BST	-10m, -15m	-6m, -13m, -18m	6	6	2	2	2	3	4	1	4	6				5
6	VI02 - P3 Pila 3	7+717.16	SPE_A_08	158,5	30	a, AND	-10m, -15m	-6m, -13m, -18m	6	6	2	2	2	3	4		4	6				5
7	VI02 - Sp2 Spalla 2	7+850.24	SPE_A_09	170,0	30	a, BST, AND	-10m, -15m	-6m, -13m, -18m	6	6	2	2	2	3	4	1	4	6	1			5

PL* su spezzoni di carote rimasti dal confezionamento dei provini per gli altri test

2.3 UBICAZIONE INDAGINI SUL PROFILO GEOLOGICO

Si riporta nella figura successiva l'ubicazione delle indagini integrative prima elencate nel profilo geologico di progetto tratto dal Progetto Definitivo a base gara.

LEGENDA FIGURE



Appaltatore:



Progettazione:



VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BAULADU

PROGETTO ESECUTIVO

INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE
ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.
RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	11/40

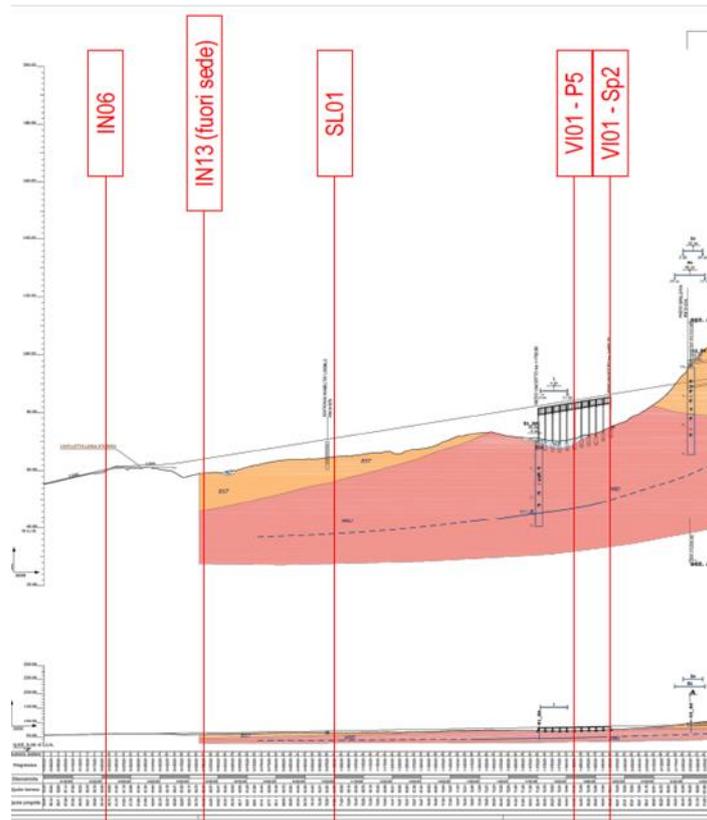


Figura 1 Indagini integrative tratto all'aperto profilo da inizio lotto a imbocco Sud

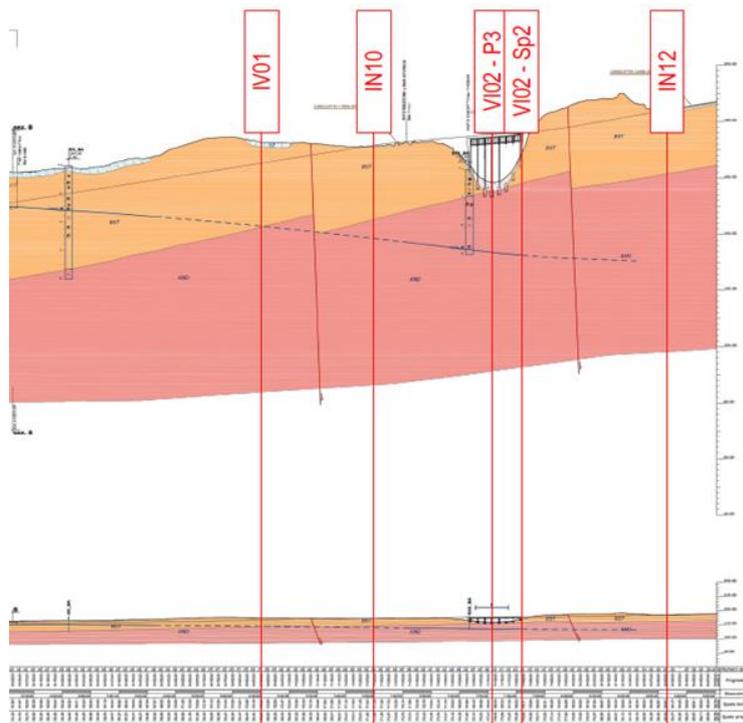


Figura 2. Indagini integrative tratto all'aperto,; profilo da imbocco Nord a fine lotto

Appaltatore:



Progettazione:



VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BAULADU

PROGETTO ESECUTIVO

INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE
ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa

COMMESSA
RR15

LOTTO
00

CODIFICA
E ZZ

DOCUMENTO
RG GE 01 05 001

REV.
C

PAG.
12/40



Figura 3 Indagini integrative Opere all'aperto da pk 0+200 a pk 1+980 (VI01)

Appaltatore:



Progettazione:



VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BAULADU

PROGETTO ESECUTIVO

INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE
ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa

COMMESSA
RR15

LOTTO
00

CODIFICA
E ZZ

DOCUMENTO
RG GE 01 05 001

REV.
C

PAG.
13/40

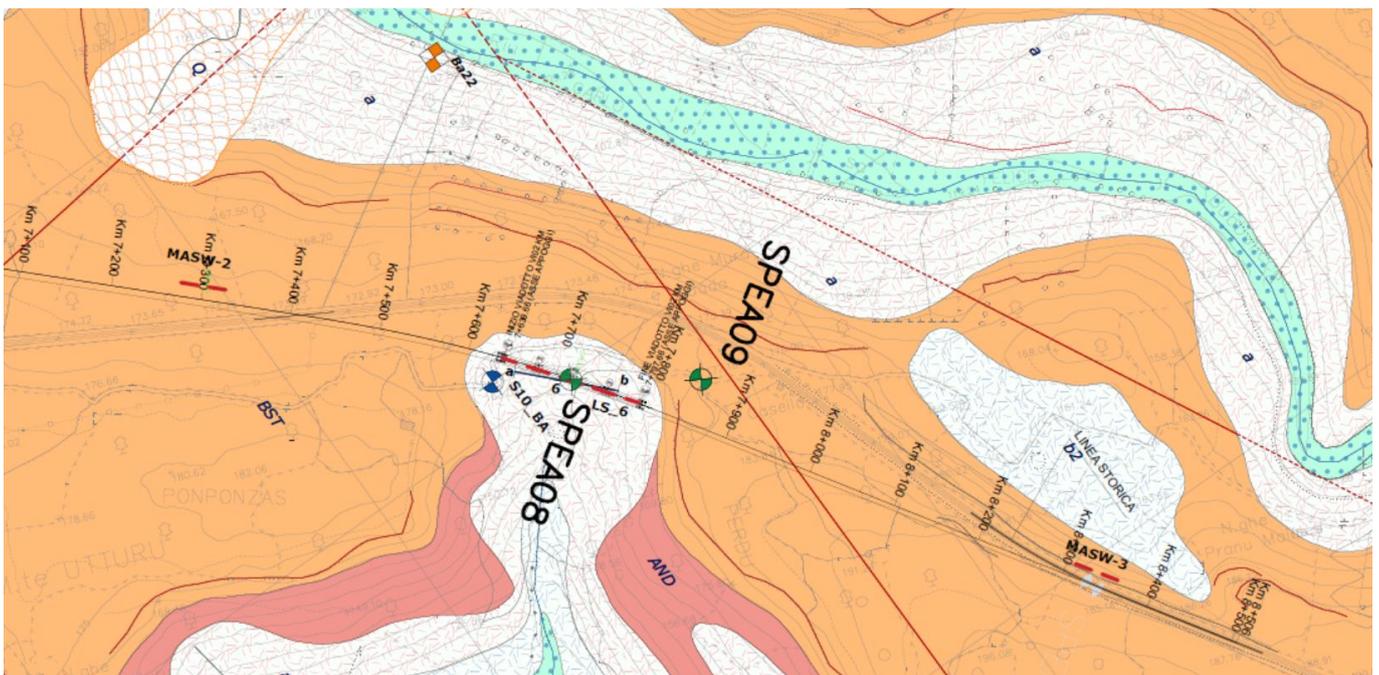
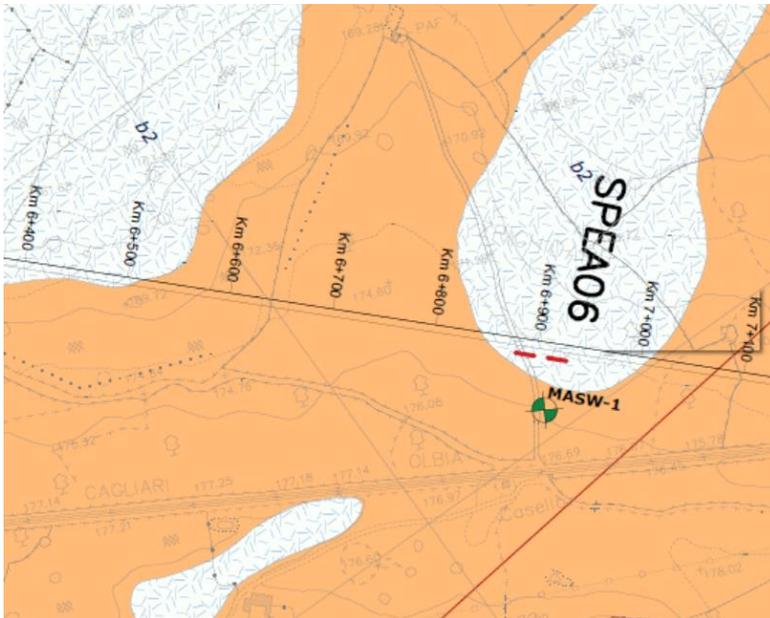


Figura 4 Indagini integrative Opere all'aperto da pk 6+800 a pk 8+320 (VI02)

Appaltatore:  COSTRUZIONI GENERALI Progettazione:  	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO					
INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa	COMMESSA RR15	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ	DOCUMENTO RG GE 01 05 001	REV. C	PAG. 15/40

In tutti i casi verrà effettuato un prelievo di acqua dall'interno del tubo o cella per valutare la presenza di agenti aggressivi per il calcestruzzo.

2.4 INDAGINI SISMICHE TRATTE IN SOTTERRANEO

Ad integrazione delle indagini sismiche eseguite nel PD ed nelle aree esterne a quelle consegnate dove non sono disponibili viabilità pubbliche sono state previsti i seguenti stendimenti sismici a riflessione con elaborazione tomografica (sismica ibrida) da eseguire anche con stese parziali sovrapposte :

Galleria	Pki(rel)	Pkf(reL)	Cod.	L(m)	Tipologia	Litotipi
Bauladu Imbocco Oristano	2+200	2+500	LS_1	300	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	BST, AND
Bauladu Imbocco Oristano	2+230		LS_1_T	240	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	BST, AND
Bauladu Imbocco Uscita 1	2+700	3+300	LS_6_1L	600	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	b2,BST
Bauladu Imbocco Uscita 1	3+020		LS_6_1T	240	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	b2,BST
Intermedia Uscita 2 e 3	4+000	5+350	LS_3	1350	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	BST, AND
Bauladu Imbocco Uscita 2	4+190		LS_5BA_2-L	500	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	b2,BST
Bauladu Imbocco Uscita 2	4+190		LS_5BA_2-T	200	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	b2,BST
Bauladu Imbocco Uscita 3	5+300		LS_7BA_3	240	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	b2,BST
Bauladu Imbocco Bonorva	6+050		LS_IN08-1	250	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	b2,BST
Bauladu Imbocco Bonorva	6+050		LS_IN08-2	200	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	b2,BST

Galleria	Pki(rel)	Pkf(reL)	Cod.	L(m)	Tipologia	Litotipi
Bauladu Imbocco Bonorva	5+500	5+700	LS_5	200	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	b2,BST
Bauladu Imbocco Bonorva	6+000	6+100	LS_5	100	Sismica a riflessione e tomografica (sismica ibrida **)	b2,BST

***) Esecuzione di prospezione sismica ibrida in onde P (compressione) ed onde S (taglio). Indagine congiunta di sismica tomografica e sismica a riflessione , i cui segnali sismici acquisiti vengono processati sia in tomografia che in riflessione (prescrizioni ed oneri secondo Norme Tecniche) . Compresa elaborazione a mezzo software dedicato con interpretazione e restituzione delle sismostratigrafie relative ai profili sismici eseguiti e compreso rilievo topografico.

In appendice è riportata la descrizione delle differenze fra sismica a riflessione, a rifrazione e sismica ibrida con elaborazione tomografica.

Appaltatore:  COSTRUZIONI GENERALI Progettazione:  	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO
INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAG. RR15 00 E ZZ RG GE 01 05 001 C 16/40

2.5 PROVE DI LABORATORIO TERRE E ROCCE

Le prove di laboratorio previste sono distinte fra campioni rappresentativi di terreno, laddove siano prelevati campioni indisturbati sulle coltri superficiali, e campioni rappresentativi dell'ammasso roccioso prelevati o con doppio carotiere in caso di rocce fortemente alterate o direttamente dalle cassette catalogatrici una volta registrato il valore del RQD. Analogamente le prove e misure previste in foro, sono state distinte fra quelle atte a definire le proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni superficiali e quelle più idonee a caratterizzare l'ammasso roccioso sottostante.

Alcune prove di laboratorio sono finalizzate alla valutazione del possibile reimpiego delle rocce estratte.

Tabella 10. Indagini integrative tratte in sotterraneo: Prove di laboratorio

N.	Galleria	Pk (galleria)	Pk (finestra)	Cod.	QT (m sim)	QP (m sim)	L [m]	Litotipi	prelievi		laboratorio terre							laboratorio rocce						
									Cind	Cdis	AI	PV	CUM	GI	LA	PTD	AA	ELL _{roc}	PL	TR _{Xroc}	BR _{Aroc}	Vp-Vs	LOS	SGEL
1	Imbocco Uscita 1	3+015	0+040	SPE_S_1	135,60	103,40	40	b2,BST	-20m, -30m	-4m, -12m, -20m, -30m, -39m	7	7	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1
2	Imbocco Uscita 3	5+310	0+040	SPE_S_3	175,80	139,86	40	b2,BST	-20m, -30m	-4m, -12m, -20m, -30m, -39m	7	7	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1
3	Bauladu_Imbocco Bonorva IN08	6+050	-	SPE_S_4	162,27	150,81	30	b2,BST	-15m, -25m	-4m, -12m, -20m, -29m	6	6	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1

* con campionatura del materiale estratto ogni 3.0m

2.6 UBICAZIONE INDAGINI IN PLANIMETRIA E PROFILO GEOLOGICO

Si riporta nelle figure seguenti l'ubicazione delle indagini integrative nella planimetria e nel profilo geologico di progetto tratto dal Progetto Definitivo a base gara.

Appaltatore:



Progettazione:



VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BAULADU

PROGETTO ESECUTIVO

INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE
ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa

COMMESSA
RR15

LOTTO
00

CODIFICA
E ZZ

DOCUMENTO
RG GE 01 05 001

REV.
C

PAG.
17/40

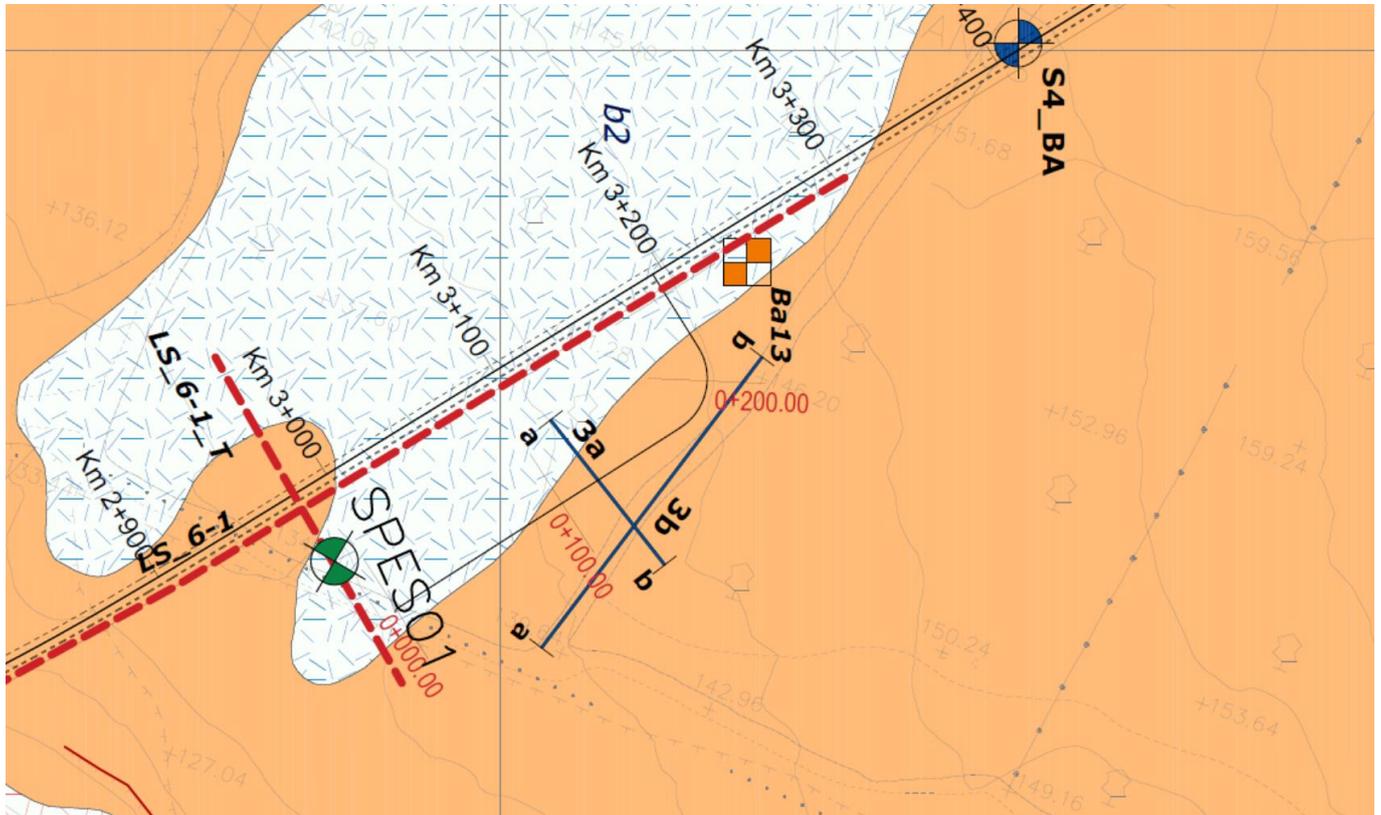


Figura 5 Indagini integrative GN01 da pk 2+214 a pk 3+300 ed imbocco uscita emergenza 1

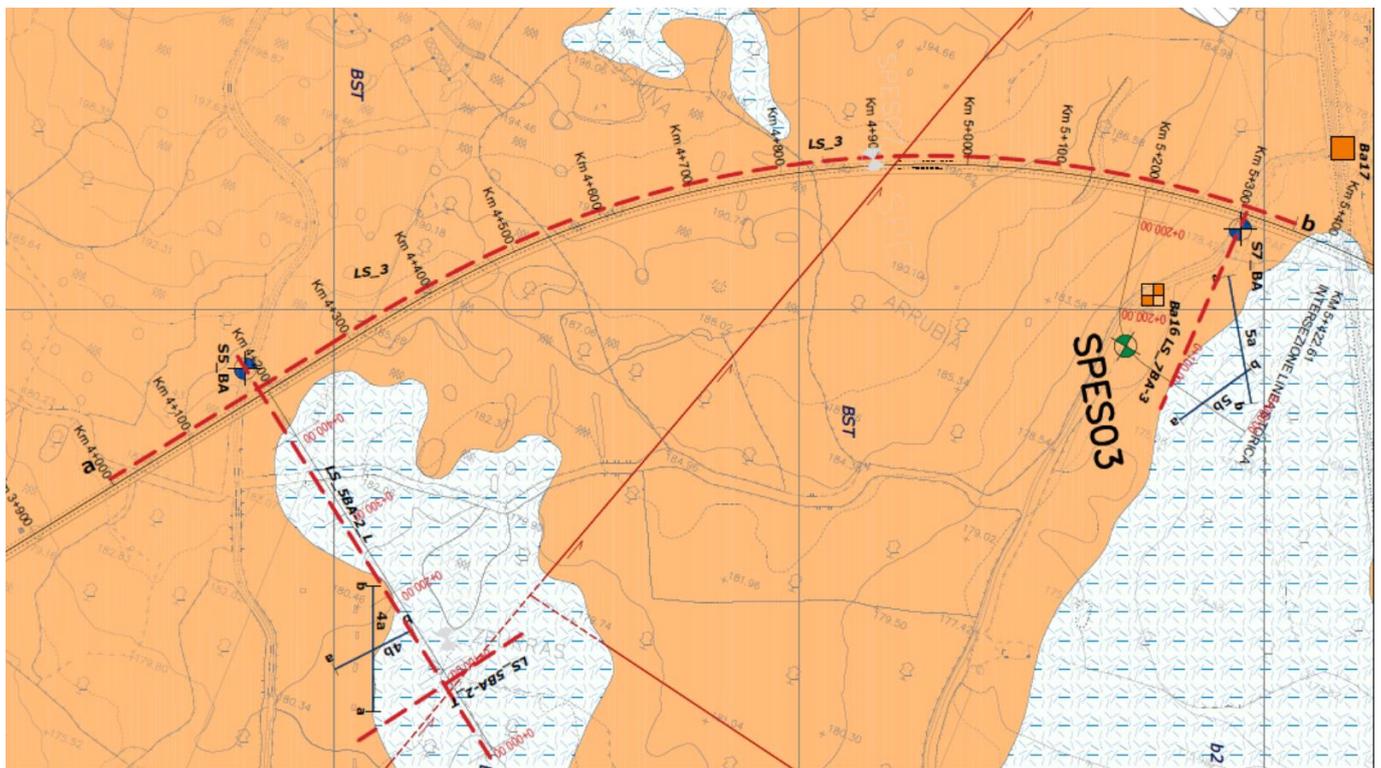


Figura 6 Indagini integrative GN01 da pk 4+000 a pk 5+300 ed uscite emergenza n. 2 e n. 3

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</p> <p>VARIANTE DI BAULADU</p> <p>PROGETTO ESECUTIVO</p>												
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAG.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RR15</td> <td>00</td> <td>E ZZ</td> <td>RG GE 01 05 001</td> <td>C</td> <td>18/40</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.	RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	18/40
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.								
RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	18/40								

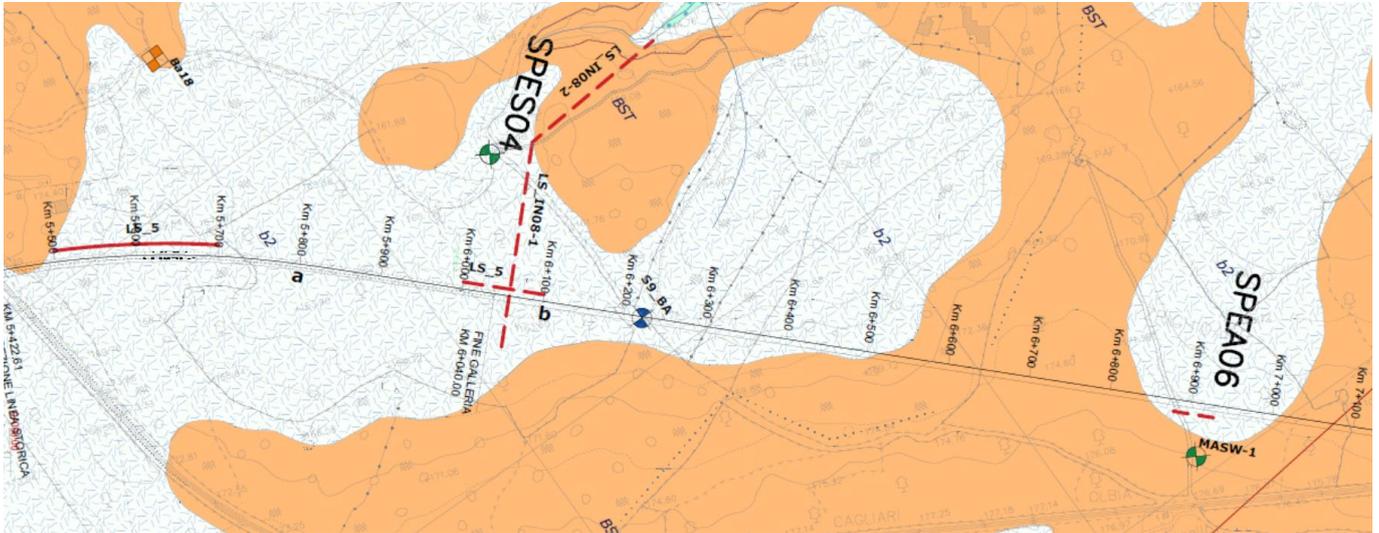


Figura 7 Indagini integrative GN01 da pk 5+800 a pk 6+100 Imbocco Bonorva e tombino IN08

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO</p>					
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<p>COMMESSA RR15</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ</p>	<p>DOCUMENTO RG GE 01 05 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>PAG. 19/40</p>

3 FINALITA' DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE

La conferma del profilo geologico e l'integrazione della caratterizzazione dei parametri caratteristici delle formazioni ha richiesto la pianificazione di sondaggi integrativi, la cui definizione è guidata dai seguenti criteri generali:

- Sono considerate valide le indagini pregresse già disponibili laddove correttamente eseguite e complete nella restituzione.
- Nei tratti in galleria deve complessivamente risultare disponibile una indagine specifica in corrispondenza di ciascun imbocco, almeno un sondaggio in corrispondenza di ciascuna litologia attraversata e un sondaggio in corrispondenza di ciascuna zona di contatto tra diverse formazioni e/o zona di faglia o scorrimento. Le lunghezze delle verticali di indagine saranno adeguate alla profondità di scavo delle gallerie. In particolare i sondaggi agli imbocchi nelle aree disponibili saranno attrezzati per l'esecuzione di prove Down Hole.
- Il numero delle verticali indagate è stato definito in rapporto anche alla natura dei materiali attraversati dalle gallerie.
- Nei tratti in viadotto deve complessivamente risultare disponibile un sondaggio per ogni spalla, mentre per le pile un sondaggio per ogni "volume significativo" di fondazione, come previsto dal DM 17/1/2018, inteso come la parte di sottosuolo influenzata dalla medesima tipologia di fondazione e caratterizzata da omogeneità di materiale e di condizioni geologiche. La lunghezza delle verticali di indagine da tarare in maniera da raggiungere una profondità superiore a quella del volume di influenza del bulbo tensionale indotto.
- Nel caso dei sondaggi per i tratti all'aperto (viadotti, rilevati, ecc.), i sondaggi saranno attrezzati con piezometro di tipo Norton da 3" per consentire l'esecuzione della prova Down-Hole;
- Nei tratti in galleria i sondaggi saranno attrezzati con piezometri ugualmente a tubo aperto tipo Norton da 3" con tratto sfinestrato (protetto da geotessuto e riempimento esterno in sabbia a livello dello scavo) per consentire l'esecuzione della prova Down-Hole nel tratto superiore cementato.

3.1 MISURE E PROVE IN FORO

La definizione della tipologia di prove e misurazioni in sito associate ai sondaggi è stata invece effettuata secondo i seguenti criteri generali:

- per le prove e i rilievi in sito nei terreni sciolti superficiali, dove presenti coltri detritiche appartenenti ai litotipi a e b2, è prevista l'esecuzione di prove SPT (sia in terreni coesivi che incoerenti); misure di Pocket Penetrometer sui campioni di natura argillosa prelevati: almeno n. 1 campione indisturbato;
- in formazione rocciosa è previsto il rilevamento in continuo dei parametri dell'ammasso (RQD, Jr, Ja) e prove su spezzoni di carota almeno ogni 3m (Point Load e Indice Sclerometrico con Martello di Smith);
- è previsto il prelievo di almeno 4 campioni di roccia con carotiere semplice o a doppia parete in ragione del grado di fratturazione e dello stato di alterazione;
- ogni 5m di carotaggio in roccia è prevista l'esecuzione prove di permeabilità Lugeon che permetteranno anche una valutazione indiretta del grado di fratturazione dell'ammasso;

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</p> <p>VARIANTE DI BAULADU</p> <p>PROGETTO ESECUTIVO</p>					
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<p>COMMESSA RR15</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ</p>	<p>DOCUMENTO RG GE 01 05 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>PAG. 20/40</p>

- per ogni viadotto e cavalcavia è stato previsto l'allestimento del sondaggio con strumentazione in foro consistente in tubo PVC da 2" per piezometro a tubo aperto tipo Norton; nel caso sia prevista anche l'allestimento della prova sismica Down-Hole la tubazione in PVC sarà da 3";
- per ogni viadotto, in caso non si abbia conferma dell'uniformità stratigrafica (ad esempio diversità situazione tra la zona centrale dell'opera e le zone in prossimità delle spalle), per estendere alle fondazioni adiacenti le valutazioni ottenute dal sondaggio, si potrà effettuare anche uno stendimento sismico MASW o con tecnica ibrida a riflessione con elaborazione tomografica con misura delle onde Vs e Vp, esteso alle campate adiacenti in modo da interessare tutte le fondazioni del viadotto;
- In tutti i fori è prevista la verifica del livello di falda a stabilizzazione avvenuta.
- In caso lo spessore dei depositi alluvionali fini (limi e argille, litotipi a e b2) risultasse molto più elevato del previsto e composto da terreni grossolani (sabbie e ghiaie) di scarse caratteristiche di resistenza, le indagini potranno essere integrate, se necessario, con prove penetrometriche dinamiche continue DPSH fino alla profondità di rifiuto per la valutazione del rischio di liquefazione, per la valutazione della stabilità delle scarpate delle trincee e la definizione dello spessore della bonifica sotto i rilevati.

3.2 PROVE DI LABORATORIO TERRE E ROCCE

Per quanto riguarda, infine, le prove di laboratorio vale quanto segue.

Prove di laboratorio su campioni rimaneggiati di terreni sciolti:

- determinazione contenuto naturale in acqua;
- analisi granulometrica completa (per vagliatura e sedimentazione);
- determinazione limiti di consistenza (LR, LP, LL)

Prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreni sciolti:

- determinazione contenuto naturale in acqua;
- analisi granulometrica completa (per vagliatura e sedimentazione);
- determinazione limiti di consistenza (LR, LP, LL)
- determinazione del peso di volume naturale
- determinazione del peso di volume del secco
- prova di compressione in cella triassiale (CIU, UU)
- prove di taglio diretto
- prova edometrica

Prove di laboratorio su campioni lapidei:

- point load test
- prova di compressione monoassiale ELL (con registrazione delle deformazioni assiali)
- prova di resistenza a trazione indiretta (Brasiliana)
- prova di compressione triassiale in cella di Hoek
- misure ultrasoniche su provino (onde Vp e Vs)
- prove di qualifica per inerti da cls (prova Los Angeles, prova di assorbimento, prova di resistenza a cicli di gelo e disgelo, analisi

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO</p>					
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<p>COMMESSA RR15</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ</p>	<p>DOCUMENTO RG GE 01 05 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>PAG. 21/40</p>

4 SPECIFICHE TECNICHE PER LE INDAGINI INTEGRATIVE

4.1 PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO CON METODO TRADIZIONALE

La perforazione verrà eseguita a carotaggio continuo, utilizzando carotieri doppi (T6) con diametro nominale 101.0 mm con estrazione di carote di 79.0 mm. Il fluido di perforazione da utilizzare é acqua senza aggiunta di additivo.

Nel tratto iniziale in caso di attraversamento di terreni sciolti si procederà con l'utilizzo di rivestimento provvisorio (da 127 mm) in maniera di stabilizzare il foro e da facilitare l'inserimento a fine carotaggio della tubazione per la strumentazione da installare.

Durante la perforazione, sarà monitorato il livello dell'acqua tramite freatometro di precisione. Le letture effettuate saranno riportate nella scheda del sondaggio.

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in cassette catalogatrici, munite di scomparti divisori e di coperchio apribile. Sui bordi e all'interno di dette cassette verranno indicate le quote dei recuperi e tutti gli elementi utili per il riconoscimento delle quote dei campionamenti. Le cassette catalogatrici, infine, saranno di volta in volta fotografate complete di tutte le indicazioni utili al loro riconoscimento. Dette fotografie verranno allegate nel rapporto del sondaggio. Per ogni sondaggio sarà preparata una documentazione fotografica e la redazione di un profilo stratigrafico in cui verranno segnalate le principali caratteristiche litologiche dei terreni attraversati.

4.2 RILIEVI STRUMENTALI

Sulle carote di roccia estratte verrà eseguito il rilievo geomeccanico, seguendo la normativa di riferimento ISRM - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests (1978) – Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses.

La qualità della roccia sarà definita per mezzo dei seguenti parametri (Fig.2):

- T.C.R. (Total Core Recovery - Percentuale di carotaggio totale) è dato dal rapporto percentuale tra la lunghezza della carota (sommatoria di tutti gli spezzoni di carota compresi i tratti recuperati in frammenti) e la lunghezza della manovra di carotaggio;
- S.C.R. (Solid Core Recovery - Percentuale di recupero delle carote integre è data dal rapporto percentuale tra la sommatoria delle lunghezze degli spezzoni di carota integri (ovvero con circonferenza completa) e la lunghezza della manovra di carotaggio;

Appaltatore:  COSTRUZIONI GENERALI Progettazione:  	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO					
INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa	COMMESSA RR15	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ	DOCUMENTO RG GE 01 05 001	REV. C	PAG. 22/40

• R.Q.D. (Rock Quality Designation - Percentuale di carotaggio modificata) è definito come rapporto percentuale tra la sommatoria degli spezzoni di carote aventi lunghezza maggiore o uguale a 10 cm e la lunghezza del tratto di carotaggio considerato.

• I.F. (indice della spaziatura delle fratture) è determinato dal rapporto tra il numero di discontinuità e la lunghezza unitaria (1 m), tale indice permette di valutare l'influenza delle discontinuità sul comportamento dell'ammasso roccioso.

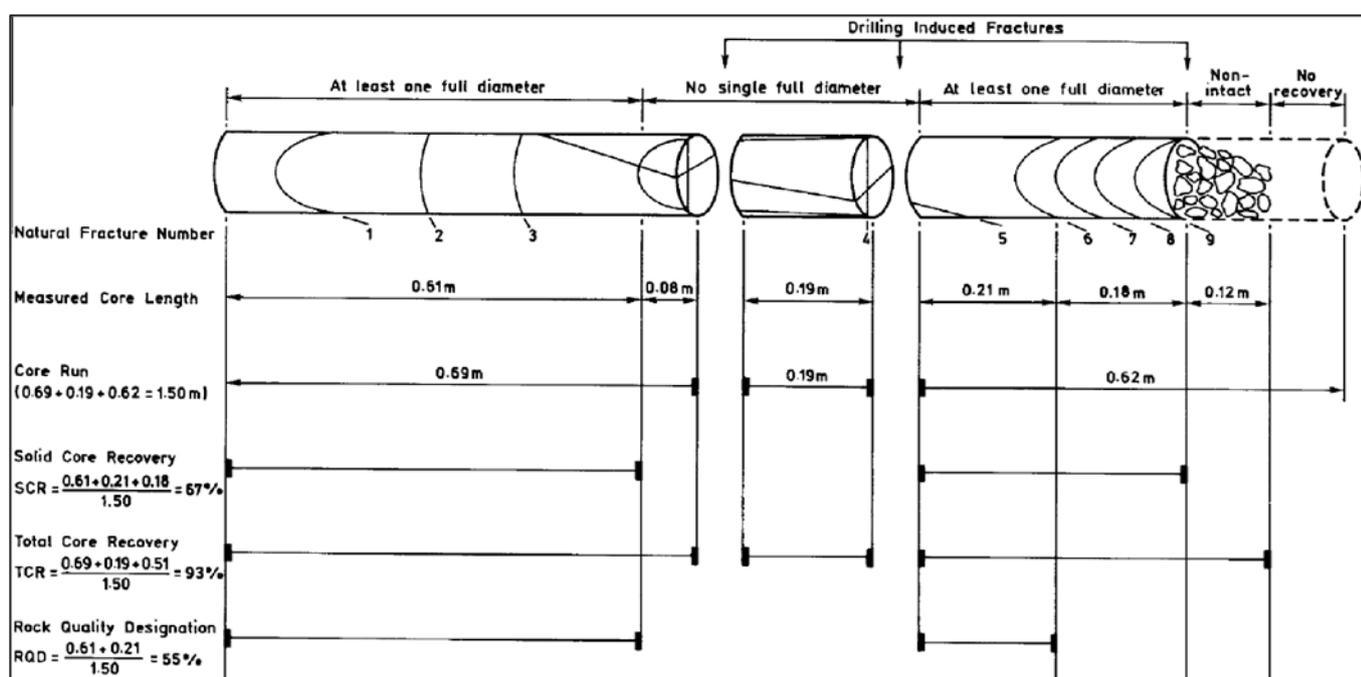


Figura 8 Schema rilievo parametri geomeccanici

Inoltre è richiesto il rilevamento continuo su tutte le carote:

- Condition of weathering (Ja);
- Joint roughness (Jr);
- Type of joint filling mineral (Ja);
- Presence of clay gouges;
- Presence of crushed section.
- Sulle carote di roccia saranno effettuate misure dell'indice sclerometrico con martello di Smith.

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</p> <p>VARIANTE DI BAULADU</p> <p>PROGETTO ESECUTIVO</p>												
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAG.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RR15</td> <td>00</td> <td>E ZZ</td> <td>RG GE 01 05 001</td> <td>C</td> <td>23/40</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.	RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	23/40
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.								
RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	23/40								

4.3 PROVE LUGEON

Nel corso della perforazione sono previste, oltre i 10m di profondità, prove di permeabilità di tipo Lugeon ad intervalli di 6m .

La prova consiste nell'iniettare acqua in pressione all'interno di un settore isolato del foro di sondaggio (realizzato in roccia) e nel misurare i volumi di acqua assorbiti a differenti pressioni di iniezione.

Una volta individuato il tratto in cui andare a realizzare la prova, il packer viene inserito all'interno del foro di sondaggio privo di rivestimenti metallici.

Il packer viene gonfiato con azoto, in modo da isolare il tratto finale del foro per una lunghezza compresa tra 3 e 5 m, quindi si procede con l'immissione di acqua nel tratto di prova, andando a realizzare tre diversi gradini di pressione in salita e ripetendo gli stessi primi due gradini in discesa, ogni gradino di portata (in salita o in discesa) viene mantenuto per 10 minuti

Le prove sono state realizzate in accordo con le norme dell'AGI Associazione Geotecnica Italiana (1977) - Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche.

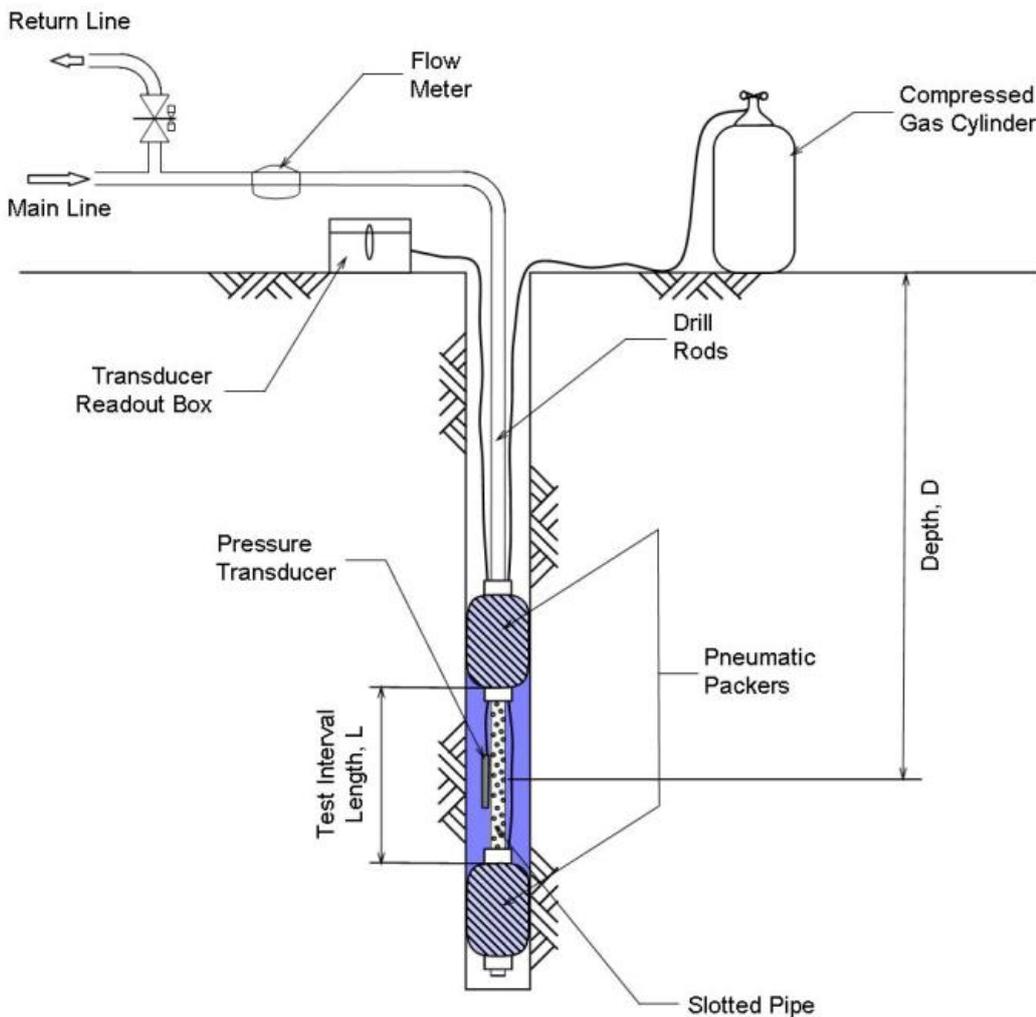


Figura 9 Prova Lugeon (configurazione test)

Appaltatore:  COSTRUZIONI GENERALI Progettazione:  		VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO					
INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa		COMMESSA RR15	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ	DOCUMENTO RG GE 01 05 001	REV. C	PAG. 24/40



Figura 10 Stadi di messa in pressione Prova Lugeon

Table 2. Condition of rock mass discontinuities associated with different Lugeon values

Lugeon Range	Classification	Hydraulic Conductivity Range (cm/sec)	Condition of Rock Mass Discontinuities	Reporting Precision (Lugeons)
<1	Very Low	$< 1 \times 10^{-5}$	Very tight	<1
1-5	Low	$1 \times 10^{-5} - 6 \times 10^{-5}$	Tight	± 0
5-15	Moderate	$6 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-4}$	Few partly open	± 1
15-50	Medium	$2 \times 10^{-4} - 6 \times 10^{-4}$	Some open	± 5
50-100	High	$6 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$	Many open	± 10
>100	Very High	$> 1 \times 10^{-3}$	Open closely spaced or voids	>100

<p>Appaltatore:</p>  <p>manelli COSTRUZIONI GENERALI</p> <p>Progettazione:</p>   <p>PINI SMART ENGINEERING</p> <p>STRATER</p>	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</p> <p>VARIANTE DI BAULADU</p> <p>PROGETTO ESECUTIVO</p>					
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<p>COMMESSA RR15</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ</p>	<p>DOCUMENTO RG GE 01 05 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>PAG. 25/40</p>

4.4 PROVE DILATOMETRICHE (DRT)

Nel corso della perforazione saranno realizzate, alternandole alle precedenti, prove dilatometriche (DRT).

La prova consiste nell'applicare una pressione alla parete di un foro di sondaggio con la membrana dilatabile. La variazione diametrale delle pareti, legata alla progressiva dilatazione della sonda, è determinata direttamente per mezzo di un trasduttore di spostamento installato nella sonda stessa.

Le caratteristiche di deformabilità della roccia in corrispondenza del dilatometro sono calcolate in base alla relazione tra la pressione e la dilatazione.

Le prove dilatometriche misurano la deformazione del terreno attraverso una membrana infissa nel terreno: dalle prove si ricava il modulo "dilatometrico" ED, l'indice delle tensioni orizzontali KD e un indice di materiale ID che fornisce informazioni sulla granulometria del terreno.

Tramite specifiche relazioni vengono ricavati i valori del modulo confinato (edometrico) e la resistenza a taglio non drenata. Un parametro importante per determinati problemi (gallerie, opere in sotterraneo) è il coefficiente di spinta a riposo K_0 , che viene stimato dalla prova dilatometrica attraverso relazioni con l'indice KD.

4.5 PROVE DOWN HOLE

Con la prova Down Hole si misurano i tempi di arrivo di impulsi sismici generati in superficie e diretti verso un ricevitore posto all'interno di un foro di sondaggio verticale.

La prova, che necessita quindi di un solo foro di sondaggio alle cui pareti viene ancorato un geofono tridimensionale, consente la misura diretta della velocità di propagazione V_p e V_s e la determinazione dei parametri elastici dei terreni in condizioni dinamiche.

La metodologia di indagine si basa sull'acquisizione e la lettura dei tempi di propagazione delle onde sismiche generate e rilevate con intervalli di 1 metro lungo la profondità del foro.

L'interpretazione consiste nel diagrammare i tempi di tragitto sorgente-ricevitore in funzione della profondità z , in modo tale da ottenere, con operazioni di calcolo differenziate, le velocità e gli spessori degli strati indagati.).

Appaltatore:



Progettazione:



VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU
PROGETTO ESECUTIVO

INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE
ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.
RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	26/40

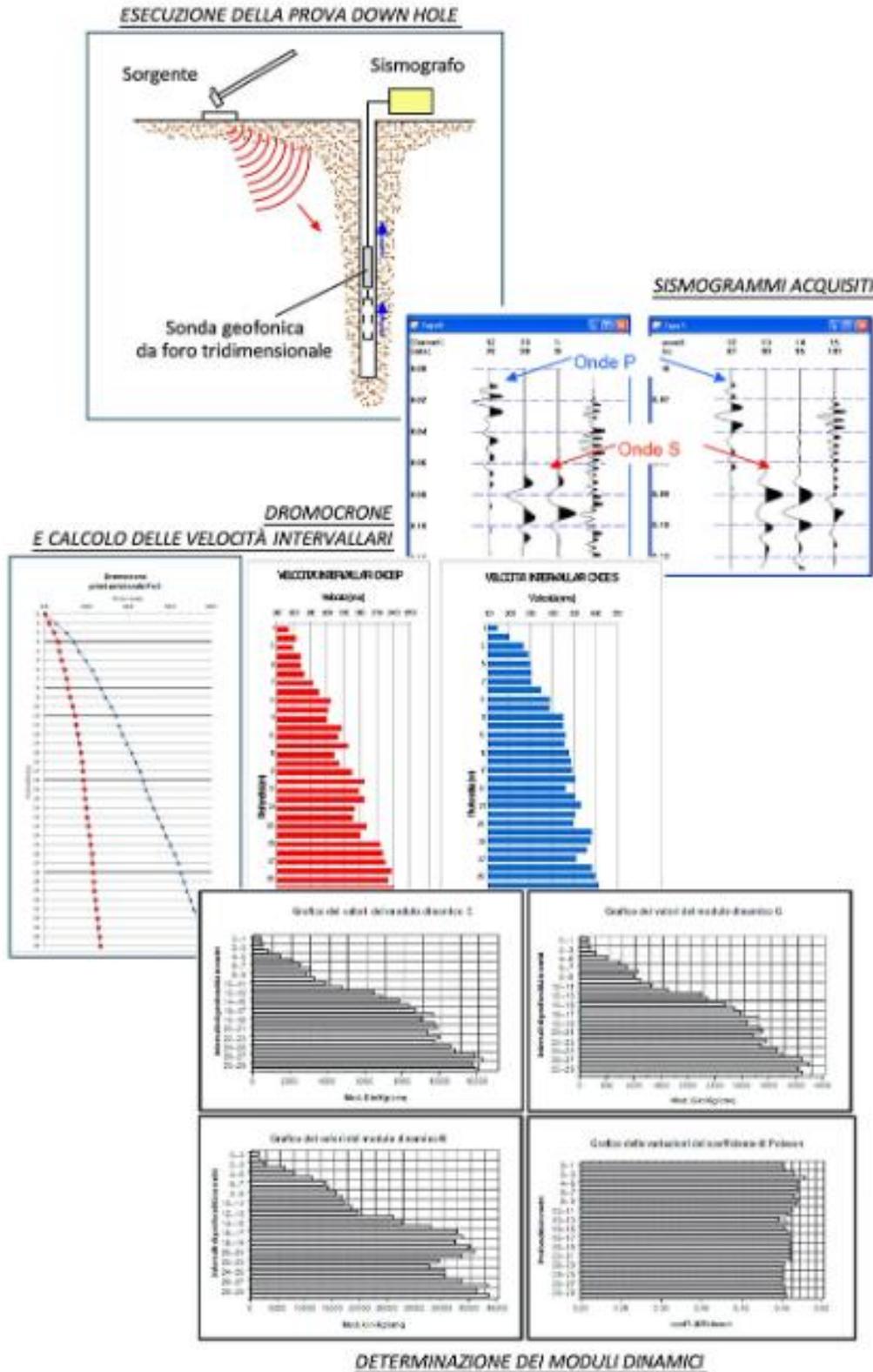


Figura 11 Tipica restituzione prove Down Hole

<p>Appaltatore:</p>  <p>COSTRUZIONI GENERALI</p> <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</p> <p>VARIANTE DI BAULADU</p> <p>PROGETTO ESECUTIVO</p>					
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<p>COMMESSA RR15</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ</p>	<p>DOCUMENTO RG GE 01 05 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>PAG. 27/40</p>

4.6 INSTALLAZIONE DI STRUMENTI IN FORO

Piezometro tipo Norton

Al termine del sondaggio si procederà all'installazione del tubo piezometrico in PVC atossico da 2" (o 3" in caso sia prevista la misura Dowh Hole) , costituito da spezzoni da 1 m, 2 m e 3 m sia non che fessurati e giuntati tramite elementi filettati. L'interstizio creato tra il tubo piezometrico e le pareti del foro, è stato riempito con sabbia grossolana e/o ghiaietto pulito arrotondato ($\varnothing = 1\div 4$ mm). La preparazione del foro e l'installazione dello strumento è stata eseguita seguendo la normativa di riferimento AGI Associazione Geotecnica Italiana (1977) (Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche).

L'installazione della colonna piezometrica sono state utilizzate le seguenti modalità esecutive:

- accurato lavaggio del foro con acqua pulita al termine della perforazione;
- installazione del tubo piezometrico in PVC;
- inserimento nel foro di perforazione di ghiaietto pulito arrotondato ($\varnothing = 1\div 4$ mm) per uno spessore da interessare la sezione in cui sono stati installati spezzoni di tubo fessurato, procedendo progressivamente all'estrazione della camicia metallica (127 mm);
- realizzazione di un tappo impermeabile con compattonite in pellets per uno spessore variabile da 1 a 3 m, a seconda del foro, ed estraendo progressivamente il tubo di rivestimento;
- chiusura del foro di sondaggio tramite miscela cemento-bentonite-acqua in proporzioni tali che la consistenza della miscela, a posa avvenuta, sia simile a quella del terreno nella zona del piezometro;
- lavaggio finale del sistema piezometrico e spurgo dello stesso, al fine di consentire l'attivazione immediata del sistema di drenaggio nell' intorno del tubo, mediante aumento della permeabilità per rimozione del materiale fine eventualmente presente, onde evitare la formazione di depositi all'interno del tubo piezometrico e l'eventuale intasamento delle sue fenestrate;
- Il tubo piezometrico sarà protetto in superficie, a seconda dei casi, o con tubo metallico ad alta visibilità dotato di tappo con chiusura e lucchetto.

Appaltatore:

manelli
COSTRUZIONI GENERALI

Progettazione:

PINI
SMART ENGINEERING

STRAPER

VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA

VARIANTE DI BAULADU

PROGETTO ESECUTIVO

INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE
ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa

COMMESSA
RR15

LOTTO
00

CODIFICA
E ZZ

DOCUMENTO
RG GE 01 05 001

REV.
C

PAG.
28/40

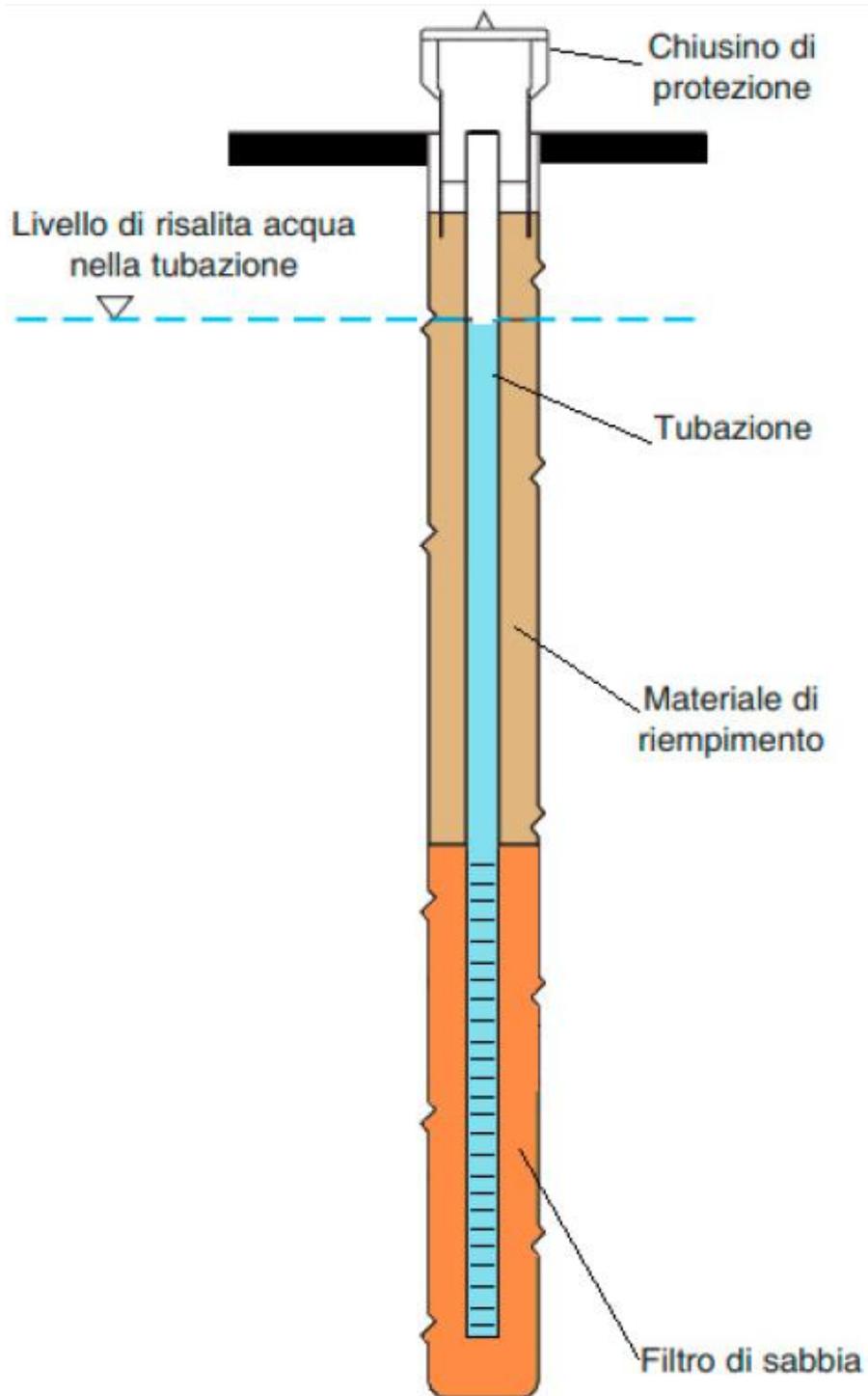


Figura 12 Piezometro a tubo aperto tipo Norton

Appaltatore:  COSTRUZIONI GENERALI Progettazione:  	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO												
INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">PAG.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">RR15</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG GE 01 05 001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">29/40</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.	RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	29/40
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.								
RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	29/40								

Cella di Casagrande

La differenza tra il piezometro Casagrande ed il piezometro a tubo aperto è che con i primi si misurano le pressioni neutre nel terreno mentre con i secondi i livelli di falda.

Entrambi i modelli vengono installati all'interno di fori di sondaggio collegando il tubo finestrato o l'elemento filtrante con tubi in PVC giuntati fino alla profondità richiesta.

La lettura del livello o della pressione può avvenire attraverso trasduttori di pressione o attraverso lettura con una sonda elettrica o freatrimetro.

Il traduttore di pressione viene calato all'interno della tubazione e il livello di pressione viene rilevato in superficie attraverso il collegamento con centraline di lettura o datalogger.

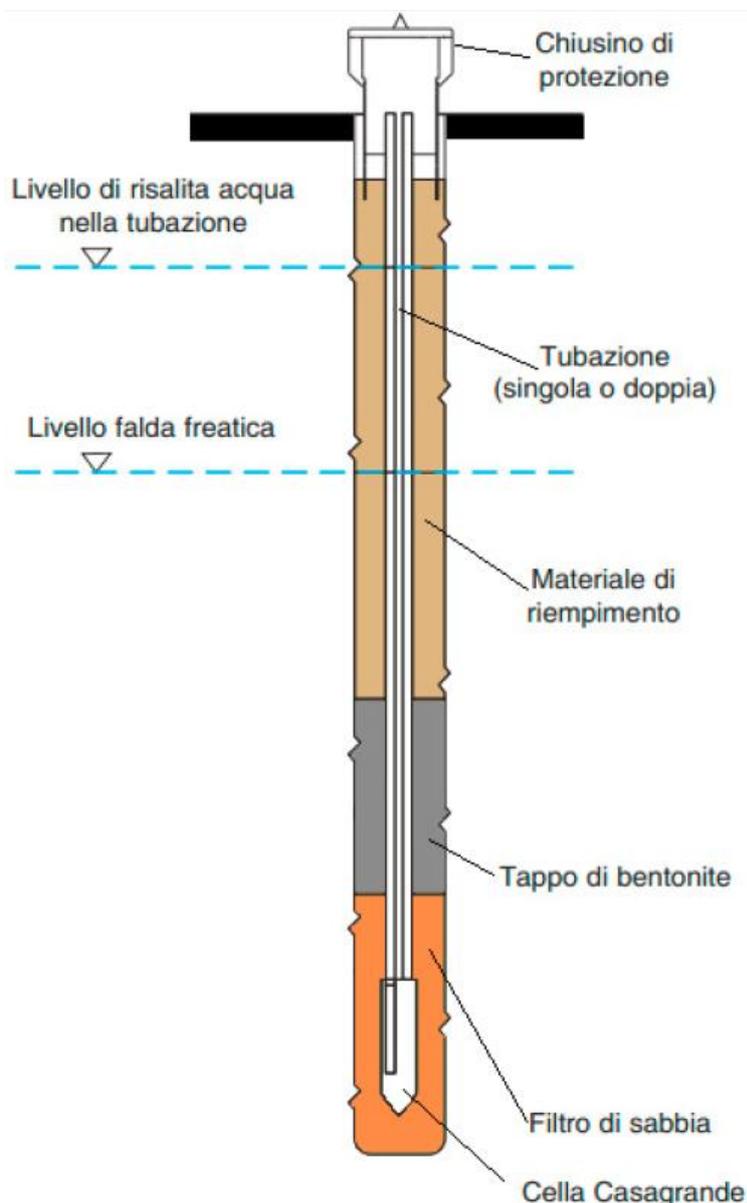


Figura 13 Piezometro a cella di Casagrande

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO</p>					
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<p>COMMESSA RR15</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ</p>	<p>DOCUMENTO RG GE 01 05 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>PAG. 30/40</p>

4.7 INDAGINI SISMICHE CON METODOLOGIA IBRIDA (RIFLESSIONE-RIFRAZIONE) CON ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

La tecnica di prospezione sismica tomografica tra fori prevede la misura dell'onda sismica prodotta tra il punto di energizzazione in superficie o foro (shot) e vari punti di ricezione (geofoni e idrofon) disposti sulla superficie topografica ed in foro.

Dai tempi di arrivo dell'onda sismica, conoscendo la distanza shot-ricevitore, si determina la velocità di propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo, longitudinali (V_p) e/o trasversali (V_s), consentendo di rilevare in sintesi le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni e/o dei manufatti, poiché i valori di V_p e/o V_s sono proporzionali al grado di compattezza dei mezzi percorsi.

L'elaborazione dei dati e le relative rappresentazioni cartografiche vengono effettuate mediante elaborazione tomografica.

Il processing tomografico consiste nella realizzazione di una griglia ad elementi distinti della sezione di analisi, nell'applicazione di algoritmi di ray tracing ed inversione tomografica.

L'analisi consente quindi di ottenere una immagine di dettaglio delle caratteristiche geofisiche del mezzo permettendo di distinguere mediante rappresentazioni a countour line di isovelocità anche intorni minimi con caratteristiche differenziate del materiale per variazioni di consistenza, grado di alterazione, fratturazione, ecc.

Le prospezioni geosismiche tomografiche mediante la delineazione particolareggiata di aree di discontinuità fisica possono validamente contribuire alla definizione dello stato di resistenza/disaddensamento del materiale, ad ampie correlazioni stratigrafico-geomeccaniche ed a significative ricostruzioni geomorfologiche.

Riguardo inoltre alla correlazione con i contatti litostratigrafici individuati nei sondaggi geomeccanici, l'identificazione dei livelli o settori rilevati dalla prospezione geosismica con tecnica tomografica dipende dal grado di effettiva omogeneità dello spessore litostratigrafico.

La prospezione geosismica tomografica, grazie al suo estremo dettaglio analitico, può mettere in luce importanti effetti di anisotropia laterale indicati da significative variazioni verticolaterali dei valori dei parametri geofisici analizzati che evidenziano stati particolari di degradazione non sempre individuabili direttamente dalle analisi litologiche e geotecniche relative ai limitati prelievi nei punti di perforazione.

Nella campagna di indagini in esame si prevede l'esecuzione di stese sismiche a rifrazione in onde P e S con estensione massima di 240-300 m e distanza intergeofonica pari o inferiore a 5 m (array a 48 canali).

Lo stendimento sismico verrà georeferenziato mediante rilievo delle estremità e del centro della stesa, con ubicazione geometrica dei geofoni sulla stessa.

L'ubicazione verrà riportata in una planimetria dedicata.

Lo scopo della prova sismica è effettuare una ricostruzione delle strutture tettoniche e delle fasce di maggiore fratturazione presenti nel sottosuolo.

Il metodo sismico a riflessione consiste nel produrre uno scoppio e nel registrare le riflessioni da esso generate attraverso lo stendimento di diversi geofoni distribuiti sulla superficie del terreno in termini di onde P (onde di compressione) e SH (onde di taglio).

A differenza della sismica a rifrazione, nella sismica a riflessione non viene misurato solo il tempo di primo arrivo dell'onda elastica ai singoli geofoni, ma viene effettuata una accurata analisi dei treni d'onda ricevuti, attraverso i quali si giunge a riconoscere le superfici di separazione di zone caratterizzate da differenti

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO</p>					
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<p>COMMESSA RR15</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ</p>	<p>DOCUMENTO RG GE 01 05 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>PAG. 31/40</p>

velocità sismiche. In questo modo sarà possibile risalire non solo alla profondità delle diverse superfici di separazione, stabilirne con esattezza la geometria, l'estensione e le reciproche relazioni.

Si richiede la massima energizzazione possibile con particolare riferimento all'acquisizione delle onde S, necessarie ai fini della ricostruzione sismostratigrafica e dell'analisi di RSL ai sensi delle NTC2018.

Pertanto la società dovrà dotarsi di energizzatore trasversale tipo "capra" e non effettuare energizzazioni con semplice martello su tronchetto ancorato.

I dati acquisiti dovranno essere processati con elaborazione tomografica.

Sorgente di energia

Devono essere utilizzati adeguati energizzatori di onde sismiche costituiti da un sistema sparker ed un generatore di un'onda sismica elettrodinamico i quali operano creando un fronte d'onda sismico adeguato alle indagini di dettaglio in oggetto dei quali si forniranno le schede tecniche .

I sistemi di energizzazione normalmente utilizzati possono essere di due tipi:

- sistemi "Sparker" per la generazione delle sole onde di compressione i quali producono onde di volume non polarizzate;
- sistemi "Elettrodinamici" per la generazione delle onde di taglio Sv. Questa viene effettuata con polarizzazione verso l'alto e verso il basso (generazione di onde Sv) allo scopo di valutare e determinare con accuratezza l'arrivo delle onde di taglio.

La registrazione dei dati avviene con l'utilizzo di un sensore 3D oppure una stringa di sensori (3D) a frequenza variabile (da 4.5 a 100 Hz) disposti tridimensionalmente rispetto all'asse del foro, posizionati nei fori (uno o più) alle stesse quote dei punti di origine dell'energia oppure mediante sistemi idrofonici per la sola misura delle velocità delle onde di compressione.

La strumentazione di registrazione dei segnali deve possedere chiaramente un campionamento adeguato alla frequenza della sorgente di energia ed un campionamento tale da risolvere le frequenze caratteristiche dei segnali sismici del sito.



Figura 14 Acquisizione di dati utili ad analizzare la rifrazione delle onde SH e delle onde di Love (indicata la direzione dell'asse di sensibilità dei geofoni, perpendicolare allo stendimento – vedi anche Figura 2).

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</p> <p>VARIANTE DI BAULADU</p> <p>PROGETTO ESECUTIVO</p>												
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAG.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RR15</td> <td>00</td> <td>E ZZ</td> <td>RG GE 01 05 001</td> <td>C</td> <td>32/40</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.	RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	32/40
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.								
RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	32/40								

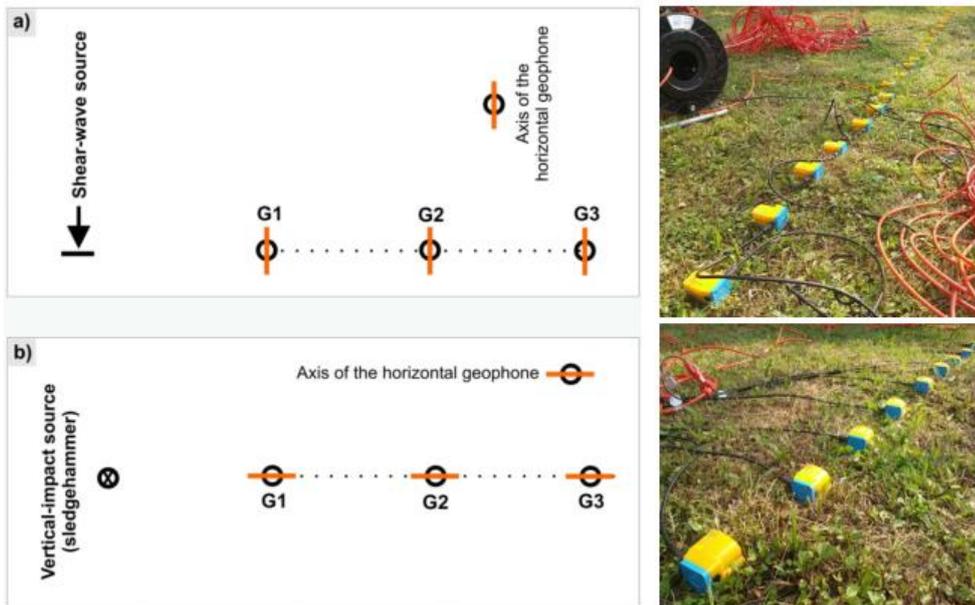


Figura 15 Acquisizione di dati congiunti Rayleigh e Love utilizzando unicamente geofoni orizzontali: a) stendimento per acquisizione dati utili ad analizzare la rifrazione delle onde SH e la dispersione delle onde di Love; b) stendimento per acquisizione dati utili ad analizzare la dispersione delle onde di Rayleigh (componente radiale) e, in una certa misura, la rifrazione delle onde P

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO												
INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">PAG.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">RR15</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG GE 01 05 001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">33/40</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.	RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	33/40
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.								
RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	33/40								

4.8 INDAGINE MASW

Nella campagna di indagini in esame si prevede l'esecuzione di stese sismiche a rifrazione MASW in onde S e P con estensione massima di 240 m e distanza intergeofonica pari o inferiore a 5 m (array a 48 canali). Lo stendimento sismico verrà georeferenziato in Gauss Boaga – Roma 40 mediante rilievo delle estremità e del centro della stesa, con ubicazione geometrica dei geofoni.

L'ubicazione sarà riportata in una planimetria dedicata.

Lo scopo della prova sismica a rifrazione è determinare il profilo di rigidità del sito attraverso la misura indiretta della velocità di propagazione delle onde di compressione (VP) e di taglio (VS) al fine di determinare le geometrie sepolte (spessori e superfici di contatto) dei sismostrati individuati. Nella successione sismostratigrafica dovrà essere riscontrato il substrato sismico ($V_s > 800$ m/s), la cui individuazione è necessaria ai fini dell'analisi di RSL.

Il rilievo sismico a rifrazione consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, delle sollecitazioni per la generazione delle onde P e SH e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori (geofoni).

Si richiede la massima energizzazione possibile con particolare riferimento all'acquisizione delle onde S, necessarie ai fini della ricostruzione sismostratigrafica e dell'analisi di RSL ai sensi delle NTC2018.

Pertanto la società dovrà dotarsi di energizzatore trasversale tipo "capra" e non effettuare energizzazioni con semplice martello su tronchetto ancorato.

I dati acquisiti dovranno essere processati con elaborazione tomografica.

Appaltatore:  COSTRUZIONI GENERALI Progettazione:  	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO
INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAG. RR15 00 E ZZ RG GE 01 05 001 C 34/40

5 PROGRAMMA DELLE INDAGINI

La sequenza delle indagini è dettata dalla suddivisione delle attività prevista (parte A e parte B).

Le attività ricomprese nelle WBS in Parte A riguardano le trincee di imbocco sud e nord della galleria ed in prossimità di queste.

N.	Galleria	Pk (galleria)	Pk (finestra)	Cod.	QT (m slm)	QP (m slm)	L [m]	Litotipi
3	Bauladu_Imbocco Bonorva IN08	6+050	-	SPE_S_4	162,27	150,81	30	b2,BST

Galleria	Pki(rel)	Pkf(reL)	Cod.	L(m)	Tipologia	Litotipi
Bauladu Imbocco Oristano	2+200	2+500	LS_1	300	Sismica a riflessione	BST, AND
Bauladu Imbocco Oristano	2+230		LS_1_T	240	Sismica a riflessione	BST, AND
Bauladu Imbocco Bonorva	5+800	6+100	LS_5	300	Sismica a riflessione	b2,BST
Bauladu Imbocco Bonorva	6+050		LS_IN08-1	250	Sismica a riflessione	b2,BST
Bauladu Imbocco Bonorva	6+050		LS_IN08-2	200	Sismica a riflessione	b2,BST

A queste possono seguire le indagini in corrispondenza dei viadotti VI01 e VI02.

N.	Opera	Pk	Cod.	QT (m slm)	L[m]	Litotipi
4	VI01 -P5 Pila 5	1+827.09	SPE_A_04	71,2	30	b2, BST
5	VI01 -Sp2 Spalla 2	1+952.26	SPE_A_05	75,2	30	BST
8	VI02 - P3 Pila 3	7+717.16	SPE_A_08	158,5	30	a, AND
9	VI02 - Sp2 Spalla 2	7+850.24	SPE_A_09	170,0	30	a, BST, AND

Con l'integrazione della indagine sismica prevista sul VI01 e VI02.

Opere all'aperto	Pki(rel)	Pkf(reL)	Cod.	L(m)	Tipologia	Litotipi
VI01 da pila 2 a spalla B	1+780	1+950	LS_4	170	Sismica a riflessione	b2,BST
VI02 da spalla A a spalla B	7+640	7+990	LS_6	350	Sismica a riflessione	a, b2, BST

Appaltatore:  COSTRUZIONI GENERALI Progettazione:  	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO
INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAG. RR15 00 E ZZ RG GE 01 05 001 C 35/40

Completando gli stendimenti sismici nei tratti in sotterraneo con quello intermedio sul tratto a maggiore copertura e nei tratti all'aperto:

Galleria	Pki(rel)	Pkf(reL)	Cod.	L(m)	Tipologia	Litotipi
Bauladu Imbocco Uscita 1	2+700	3+300	LS_6_1L	600	Sismica a riflessione	b2,BST
Bauladu Imbocco Uscita 1	3+020		LS_6_1T	240	Sismica a riflessione	b2,BST
Intermedia Uscita 2 e 3	4+000	5+350	LS_3	1350	Sismica a riflessione	BST, AND
Bauladu Imbocco Uscita 2	4+190		LS_5BA_2-L	500	Sismica a riflessione	b2,BST
Bauladu Imbocco Uscita 2	4+190		LS_5BA_2-T	200	Sismica a riflessione	b2,BST
Bauladu Imbocco Uscita 3	5+300		LS_7BA_3	240	Sismica a riflessione	b2,BST

Opere all'aperto	Pki(rel)	Pkf(reL)	Cod.	L(m)	Tipologia	Litotipi
IN06 - IN13	0+210	0+550	LS_1A-2A	340	Sismica a riflessione	RI,b2,BST
IV01 0	6+904.60		MASW-1	50	MASW	b2,BST
IN10 DN1500, FERROVIARIO	7+300		MASW-2	50	MASW	BST
IN12 SCATOLARE FERROVIARIO	8+334.16		MASW-3	50	MASW	BST

Le indagini potranno proseguire nelle tratte all'aperto per le altre opere principali:

N.	Opera	Pk	Cod.	QT (m slm)	L[m]	Litotipi
1	IN06 DN1500, STRADALE, IN13 FUORI SEDE CIRCA 0+500	0+378.53	SPE_A_01-2	59,1	30	RI,b2, BST, AND
2	SL01 0	1+005.78	SPE_A_03	64.80	30	BST, AND
5	IV01 0	6+915.85	SPE_A_06	172,6	40	b2, BST

ed in sotterraneo sugli imbocchi delle finestre sulla GN01.

Appaltatore:  COSTRUZIONI GENERALI Progettazione:  	VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO												
INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">PAG.</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RR15</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG GE 01 05 001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">36/40</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.	RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	36/40
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.								
RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	36/40								

N.	Galleria	Pk (galleria)	Pk (finestra)	Cod.	QT (m slm)	QP (m slm)	L [m]	Litotipi
1	Imbocco Uscita 1	3+015	0+040	SPE_S_1	135,60	103,40	40	b2,BST
2	Imbocco Uscita 3	5+310	0+040	SPE_S_3	175,80	139,86	40	b2,BST

I sondaggi nel tratto intermedio della galleria a maggiore copertura potranno essere condotti in fase costruttiva sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini sismiche ed alle effettive esigenze progettuali.

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO</p>					
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<p>COMMESSA RR15</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ</p>	<p>DOCUMENTO RG GE 01 05 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>PAG. 37/40</p>

6 APPENDICE: DIFFERENZE FRA SISMICA A RIFRAZIONE, A RIFLESSIONE E TECNICA MISTA CON SISMICA IBRIDA

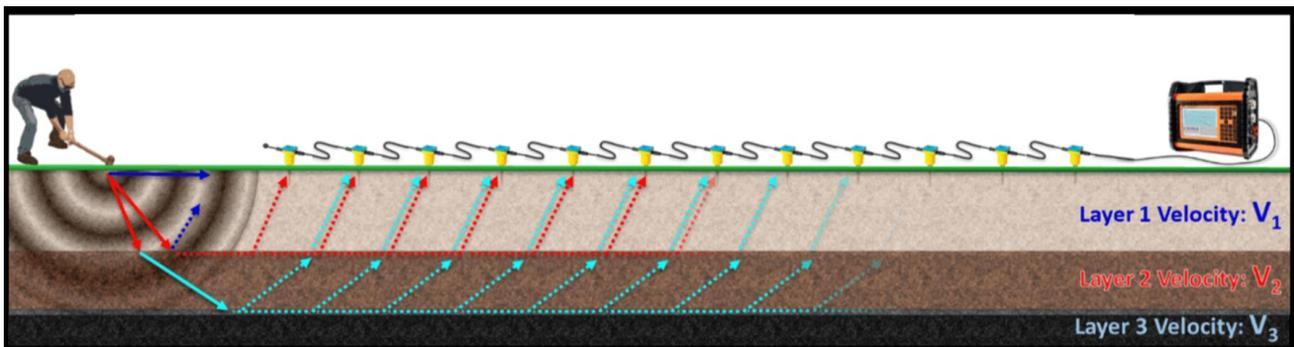
Nelle due immagini seguenti è sintetizzata la differenza sostanziale tra la sismica a rifrazione e la sismica a riflessione.

Le immagini usano un profilo del suolo con posizionato un array geofonico (elementi in giallo) collegati tra loro e questo al sismografo a destra. A sinistra un operatore genera un impulso con un martello a terra.

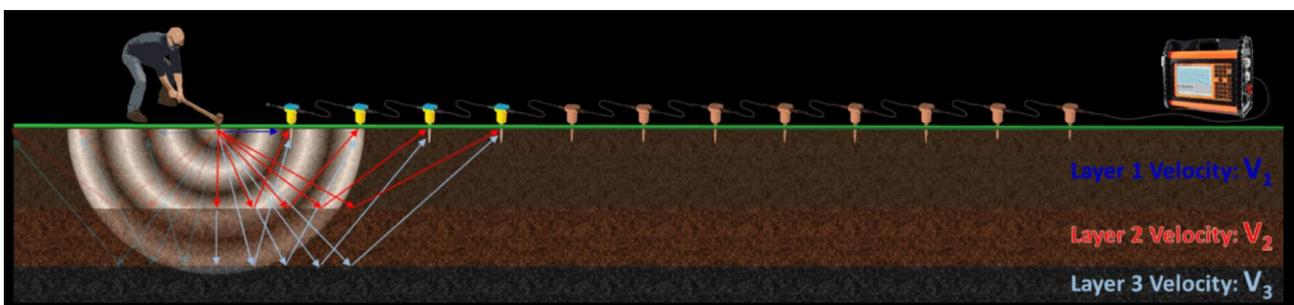
L'impulso sismico si trasmette con espansione del fronte d'onda nel terreno, che viene sintetizzato, con le traiettorie sismiche le quali immergono nel terreno e si rifrangono (prima immagine) seguendo le leggi di Snell, percorrono gli strati nel sottosuolo con un andamento subparallelo alla superficie e poi le traiettorie emergono e vengono registrate dai geofoni.

Una parte di energia si propaga anche verso il basso e qui subisce l'effetto della riflessione quando questa incontra una superficie di impedenza (es. tetto di strato o interfaccia di rigidità) subendo una riflessione come se questa fosse uno specchio.

Rifrazione



Riflessione



Entrambi i metodi forniscono, seppur in maniera diversa, informazioni sui parametri di deformabilità dei terreni indagati e sulle geometrie dei vari orizzonti stratigrafici o tettonica

La sismica a rifrazione, più specificamente quella con elaborazione tomografica, è più indicata a definire i parametri elastici della roccia ed anche le geometrie delle prime interfacce (es. base della copertura allentata, tetto della formazione rigida ecc.) permettendo di avere una profondità d'indagine che è circa 1/5 della lunghezza massima

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU PROGETTO ESECUTIVO</p>					
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<p>COMMESSA RR15</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ</p>	<p>DOCUMENTO RG GE 01 05 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>PAG. 38/40</p>

registrata cioè la distanza massima o media tra la posizione dello shot e l'ultimo geofono registrato dal medesimo shot.

La sismica a riflessione invece presenta un target d'indagine collegato ad una maggiore definizione delle strutture e contatti geologici, delle faglie, del carsismo con una profondità d'indagine legata solo alla quantità di energia utilizzata per generare l'impulso quindi da pochi metri alle migliaia.

Una tecnica mista è quella della sismica ibrida cioè è quell'insieme di procedure di acquisizione dati che permette di ottenere sia dati adeguati ad una analisi tomografica che a riflessione senza dover fare due acquisizioni con procedure distinte.

Per ottenere una buona sismica ibrida occorre avere una copertura di dati adeguata alla sismica a riflessione, in modo da poter realizzare tutte le procedure di elaborazione di riflessione che permettano di ottenere una buona e risolutiva immagine di sismica a riflessione, ed una lunghezza adeguata dell'array di acquisizione dei dati in modo da avere una profondità d'indagine sufficiente per indagare l'ammasso per una profondità di poco superiore a quella del target (es. livelletta di galleria).

E' indispensabile utilizzare in acquisizione dati la tecnica roll-along che consiste nell'utilizzare un array geofonico la cui lunghezza è maggiore o uguale a 5 volte la profondità di interesse geognostico, quindi per un target o fascia di profondità 60 m devo avere un array di lunghezza $60 * 5 = 300$ m.

Per dare risoluzione alla sismica a riflessione è necessario avere una immagine ricostruita che abbia tracce sufficientemente vicine per dare omogeneità alla sezione per cui normalmente si cerca di averne una ogni metro o 1.5 metri al massimo.

Per ottenere questo i geofoni devono essere posizionati sull'array ogni 2.5 m al massimo per cui si avranno tra di sismica a riflessione ogni 1.25 m che risulta adeguato per una buona immagine interpretabile.

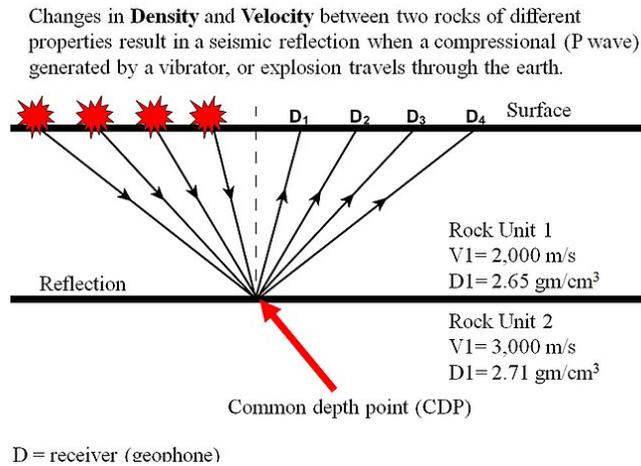
Un array di lunghezza 300 m (per giungere in tomografia a 60 m) e geofoni ogni 2.5 m, per tracce ogni 1.25 m) devo utilizzare 120 sensori sull'array.

Le densità delle energizzazioni (ogni stazione, ogni 2 stazioni ecc.) definisce il parametro della copertura sismica. E' meglio non aver mai una copertura sismica inferiore a 30-36. Cosa vuol dire?

La copertura sismica indica quante tracce, ottenute da shot diversi, fanno riferimento al medesimo punto di riflessione. Normalmente più sono meglio è però non devono fa riferimento ad energizzazioni e ricezioni molto lontane fra loro altrimenti intervengono variazioni di velocità nel sottosuolo che comportano modifiche nei tempi di percorrenza.

Una procedura sismica a riflessione corrisponde allo stack che consiste nella somma di tutte le tracce facenti riferimento alla medesima verticale (CDP – Common Depth Point). Dallo stack si ricava una traccia la quale verrà poi affiancata ad un'altra posta del CDP vicino e così via per costruire l'intera sezione sismica.

<p>Appaltatore:</p>  <p>Progettazione:</p>  	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA</p> <p>VARIANTE DI BAULADU</p> <p>PROGETTO ESECUTIVO</p>												
<p>INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">PAG.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">RR15</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG GE 01 05 001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">39/40</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.	RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	39/40
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.								
RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	39/40								



Copertura sismica 30 normalmente è una copertura adeguata.

In pratica se si facesse uno shot su ogni stazione sismica di un array di 120 canali fisso, non roll-along cioè mobile, avrei una copertura di 120 al centro della sezione sismica che si riduce a 1 all'inizio e fine dello stesso array, si avrebbe pertanto una sezione costituita da tracce che hanno un peso completamente diverso una dall'altra, cioè ridottissimo sui bordi che si scontra con una copertura molto alta al centro: è sbilanciata e crea artefatti.

Per avere una copertura di 30 si deve dare uno shot ogni due stazioni (5m) ed utilizzare la modalità roll-along o array mobile.

Per evitare questa situazione ma anche per eliminare la mancanza di dati all'inizio e fine sezione sismica, soprattutto tomografica, si opera in modalità roll-along o con array mobile, questo consente di avere copertura costante lungo tutta la sezione e sono all'inizio ed alla fine una diminuzione.

Per operare in questo modo si utilizza la modalità roll-along con array mobile, cioè si dispone a terra l'array da 120 canali interdistanti 2.5 m e si energizza sulla prima stazione.

Poi tutto il sistema viene traslato di 5 m in avanti, cioè si sposta tutto e così via fino a giungere a fine line con l'ultimo geofono dell'array.

A questo punto l'array rimane statico e gli shot avanzano sempre di due stazioni alla volta fino all'ultima stazione.

In questo modo la copertura sismica rimarrà costante di 30 da poco dopo l'inizio a poco prima della fine, le code si perdono sempre, e questa darà costanza di copertura sismica.

L'analisi sismica a rifrazione tomografica sarà anch'essa a copertura omogenea lungo tutta la sezione ma anche in questo caso sarà solo l'inizio e fine che avranno una riduzione di profondità nei primi 20-30 m.

Sono da evitare le attività che prevedono acquisizioni con array statico ed accostamento delle sezioni risultanti in quanto costituite da elementi che hanno coperture sismiche e geometrie differenti.

Appaltatore:



Progettazione:



VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA
VARIANTE DI BAULADU
PROGETTO ESECUTIVO

INDAGINI INTEGRATIVE – PIANO DELLE
ATTIVITA' - Relazione tecnico Illustrativa

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAG.
RR15	00	E ZZ	RG GE 01 05 001	C	40/40

Errori nella presentazione di sezioni sismiche:

