



# Autostrada Asti-Cuneo




## ADEGUAMENTO DELLA TANGENZIALE DI ALBA

### PROGETTO DEFINITIVO

### STUDI E INDAGINI

#### Geotecnica

#### Risultati delle indagini in sito e delle prove di laboratorio Parte 4

IMPRESA  	PROGETTISTA  	INTEGRATORE ATTIVITA' SPECIALISTICHE Dott. Ing. Salvatore Sguazzo Albo degli Ingegneri provincia di Salerno n. 5031  	COMMITTENTE Autostrada Asti-Cuneo S.p.A. Direzione e Coordinamento: S.A.L.T. p.A. (Gruppo ASTM) Via XX Settembre, 98/E 00187 Roma
--	--	--	---

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.	RIESAME	DATA	SCALA
A	05-2021	EMISSIONE	C.Grossi	E.Lombardo	Ing. Sguazzo	XXXX	MAGGIO 2021	-
							N. Progr.	
							02.02.08	

CODIFICA PROGETTO    LIV    DOCUMENTO    REV <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">P</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">8</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">D</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">G</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">E</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">O</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">S</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">H</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">A</div> </div>	WBS <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: flex; justify-content: space-between;"> <span>A</span><span>3</span><span>3</span><span>I</span><span>T</span><span>A</span><span>0</span><span>0</span><span>0</span><span>0</span> </div> CUP <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: flex; justify-content: space-between;"> <span>G</span><span>6</span><span>4</span><span>E</span><span>2</span><span>0</span><span>0</span><span>0</span><span>2</span><span>0</span><span>6</span><span>0</span><span>0</span><span>0</span><span>5</span> </div>
--	---

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	VISTO DELLA COMMITTENTE
-------------------------------	-------------------------

REGIONE PIEMONTE  
 PROVINCIA DI CUNEO  
 COMUNE DI ALBA

INDAGINI GEOGNOSTICHE E RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE  
 FINALIZZATI AL PROGETTO PER IL COLLEGAMENTO  
 AUTOSTRADALE A33 ASTI-CUNEO - TRONCO II - LOTTO 5



RAPPORTO INTERPRETATIVO DELLE INDAGINI

ELABORATO N°	ALLEGATO N°	CODICE
IG-GF	--	09002\IG-GF

COMMITTENTE

  
 SINA Spa  
 Viale Isorzo 14/1  
 20135 MILANO



COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI S.p.A.

2			
1			
0	FEBBRAIO 2009	Edizione	
REV.	DATA	DESCRIZIONE	
		Dott. S. Josa REDATTO	Dott. A. Cantù CONTROLLATO
			Dott. G. Sola APPROVATO



REGIONE PIEMONTE  
 PROVINCIA DI CUNEO  
 COMUNE DI ALBA

AUTOSTRADA A33 ASTI-CUNEO

INDAGINI GEOGNOSTICHE E RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE FINALIZZATI AL  
 PROGETTO PER IL COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE A33 ASTI - CUNEO  
 TRONCO II - LOTTO 5

*Rapporto interpretativo delle indagini*

Febbraio 2009

SOMMARIO

INDAGINI GEOGNOSTICHE .....  
 PROVE GEOTECNICHE IN SITO .....  
 RILIEVI TOPOGRAFICI .....  
 RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE .....

ALLEGATI

STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI .....  
 PROVE DI PERMEABILITA' .....  
 RILIEVI TOPOGRAFICI .....  
 SEZIONI SISMICHE .....  
 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....



## PREMESSA

Tra il 12/01/09 e il 30/01/09 sono stati eseguiti n.9 sondaggi a carotaggio continuo finalizzati al progetto per la realizzazione del collegamento autostradale A33 Asti-Cuneo – Tronco II – Lotto 5 in Comune di Alba (CN).

Tutti i sondaggi realizzati sono stati strumentati con piezometro del tipo a tubo aperto; in corrispondenza di tre di questi è stato anche installato un piezometro tipo Casagrande.

A supporto delle indagini geognostiche sono state eseguite, inoltre, prove geotecniche in sito consistenti in SPT (n.26), e in prove di permeabilità Leyfranc (n.14).

Nei giorni 12, 13 e 16 Febbraio 2009 è stato eseguito un rilievo sismico a rifrazione costituito da 8 stendimenti, ciascuno pari a 115 metri di lunghezza, per un totale quindi di 920 metri indagati, avente l'obiettivo di valutare la velocità di propagazione nel sottosuolo delle onde P ed S.

Su ogni punto di indagine sono state, infine, rilevate le coordinate topografiche, di cui in allegato si presentano le relative schede.

Di seguito vengono fornite le stratigrafie dei sondaggi geognostici, i risultati delle prove in sito e la documentazione fotografica delle carote prelevate, unitamente ai risultati dell'indagine geofisica.



## INDAGINI GEOGNOSTICHE

**Committente:** SINA SpA

**Commessa:** 09002

**Cantiere:** Alba (CN)

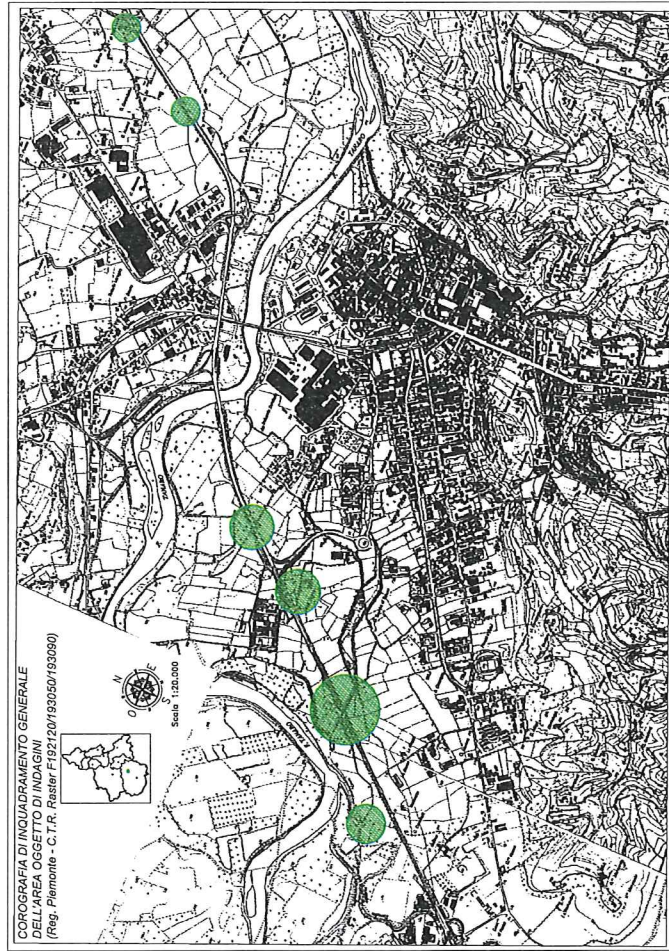
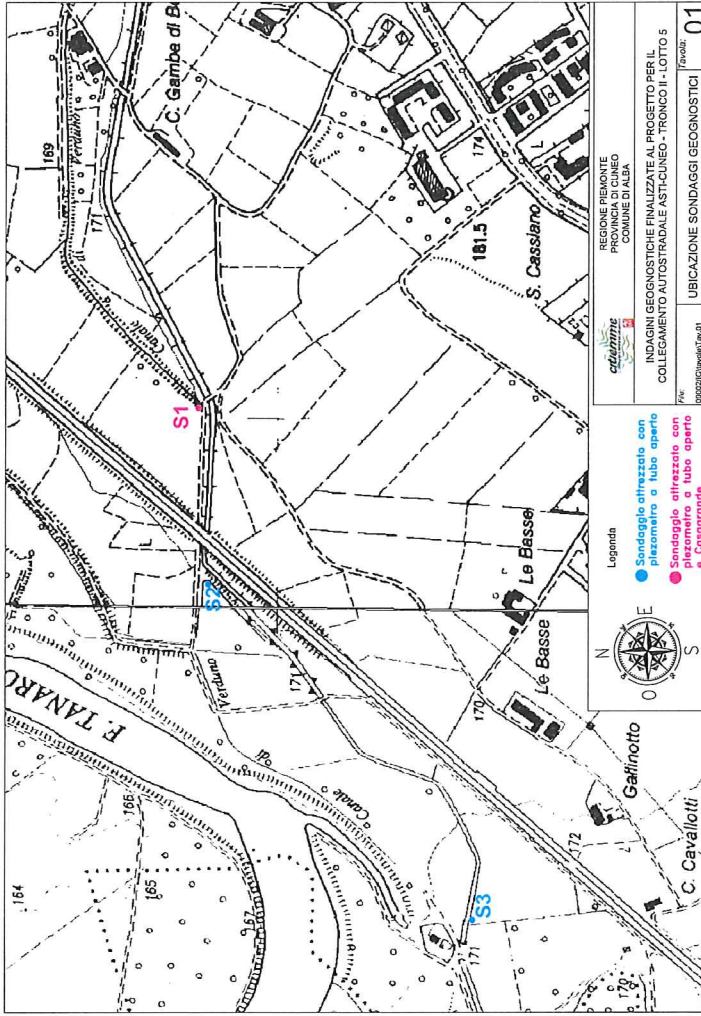
Tra il 12/01/09 e il 30/01/09 sono stati eseguiti n.9 sondaggi a carotaggio continuo finalizzati al progetto per la realizzazione del collegamento autostradale A33 Asti-Cuneo – Tronco II – Lotto 5 in Comune di Alba (CN). (Vedi corografia, Tav.01, Tav.02 e Tav.03).

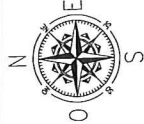
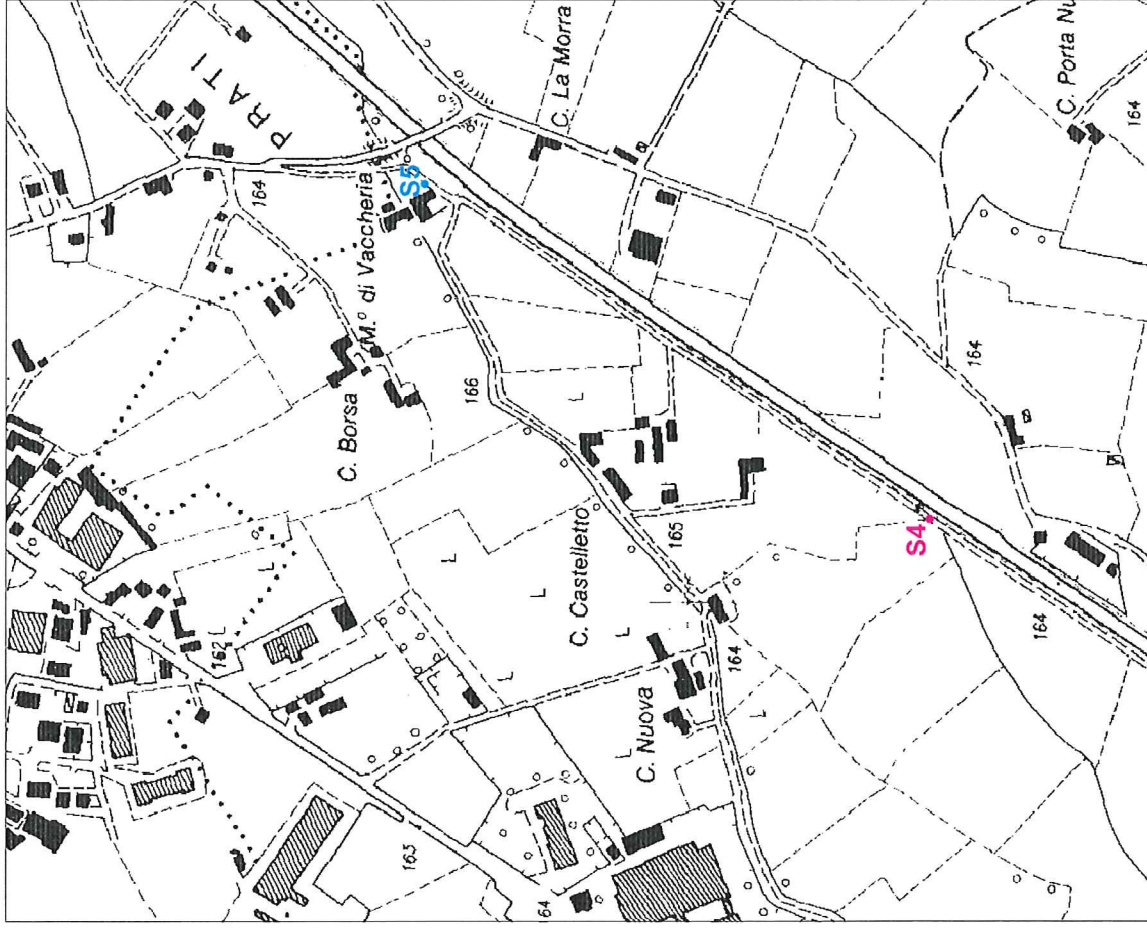
In particolare si tratta dei sondaggi denominati:

- **S1, S2, S3, S5, S7, S8:** profondi 30.0m;
- **S4:** profondo 25m;
- **S6:** profondo 20m;
- **S9:** profondo 10m.

Tutti i perfori sono stati strumentati con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC di diametro 2” (sondaggi da S1 a S6) e 3” (sondaggi da S7 a S9), ognuno fidestrato a partire da -3.00m da p.c. (S2 a partire da -1.00m da p.c.), fino alle profondità specificate nella Tabella a seguire, per il controllo delle oscillazioni della falda intercettata. Inoltre, in corrispondenza di S1, S4 ed S6 è stato installato anche un piezometro Casagrande a doppio tubo di diametro 0.5”.

DATA	ID SONDAGGIO	Prof. [m]	Sonda	Pz a tubo aperto	Prof. [m]			SPT	C.R.	C.I.	Prove di permeabilità
					"	Finestratura	Pz Casagrande				
16-19/01/09	S1	30	G2	10	2	3-9	27	3	5	5	2
20-23/01/09	S2	30	G2	10	2	1-7		5	5	1	2
26-30/01/09	S3	30	G2	9	2	3-6		3	5	1	2
14-16/01/09	S4	25	G500	12	2	3-9	21	5	6		2
12-13/01/09	S5	30	G500	12	2	3-9		4	5		2
12-13/01/09	S6	20	G2	9	2	3-6	18	3	5		2
26-29/01/09	S7	30	G1000A	9	3	3-6		3	5		2
29-30/01/09	S8	30	G1000A	9	3	3-6			5		
14/01/09	S9	10	G2	10	3	3-7					





Legenda

- Sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto
- Sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto e Casagrande



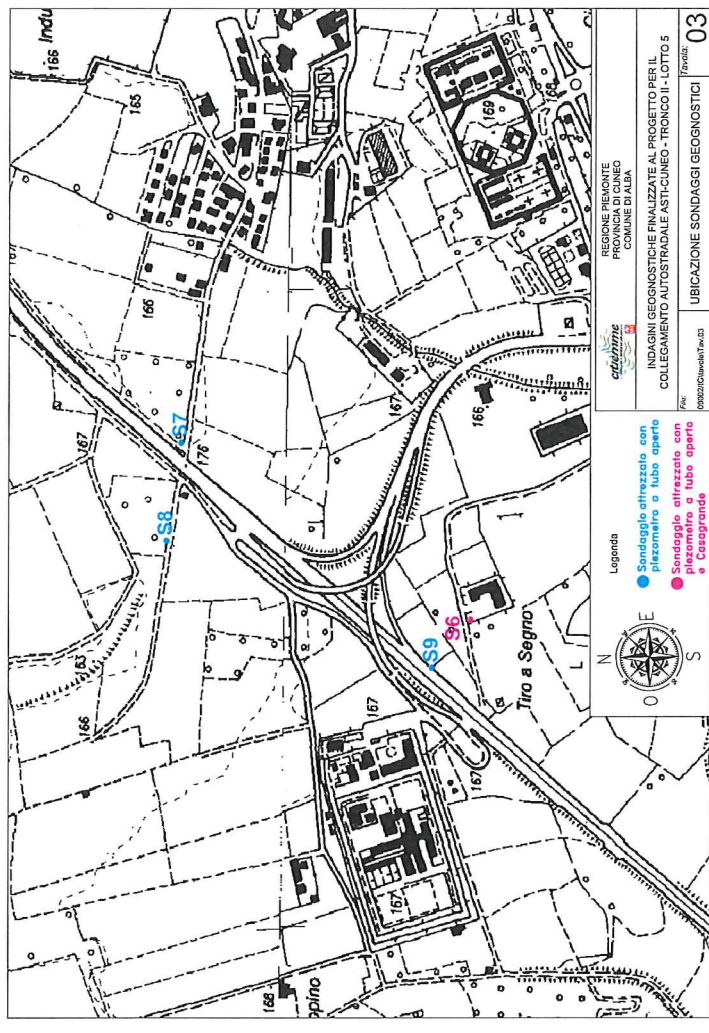
REGIONE PIEMONTE  
PROVINCIA DI CUNEO  
COMUNE DI ALBA

INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE AL PROGETTO PER IL COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE ASTI-CUNEO - TRONCO II - LOTTO 5

File: 090102/CI/uv00a1Tav.02

UBICAZIONE SONDAGGI GEOGNOSTICI

Favola: **02**



Legenda

- Sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto
- Sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto e Casagrande



REGIONE PIEMONTE  
PROVINCIA DI CUNEO  
COMUNE DI ALBA

INDAGINI GEOGNOSTICHE FINALIZZATE AL PROGETTO PER IL COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE ASTI-CUNEO - TRONCO II - LOTTO 5

File: 090102/CI/uv00a1Tav.03

UBICAZIONE SONDAGGI GEOGNOSTICI

Favola: **03**

La terebrazione è stata eseguita impiegando tre differenti sonde idrauliche: una GEOMARC – G2 (per i sondaggi S1, S3, S6, S9) e una GEOMARC – GM600 C (per i sondaggi S4 ed S5), entrambe montate su carro cingolato e, infine, una GEOMARC GM 1000A (per i sondaggi S7 ed S8) montata su carro gommato Merlo.

#### Sonda idraulica GEOMARC –G2

SONDA PERFORATRICE IDRAULICA	
Modello:	GEOMARC – G2
coppia max.	kgm 1000
velocità di rotazione	rpm 12÷550
spinta	kg 5800
tiro	kg 8300
velocità risalita (min.-max.)	m/min 10÷42
velocità discesa (min.-max.)	m/min 14÷61
tiro max. argano	kg 3350
motore diesel Deutz	Hp 120
Pompa a pistoni Nenzi triplex 200 per fanghi	
portata max.	l/min 200
pressione max. esercizio	bar 80



Particolare fotografico della sonda utilizzata

#### Sonda idraulica GEOMARC –GM 600C

SONDA PERFORATRICE IDRAULICA	
Modello:	GEOMARC – GM 600 C
coppia max.	kgm 600
velocità di rotazione	rpm 800-6050
spinta	kg 2600
tiro	kg 4000
velocità risalita (min.-max.)	m/min 22
velocità discesa (min.-max.)	m/min 32
tiro max. argano	kg 4000
motore diesel Deutz	Hp 56
Pompa a pistoni triplex 200 per fanghi	
portata max.	l/min 200
pressione max. esercizio	bar 80



Particolare fotografico della sonda utilizzata

### Metodologia di perforazione

SONDA PERFORATRICE IDRAULICA	
Modello:	GEOMARC – 1000A
Coppia max.	kgm 1100
Velocità di rotazione	rpm 12÷550
Spinta	kg 5800
Tiro	kg 8500
Velocità rapida risalita	m/min 22
Velocità rapida spinta	m/min 32
Tiro max. argano	kg 2000
Motore diesel Deutz	kV 78 F/6L
<i>Dimensioni</i>	
Lunghezza	m 5.93
Larghezza	m 2.50
Altezza	m 3.80
Peso	kg 12080
<b>Pompa a pistoni Triplex 200 per fanghi</b>	
Portata max.	l/min 200
Pressione max. esercizio	bar 40

#### Carotaggio continuo

La perforazione è stata condotta a rotazione con carotaggio continuo del terreno attraversato utilizzando carotieri semplici di diametro 101mm e 131mm, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi (carote).

La perforazione di carotaggio per il recupero dei campioni, è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco).

#### Rivestimento

Per il sostegno delle pareti dei fori, la natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestire il foro: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1.5 m e del diametro di 127 mm fino alle profondità indicate in stratigrafia



Particolare fotografico della sonda utilizzata

Durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara.

I campioni estratti durante la perforazione a carotaggio continuo sono conservati in apposite cassette catalogatrici in polietilene, opportunamente classificate con gli estremi identificativi del sondaggio.

#### Prove Pocket

Sulle carote dei materiali coesivi sono state eseguite anche prove speditive di consistenza mediante strumenti tipo Pocket della Controls. Le carote sono state opportunamente preparate mediante asportazione della corteccia e di ogni parte di campione alterata dall'azione del carotiere.

POCKET PENETROMETER: per misurare la resistenza alla compressione di terreni coesivi e semicoesivi, si è utilizzato un penetrometro tascabile (su tutti i sondaggi).

La prova consiste nel poggiare il puntale al terreno da provare e premere progressivamente finché il puntale non sia penetrato fino alla tacca visibile sul puntale stesso. Lo sforzo necessario per compiere questo lavoro viene registrato su di un dinamometro che lo riporta sul suo quadrante in termini di  $\text{kg/cm}^2$ .

Il penetrometro tascabile è del tipo T 163, costituito da una molla che lavora a compressione con una costante nominale di 6.94kg per cm di accorciamento. Il diametro della punta è quello standard di 6.35mm (1/4 di pollice). Il valore riportato in stratigrafia indica direttamente la resistenza alla compressione semplice UCS (Unconfined Compressive Strength), espresso in  $\text{kg/cm}^2$ ; questo valore, nei terreni coesivi saturi, è circa il doppio del valore della resistenza al taglio non drenata ( $\text{UCS} \approx 2c_u$ ).

I risultati ottenuti vengono indicati in stratigrafia.

#### *Prelievo campioni e analisi di laboratorio*

Al termine della perforazione sono stati prelevati n.41 campioni rimaneggiati alle profondità indicate in stratigrafia per eseguire le previste analisi di laboratorio.

#### *Campionamento indisturbato*

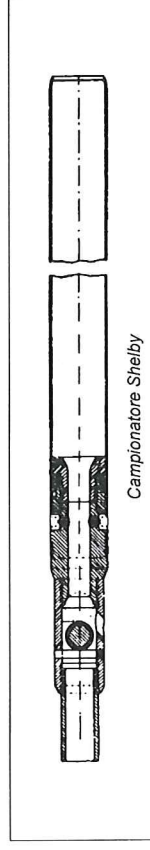
Durante la terebrazione dei sondaggi S2 ed S3 sono stati prelevati alle profondità indicate in stratigrafia anche n.2 campioni indisturbati.

Il prelevamento di ogni campione è stato ottenuto tramite l'infissione a pressione di un campionatore a pareti sottili tipo aperto SHELBY (diametro 88,9 mm) in acciaio inox, collegato alla batteria di aste mediante l'apposita testina con valvola a sfera e relativi sfriati. Il contenitore definitivo, detto anche fustella, è lo stesso tubo di infissione, in accordo alle specifiche ANISIG

esso è adeguatamente levigato all'interno, resistente alla corrosione e munito di estremità tagliante ( $\alpha = 4^\circ + 15^\circ$ ).

Nei casi in cui non vi era pericolo di repentino collasso del foro, il campionatore è stato introdotto immediatamente dopo la manovra di carotaggio e prima della manovra di rivestimento, per evitare disturbi al terreno, previa verifica della quota del fondo foro.

Per il prelevamento dei campioni indisturbati si è adottata una velocità d'infissione elevata, pari a circa 15-20 cm/s, così da ridurre al minimo l'influenza dei fenomeni che possono provocare disturbo al terreno. Ultimata l'infissione, ogni campionatore estratto dal foro è stato ripulito delle parti detritiche presenti alle estremità, sigillato con paraffina fusa e nastro isolante per preservarne l'integrità e infine etichettato.



#### *Strumentazione geotecnica*

##### Piezometri a tubo aperto

Tutti i fori di sondaggio sono stati attrezzati ognuno per il rilievo continuo della falda acquifera tramite la posa in opera di un piezometro a tubo aperto.

Ogni strumento è costituito da un tubo in PVC rigido, di diametro 2" o 3" (vedi Tabella precedente), opportunamente fessurato con finestratura continua nella parte in falda e cieco nel restante tratto.

Esso è stato posto in opera nel foro predisposto con un rivestimento provvisorio. L'intercapedine foro-tubo è stata riempita con apposito materiale granulare.



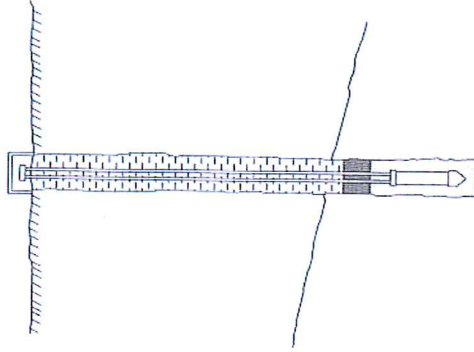
La tubazione è stata assemblata ponendo, a partire dal fondo foro:

- un fondello cieco munito di tappo di fondo;
- un tubo cieco di lunghezza variabile da 1.00m a 3.00m;
- la parte microfessurata a partire dalla sommità del tubo cieco verso il p.c.;
- la parte cieca nel restante tratto, fino a boccaforo, con tappo di protezione a testa tubo.

#### Piezometri tipo Casagrande

I fori di sondaggio identificati con S1, S4 ed S6 sono stati attrezzati ognuno anche per il rilievo continuo della falda acquifera con piezometro tipo Casagrande (risultano due strumenti nel medesimo foro).

Il piezometro tipo Casagrande è costituito da un filtro cilindrico cavo, raccordato a due tubi ciechi in PVC, nel caso specifico di diam. 1/2", che lo collegano alla superficie (vedi schema successivo).



*Piezometro tipo Casagrande*

Il piezometro idraulico tipo Casagrande si compone di:

- a) un *filtro cilindrico* in materiale sintetico ("Vjon")
- b) due *tubi ciechi* in PVC rigido, di diametro 1/2", che assicurano il collegamento del filtro alla superficie.

Anche le modalità di posa sono finalizzate al perfetto isolamento del tratto interessato dalla captazione.

A partire da fondo foro, seguendo le specifiche fornite dalla Committenza, si è proceduto mettendo in opera uno strato costituito da una miscela di acqua, cemento e bentonite al di sotto della quota di posa della cella. Procedendo verso piano campagna, attorno alla celletta è stato posto uno strato di c.a 1m di ghiaietto pulito, chimicamente neutro. Il tratto filtrante è stato sigillato e impermeabilizzato con uno strato di bentonite granulare (c.a 1m) tipo compactonite opportunamente pestellata. A seguire, procedendo verso piano campagna, l'intercapedine foro-tubo è stata riempita con ghiaietto fino alla profondità indicata in stratigrafia.

In superficie nel sigillo cementizio è stato annegato il pozzetto metallico di protezione.

≈ ≈ ≈

Nel sigillo cementizio dei perfori S3, S4 ed S9 sono stati, infine, annegati i pozzetti metallici di protezione autocarribili, mentre sui restanti perfori il terminale di protezione sporge di c.a 30cm da p.c.; ognuno è munito di chiusura a lucchetto, le cui chiavi sono a disposizione del Committente.



*Particolare fotografico del terminale di protezione carrabile*



*Particolare fotografico del terminale di protezione non carrabile*

## PROVE GEOTECNICHE IN SITO

### PROVE S.P.T.

Nei fori di sondaggio sono state eseguite complessivamente n.26 prove S.P.T. ("Standard Penetration Test"), alle profondità indicate in stratigrafia.

La prova è di tipo discontinuo e viene eseguita nel corso della perforazione a carotaggio continuo, interrompendo l'avanzamento del sondaggio a intervalli regolari o prestabiliti e che consente di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati.

Le prove S.P.T. sono state effettuate tramite l'infissione, a partire dal fondo foro raggiunto, di un campionario a parete grossa tipo Raymond (diam. 51 mm, lunghezza utile 562 mm), collegato al piano campagna da una batteria di aste di dimensioni standardizzate (diam. 51 mm, peso 7.5 kg/m), per mezzo di un'apparecchiatura a percussione del peso standard di 63.5 kg con sganciamento automatico del maglio (Trip Monkey tipo Pilcon) dall'altezza prefissata di 760 mm. Il dispositivo di sollevamento è fornito dall'organo oleodinamico della sonda perforatrice.

Nei casi in cui non vi era pericolo di repentino collasso del foro, la prova è stata eseguita immediatamente dopo la manovra di carotaggio e prima della manovra di rivestimento, per evitare disturbi al terreno, previa verifica della quota del fondo foro.

Il campionario viene fatto penetrare nel terreno per una profondità di 45cm, a partire dalla quota di fondo foro (eventualmente ripulito tramite apposita manovra), rilevando il numero di colpi (N) necessari per la penetrazione di ciascun intervallo di 15cm. Il valore di NSPT è ottenuto sommando i colpi necessari per il 2° e 3° tratto.

La prova viene sospesa ogni qualvolta il numero di colpi N, per un tratto di 15 cm, supera il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione e registrando l'infissione in centimetri ottenuta con 50 colpi.

Per l'esecuzione delle prove SPT nei terreni a granulometria fine (limoso-sabbiosa) si è utilizzato il campionario Raymond corredato di una scarpa troncoconica a punta aperta, la cui lunghezza standard è di 76 mm.

### PROVE DI PERMEABILITÀ

Oltre alle prove SPT sono state eseguite n.14 prove di permeabilità (n.2 prove per sondaggio da S1 a S7).

Le prove di permeabilità vengono eseguite per determinare il coefficiente di permeabilità dei terreni o degli ammassi rocciosi indagati, esprimendo la resistenza del mezzo al deflusso dell'acqua che lo attraversa. Essa viene misurata con il coefficiente di permeabilità  $K$ , espresso in m/s o cm/s, ovvero con il volume di acqua che attraversa con moto laminare una unità di sezione nell'unità di tempo.

Il suo valore dipende dalle caratteristiche del terreno (composizione, granulometria, forma dei grani, stato di addensamento...), ma anche da quelle del fluido in movimento (viscosità, legata alla temperatura, e densità).

In natura la permeabilità è estremamente variabile:  $10^{-9} > K > 1$ , come è possibile osservare nella tabella presentata a seguire.

**Valori orientativi del coefficiente di permeabilità (K) nei diversi terreni (R. Lancellotta, 1987)**

Tipo di terreno	K (m/s)
Ghiaia pulita	$10^2 \div 1$
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	$10^5 \div 10^2$
Sabbia molto fine	$10^6 \div 10^4$
Limo	$10^8 \div 10^6$
Argilla omogenea al disotto della falda	$< 10^9$
Argilla sovraconsolidata fessurata	$10^8 \div 10^4$

Le prove di permeabilità eseguite in fase di perforazione di un sondaggio per determinare il coefficiente medio di permeabilità prevedono in prima fase la creazione di una adeguata camera di prova di dimensioni note e successivamente la creazione all'interno del foro di un gradiente idraulico mediante immissione o estrazione di acqua, tale per cui si possa misurare la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (prove a carico variabile), oppure misurare la portata del flusso mantenendo costante il gradiente (prova a carico costante).

**Prove di permeabilità a carico costante**

Le prove del tipo a carico idraulico costante vengono eseguite misurando la portata necessaria a mantenere costante il livello dell'acqua alla quota del boccaforo.

Il terreno da investigare che si trovava al di sopra della superficie piezometrica, nella zona non satura, è stato preventivamente saturato.

La costanza del livello è stata controllata con una sonda elettrica, mentre la misura di portata è stata effettuata con apposito contatore (precisione  $\pm 0.1$  litri) inserito nella mandata della pompa e con l'ausilio di un cronometro Casio.

La portata media assorbita è stata calcolata mediando sia il valore numerico della lettura al contatore sia calcolando il coefficiente angolare della retta costruita diagrammando i valori di campagna.

Il coefficiente di forma è stato calcolato con le formule di Hvorslev (1951) e Wilkinson (1968) per un filtro cilindrico in terreno uniforme.

**Prove di permeabilità a carico variabile**

Nelle prove del tipo a carico variabile viene misurata la velocità di riequilibrio del livello dell'acqua nel foro dopo averlo alterato mediante immissione d'acqua nel foro stesso.

Le misure di assorbimento sono state registrate con l'ausilio di una sonda piezometrica elettrica e di un cronometro Casio.

Nelle tabelle allegate compare il coefficiente medio di permeabilità, calcolato tramite la formula di Lefranc tenendo conto dei valori forniti a ogni intervallo di misura.

Il coefficiente di forma è stato calcolato con le formule di Hvorslev (1951) e Wilkinson (1968) per un filtro cilindrico in terreno uniforme.

## RILIEVI TOPOGRAFICI

Nel mese di Gennaio 2009, su ogni punto di indagine è stato eseguito il rilievo topografico. In allegato vengono fornite le schede relative con le coordinate rilevate.

ID SONDAGGIO	Prof. [m]	QUOTA [m s.l.m.]	Prof. [m]	
			Pz a tubo aperto	Finestratura
S1	30	171.00	10	3-9
S2	30	169.60	10	1-7
S3	30	173.40	9	3-6
S4	25	161.37	12	3-9
S5	30	160.00	12	3-9
S6	20	168.30	9	3-6
S7	30	166.50	9	3-6
S8	30	167.10	9	3-6
S9	10	168.50	10	3-7

## RILIEVO SISMICO A RIFRAZIONE

### Descrizione del metodo

Il metodo sismico a rifrazione utilizza la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) e talvolta trasversali (onde S) nel sottosuolo per caratterizzare l'assetto litostratigrafico in termini di presenza di strati a diversa velocità sismica.

Le onde sono generate e si propagano nel terreno ogni qualvolta quest'ultimo è sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale (terremoti), sia artificiale (esplosioni, mazze battenti, ecc.), con velocità che sono funzione delle caratteristiche elastiche dei materiali attraversati e quindi delle caratteristiche litologiche degli stessi e del loro stato di conservazione.

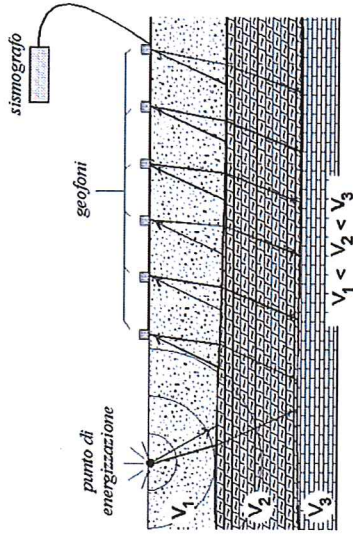
Depositi incoerenti (ghiaie, sabbie, detriti in genere) hanno velocità sismiche notevolmente inferiori alle velocità riscontrabili nelle rocce coerenti (calcari, graniti, ecc.); approssimativamente i primi hanno velocità che possono variare da 0.3 km/s a 1.80 km/s; le rocce coerenti hanno, invece, valori generalmente superiori ai 3.0 km/s.

Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente quindi di valutare le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni e la compattezza dei materiali da queste attraversati, individuando una possibile geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, la profondità in cui si trova la roccia di fondo ("bedrock"), la sua forma e talora, in terreni alluvionali, la profondità della falda freatica.

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di sparo o energizzazione), in corrispondenza di una serie di punti (geofoni) disposti secondo un allineamento sulla superficie topografica.

Operativamente si dispone lungo l'allineamento che si desidera ispezionare una serie di trasduttori velocimetrici (geofoni) posizionati secondo una ripetitività geometrica (equidistanti) ed in numero tale da soddisfare le finalità diagnostiche. In funzione della risoluzione e della profondità ricercate,

si scelgono i punti di produzione dell'energia elastica (shot) che saranno disposti in posizioni simmetriche rispetto alla copertura geofonica. Anche il numero e l'intensità degli scoppi dipende dalla profondità di investigazione e dal grado di definizione finale dei risultati desiderato.



Schema di rifrazione sismica

L'elaborazione dei dati sismici, con un completo modello matematico bidimensionale appoggiato da procedure iterative, consente di massimizzare la risoluzione e il dettaglio di ricostruzione del modello di velocità attribuito al terreno in esame.

Utilizzando quindi le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, vengono ricavate le dromocrone (curve tempi-distanze), dalle quali si risale, tramite opportuno programma di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione.

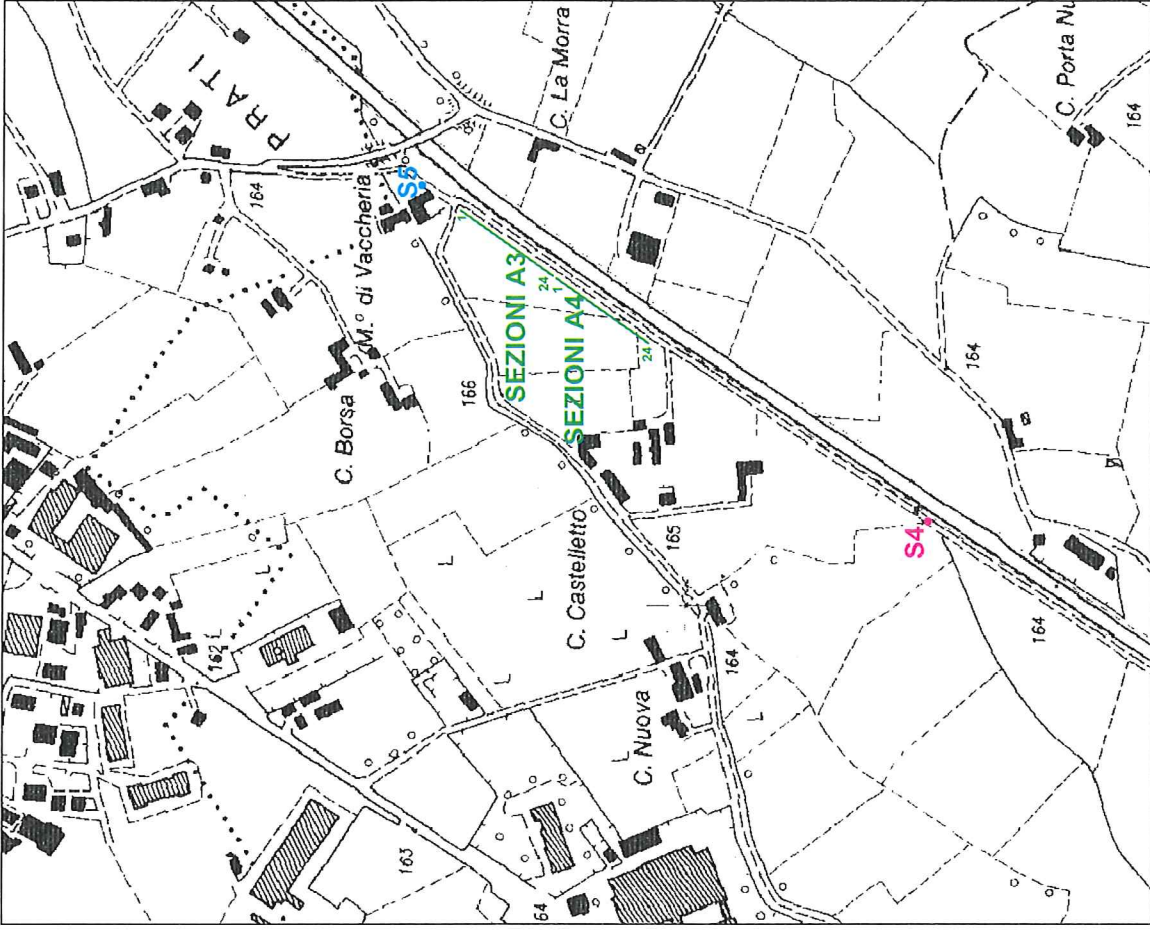
Per registrare simultaneamente gli impulsi sismici rilevati dai geofoni è necessario l'utilizzo di una strumentazione elettronica multicanale, a bassissimo rumore interno, ad alta velocità di campionamento, dotata di supporto magnetico per la registrazione dei dati ottenuti dopo opportuna amplificazione filtraggio e conversione analogico/digitale.

Per generare le onde sismiche si utilizza un apposito fucile sismico o in alternativa una massa battente. L'impulso di sparo viene trasmesso immediatamente al sismografo per consentire una registrazione sincronizzata al tempo 0.

Le sezioni sismiche sono costituite da 24 o più geofoni (verticali e orizzontali) allineati a passo costante e vengono energizzate in cinque, sette o nove punti in linea interni ed esterni alle stesse.

La procedura di elaborazione dati è sinteticamente descrivibile nei passi seguenti.

- Trasferimento dei sismogrammi al programma di prelievamento dei tempi di primo arrivo;
- Emissione delle dromocrone misurate sia in forma grafica che in forma leggibile dal programma di elaborazione tradizionale basato su l'algoritmo GRM (Generalized Reciprocal Method);
- Immissione dei valori delle quote dei geofoni e degli spari nel programma di interpretazione GRM e lettura delle dromocrone misurate;
- Elaborazione dei dati e interpretazione tradizionale;
- Emissione delle sezioni interpretate riportanti le interfacce fra strati di diversa velocità sismica e i valori stessi di velocità. Si noti che le velocità sismiche attribuite a ciascuno strato sono caratterizzate da un gradiente nullo in direzione verticale (sono costanti in verticale per ogni strato);
- Emissione di un file riportante l'ubicazione e la quota di ciascun punto di sparo e di ciascun geofono, leggibile dal programma di iterazione tomografica e di ray-tracing (tracciamento dei percorsi dei raggi sismici);
- Emissione del modello bidimensionale del terreno ricavato dalla procedura GRM sotto forma di una matrice a celle di dimensione definibile (inferiori al metro), adatta ad essere letta dal programma di ray-tracing e di elaborazione tomografica. L'interpretazione GRM viene quindi a fornire il modello iniziale delle velocità del terreno, necessario ad attivare le iterazioni del completo modello matematico bidimensionale (modellizzazione tomografica). Il terreno viene quindi suddiviso in celle di dimensione minima, ciascuna dotata di una diversa velocità sismica e ciascuna pronta a venir modificata dalla procedura di iterazione tomografica allo scopo di ridurre al minimo l'errore fra le dromocrone calcolate in base al modello di terreno e quelle effettivamente misurate durante la prospezione;
- Analisi dei dati in termini di attenuazione anelastica degli impulsi sismici attraverso la determinazione del fattore di qualità Q.



REGIONE PIEMONTE  
PROVINCIA DI CUNEO  
COMUNE DI ALBA

**catenine**

INDAGINI GEONOSTICHE FINALIZZATE AL PROGETTO PER IL COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE ASTI-CUNEO - TRONCO II - LOTTO 5

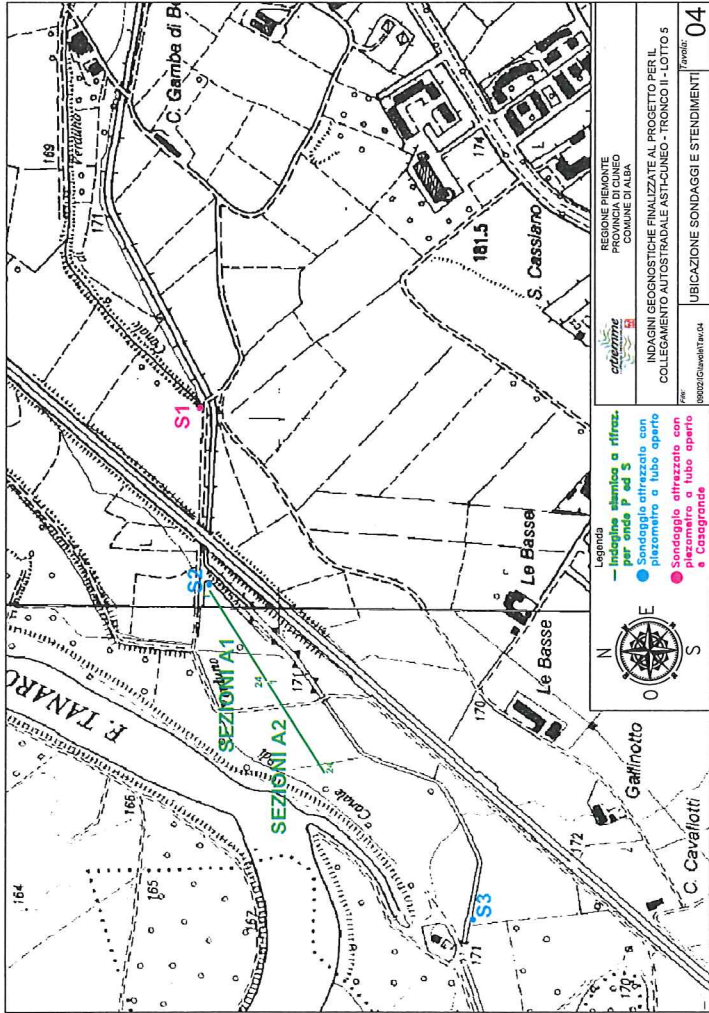
File: 0602/IGIuv04ITrv.05

UBICAZIONE SONDAGGI E STENDIMENTI

05

Legenda

- Indagine sismica a rifraz. per onde P ed S
- Sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto
- Sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto e Casagrande



REGIONE PIEMONTE  
PROVINCIA DI CUNEO  
COMUNE DI ALBA

**catenine**

INDAGINI GEONOSTICHE FINALIZZATE AL PROGETTO PER IL COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE ASTI-CUNEO - TRONCO II - LOTTO 5

File: 0602/IGIuv04ITrv.05

UBICAZIONE SONDAGGI E STENDIMENTI

04

Legenda

- Indagine sismica a rifraz. per onde P ed S
- Sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto
- Sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto e Casagrande

### Finalità e programmazione dello studio

L'indagine è stata eseguita con la finalità di individuare la geometria e le dimensioni (spessore) di strati di terreno caratterizzati da valori di velocità sismiche sufficientemente omogenei e le cui caratteristiche fossero correlabili a quelle delle litologie individuate in sito mediante indagine diretta, confrontando, ove possibile, i risultati ottenuti in prossimità con le stratigrafie dei sondaggi geognostici più vicini.

L'elaborazione del rilievo è stata abbinata alle informazioni topografiche del terreno per ottenere così una rappresentazione grafica che tenga conto delle profondità delle anomalie rilevate con riferimento alle quote topografiche del terreno.

Per l'ubicazione in sito degli stendimenti si faccia riferimento alla planimetria di Tav. 04 e 05.

### Strumentazione utilizzata

Per il rilievo sismico è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Sismografo 24 canali
- Canale aggiuntivo segnale di starter non filtrato
- 24 geofoni verticali con frequenza naturale di 8 Hz, contenitore ermetico, puntuale
- 24 geofoni orizzontali con frequenza naturale di 8 Hz, contenitore ermetico, puntuale
- Fucile sismico (minibang) con cartucce da 8mm per l'energizzazione
- Sistema di trigger
- Alimentazione 12V – 3A
- Set di connessioni d'uso

Specifiche Unità di Acquisizione Dati

- Canali: 24
- Risoluzione: 16 bit
- Dinamica: equiv. 22 bit su 24 canali camp 0.1 ms/canale con sovracampionamento
- Pretrigger: automatico
- Rumore: paria a 1 lsb con ingressi canali in corto
- Trigger: segnale, apertura e chiusura

- Alimentazione: 12V - 3A

Specifiche Unità Centrale

- CPU NS Geode GXLV 233MHz
- Memoria RAM 128 Mb PC200 Mhz
- Hard Disk 64 Mb on Compact Flash Disk Udma/33
- Display LCD 6,4" Tft a colori, touch screen
- Controllor Fast Ethernet Intel 82559ER 10/100 Base-T
- Alimentazione con alimentatore Switching 12 Volt 3A
- Valigia in copolimeri di polypropylene antisciacchiamento
- Temperatura di funzionamento da 0 a 60°C

### Geometria dello stendimento

Il rilievo per la determinazione delle velocità compressionali (Vp) è stato eseguito lungo n. 4 linee di lunghezza pari a 115 m per un totale di 460 m. Al fine di determinare le velocità delle onde di taglio (Vs) sono state successivamente rilevate sugli stessi allineamenti n. 4 sezioni di lunghezza 115 m per complessivi 460 m. L'ubicazione degli stendimenti è riportata nelle Tavola 04 e 05 allegate.

Le geometrie di stendimento hanno previsto l'utilizzo di 24 geofoni disposti ogni 5 metri sia per determinare l'andamento delle Vp che delle Vs (utilizzando rispettivamente geofoni verticali e orizzontali).

Si è poi prevista l'energizzazione in 7 punti. La necessità di 7 "shots" è legata alla scelta di invertire topograficamente il dato sismico acquisito. È infatti noto che la miglior soluzione deve essere caratterizzata da una copertura il più possibile omogenea del modello di sottosuolo che si vuole ricostruire.

I 7 scoppi sono stati eseguiti come definito nella pagina seguente dove si illustra schematicamente la geometria dello stendimento.

Al termine del rapporto è allegata la documentazione fotografica.

## Risultati del rilievo e conclusioni

### Velocità delle onde sismiche

I risultati dell'indagine sono presentati negli allegati (da All. 1/a al 4/b): ogni tavola riporta i grafici relativi alle dromocrone originali e traslate (grafici tempi / distanze), i percorsi dei raggi sismici, le sezioni verticali con indicazione della velocità delle onde sismiche all'interno degli strati individuati e l'interpretazione del modello di velocità. Per le sezioni sismiche relative alle onde di compressione è stato inoltre raffigurato l'andamento del fattore di qualità (Q).

Nella lettura delle sezioni verticali occorre tenere in considerazione come la superficie di separazione tra due strati risulta dall'unione delle profondità dei rifrattori al di sotto di ogni geofono, per cui può risultare piuttosto ondulata, con un andamento che non sempre si può ricondurre alla reale conformazione geomorfologica del sottosuolo.

L'esecuzione delle prospezioni sismiche per onde S ha completato e confermato l'informazione proveniente dagli stendimenti sismici per onde P.

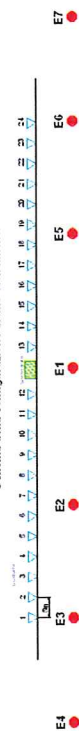
L'elaborazione delle sezioni ricavate dalle prospezioni sismiche per onde P ha delineato un modello di sottosuolo caratterizzato da una velocità minima  $V_p$  di 300 m/sec ed una massima di 2300 m/sec. Dall'analisi delle sezioni e dal calcolo del gradiente, che ha delineato le interfacce, è possibile ipotizzare un modello di sottosuolo a tre strati:

- Strato 1: è caratterizzato da materiali di copertura, prevalentemente sabbiosi – limosi, con uno spessore variabile da un minimo di 1.5 m ad un massimo di circa 6 m. All'interno dello strato la velocità mostra un aumento costante dai 300 m/sec fino agli 800 – 1000 m/sec.
- Strato 2: è caratterizzato da un deposito ghiaioso prevalentemente saturo la cui velocità delle onde P varia da circa 800 – 1000 m/sec ad un massimo di 1600 m/sec.
- Strato 3: è caratterizzato da materiali marnosi consistenti, le cui velocità variano da un minimo di 1600 m/sec fino ad un massimo di 2300 m/sec. Questo strato è individuabile ad



### STENDIMENTO TIPO

Schema della configurazione di uno stendimento



#### SPARO DESCRIZIONE

- E1 A metà stendimento, in corrispondenza del sismografo
- E2 A metà del semi stendimento di sinistra tra i geofoni 6 e 7
- E3 Nel semi stendimento di destra tra i geofoni 18 e 19
- E4 In corrispondenza del geofono 1
- E5 In corrispondenza del geofono 24
- E6 A circa 20 m di distanza dal geofono 1 lungo la linea di prosecuzione dello stendimento
- E7 A circa 20 m di distanza dal geofono 24 lungo la linea di prosecuzione dello stendimento



una profondità di circa 6 metri nella zona interessata dalle sezioni A1/p e A2/p (si veda la Tav. 04) e a circa 8 metri nella zona indagata dalle sezioni A3/p e A4/p (si veda la Tav. 05).

L'elaborazione delle sezioni  $V_s$  individua anch'essa un modello a tre strati che non differisce da quello individuato dalle sezioni  $V_p$ . I massimi valori delle velocità  $V_p$  sostanzialmente corrispondono ai massimi valori delle  $V_s$ , segno di una buona continuità delle proprietà meccaniche del materiale marnoso costituente il substrato.

Nello strato 1 le onde S raggiungono un massimo valore di 300 m/sec, nello strato 2 sono caratterizzate da una velocità massima  $V_s$  di 500 m/sec mentre nel terzo strato si sono registrati gli 800 m/sec.

#### Fattore di qualità Q

Nelle tavole relative alle sezioni sismiche per onde P si riporta l'andamento del fattore di qualità Q (adimensionale) grazie al quale è possibile eseguire l'analisi dell'attenuazione anelastica degli impulsi sismici. Tale fattore di qualità Q è infatti correlato al coefficiente di attenuazione attraverso la seguente relazione:

$$\frac{1}{Q} = \frac{\alpha \cdot V_p}{\pi \cdot f}$$

con:

$\alpha$  = coefficiente di attenuazione

$V_p$  = velocità delle onde di compressione

$f$  = frequenza dominante dell'analisi.

Il coefficiente di attenuazione esprime l'entità del fenomeno di assorbimento dell'energia sismica in relazione allo specifico divario rispetto alla condizione di perfetta elasticità nei diversi materiali in cui l'onda sismica si propaga.

In seguito all'attenuazione le componenti ad alta frequenza degli impulsi sismici si estinguono più rapidamente di quelli a bassa frequenza; dalla misura di  $1/Q$ , che risulta proporzionale alla frazione di perdita dell'energia per ciclo d'onda sinusoidale, si possono ricavare informazioni sulle

caratteristiche del mezzo attraversato, quali il grado di saturazione e la sua qualità, intesa in funzione della fratturazione.

Zone maggiormente fratturate generano una maggiore dissipazione dell'energia delle onde e sono quindi caratterizzate da un coefficiente di attenuazione alto e da un fattore di qualità minore rispetto a zone prive di fratture o giunti.

Allo stesso modo il coefficiente di attenuazione in zone parzialmente o totalmente sature è inferiore a quello proprio delle zone anidre; il fattore di qualità Q risulta quindi maggiore per i mezzi saturi.

Il metodo utilizzato per determinare l'attenuazione, e di conseguenza il fattore di qualità, è quello del rapporto spettrale; è infatti possibile risalire all'attenuazione dell'onda sismica conoscendo i valori di ampiezza del segnale in due punti, tra un punto di shot ed un ricevitore per le indagini sismiche a rifrazione.

L'attenuazione (decibel/m) si calcola con la relazione:

$$\alpha = \frac{\delta}{X_2 - X_1}$$

con:

$\delta$  = decremento logaritmico del segnale sismico

$X_1, X_2$  = distanze misurate lungo i tragitti

Il fattore di qualità è inoltre dipendente dalla frequenza; prove di laboratorio hanno tuttavia mostrato come in un limitato campo di frequenze corrispondente a 10 – 100 Hz, che sono quelle di ambito sperimentale della sismica a rifrazione, le variazioni del fattore Q sono talmente ridotte da rientrare negli errori strumentali e di elaborazione.

Il valore assoluto del fattore di qualità Q è dunque un parametro di complessa interpretazione in quanto soggetto alle variabili sopra riportate; i grafici del fattore di qualità ottenuti dall'indagine sismica a rifrazione in esame riportano valori di Q compresi tra 2 e 15 circa, con un andamento generalmente crescente con la profondità.



Lo strato di copertura, prevalentemente limoso – sabbioso, e il deposito ghiaioso sono caratterizzati da un fattore Q massimo pari a circa 9 – 10, raggiunto nelle zone ghiaiose sature dove il coefficiente di attenuazione risulta minore.

Il substrato marnoso assume invece valori del fattore di qualità Q piuttosto omogenei, generalmente crescenti con la profondità (e la costipazione), compresi tra 10 e 16 e identificando quindi un mezzo di buone caratteristiche di consistenza.

---


## ALLEGATI

---

# STRATIGRAFIE SONDAGGI GEOGNOSTICI


Comitente SINA SpA		Sondaggio	
Cantiere Collegamento autostradale Asti-Cuneo - Tronco II - Lotto 5		S1	1/1
Località Alba (CN)		Il geologo dr. A. Cantù	
Inizio Perforazione 19/01/2009		Fine Perforazione 19/01/2009	
Scala 1:100			
0,00	potenza dello strato [m]	127mm	diametro di perforazione
1,50	1,50	4-30	metodo e diam.
3,00	1,50	127mm	falda
5,00	2,00	90-100%	risultanti
6,70	1,70	perforazione di carotaggio	percentuale di carotaggio
10,70	4,00	piezometro tipo	piezometro
13,60	2,90	Cassagnande	Cassagnande
16,40	2,80	S.P.T.	S.P.T.
20,00	3,60	pocket penetrometer	pocket penetrometer
		pocket vane test	pocket vane test
		campioni induribili	campioni induribili
		campioni friabili	campioni friabili
		permeabilità [cm/s]	permeabilità [cm/s]

Il foro di sondaggio è attrezzato con:  
 - Piezometro Casagrande a doppio tubo di diam. 0,5" fino alla profondità di 27m; la falda in esse misurata si trova a 7,40m da p.c.  
 - Piezometro Casagrande a stato messa in opera secondo le specifiche fornite dalla Committenza.


**Comittente SINA SpA**  
 Cantiere Collegamento autostradale Asti-Cuneo - Tronco II - Lotto 5  
 Località Alba (CN)  
 Inizio Perforazione 20/01/2009 Fine Perforazione 25/01/2009  
 Scala 1:100

FOGLIO	SONDAGGIO		FOGLIO		
S2	S3		S3		
Il geologo		Il geologo		dr. A. Cantù	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,40	2,30	2,60	2,60	2,60	2,60
2,70	1,30	3,50	3,50	3,50	3,50
4,30	0,70	4,00	4,00	4,00	4,00
4,70	0,30	4,50	4,50	4,50	4,50
5,00	0,40	5,00	5,00	5,00	5,00
5,40	0,70	5,50	5,50	5,50	5,50
6,90	1,10	6,00	6,00	6,00	6,00
		6,50	6,50	6,50	6,50
		7,00	7,00	7,00	7,00
		7,50	7,50	7,50	7,50
		8,00	8,00	8,00	8,00
		8,50	8,50	8,50	8,50
		9,00	9,00	9,00	9,00
		9,50	9,50	9,50	9,50
		10,00	10,00	10,00	10,00
		10,50	10,50	10,50	10,50
		11,00	11,00	11,00	11,00
		11,50	11,50	11,50	11,50
		12,00	12,00	12,00	12,00
		12,50	12,50	12,50	12,50
		13,00	13,00	13,00	13,00
		13,50	13,50	13,50	13,50
		14,00	14,00	14,00	14,00
		14,50	14,50	14,50	14,50
		15,00	15,00	15,00	15,00
		15,50	15,50	15,50	15,50
		16,00	16,00	16,00	16,00
		16,50	16,50	16,50	16,50
		17,00	17,00	17,00	17,00
		17,50	17,50	17,50	17,50
		18,00	18,00	18,00	18,00
		18,50	18,50	18,50	18,50
		19,00	19,00	19,00	19,00
		19,50	19,50	19,50	19,50
		20,00	20,00	20,00	20,00
		20,50	20,50	20,50	20,50
		21,00	21,00	21,00	21,00
		21,50	21,50	21,50	21,50
		22,00	22,00	22,00	22,00
		22,50	22,50	22,50	22,50
		23,00	23,00	23,00	23,00
		23,50	23,50	23,50	23,50
		24,00	24,00	24,00	24,00
		24,50	24,50	24,50	24,50
		25,00	25,00	25,00	25,00
		25,50	25,50	25,50	25,50
		26,00	26,00	26,00	26,00
		26,50	26,50	26,50	26,50
		27,00	27,00	27,00	27,00
		27,50	27,50	27,50	27,50
		28,00	28,00	28,00	28,00
		28,50	28,50	28,50	28,50
		29,00	29,00	29,00	29,00
		29,50	29,50	29,50	29,50
		30,00	30,00	30,00	30,00

Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC diam. 2", innestato alla profondità da p.c. compresa tra -1,00m e -7,00m e ciclo fino a -10,00m da p.c.


**Comittente SINA SpA**  
 Cantiere Collegamento autostradale Asti-Cuneo - Tronco II - Lotto 5  
 Località Alba (CN)  
 Inizio Perforazione 25/01/2009 Fine Perforazione 30/01/2009  
 Scala 1:100

FOGLIO	SONDAGGIO		FOGLIO		
S3	S3		S3		
Il geologo		Il geologo		dr. A. Cantù	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
3,10	2,10	3,50	3,50	3,50	3,50
5,20	0,20	4,00	4,00	4,00	4,00
5,40	0,20	4,50	4,50	4,50	4,50
		5,00	5,00	5,00	5,00
		5,50	5,50	5,50	5,50
		6,00	6,00	6,00	6,00
		6,50	6,50	6,50	6,50
		7,00	7,00	7,00	7,00
		7,50	7,50	7,50	7,50
		8,00	8,00	8,00	8,00
		8,50	8,50	8,50	8,50
		9,00	9,00	9,00	9,00
		9,50	9,50	9,50	9,50
		10,00	10,00	10,00	10,00
		10,50	10,50	10,50	10,50
		11,00	11,00	11,00	11,00
		11,50	11,50	11,50	11,50
		12,00	12,00	12,00	12,00
		12,50	12,50	12,50	12,50
		13,00	13,00	13,00	13,00
		13,50	13,50	13,50	13,50
		14,00	14,00	14,00	14,00
		14,50	14,50	14,50	14,50
		15,00	15,00	15,00	15,00
		15,50	15,50	15,50	15,50
		16,00	16,00	16,00	16,00
		16,50	16,50	16,50	16,50
		17,00	17,00	17,00	17,00
		17,50	17,50	17,50	17,50
		18,00	18,00	18,00	18,00
		18,50	18,50	18,50	18,50
		19,00	19,00	19,00	19,00
		19,50	19,50	19,50	19,50
		20,00	20,00	20,00	20,00
		20,50	20,50	20,50	20,50
		21,00	21,00	21,00	21,00
		21,50	21,50	21,50	21,50
		22,00	22,00	22,00	22,00
		22,50	22,50	22,50	22,50
		23,00	23,00	23,00	23,00
		23,50	23,50	23,50	23,50
		24,00	24,00	24,00	24,00
		24,50	24,50	24,50	24,50
		25,00	25,00	25,00	25,00
		25,50	25,50	25,50	25,50
		26,00	26,00	26,00	26,00
		26,50	26,50	26,50	26,50
		27,00	27,00	27,00	27,00
		27,50	27,50	27,50	27,50
		28,00	28,00	28,00	28,00
		28,50	28,50	28,50	28,50
		29,00	29,00	29,00	29,00
		29,50	29,50	29,50	29,50
		30,00	30,00	30,00	30,00

Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC diam. 2", innestato alla profondità da p.c. compresa tra -3,00m e -6,00m e ciclo fino a -9,00m da p.c.



**citierme**  
COMUNALE FONDERIA MONTECASSALE

Committente SINA SPA  
Cantiere Collegamento autostradale Asti-Cuneo - Tronco II - Lotto 5  
Località Alba (CN)  
Inizio Perforazione 12/01/2009  
Fine Perforazione 13/01/2009  
Scala 1:100

SONDAGGIO FOLGIO  
S6 1/1  
Il geologo  
dr. A. Cantù

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo di perforazione diam. 117mm	diametro rivestimenti 127mm	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	piezometro tipo Casagrande	S.P.T.	poCKET penetrometro	poCKET Vane test	campioni induribili	campioni limpagliati	permeabilità [cm/s]
0.00	0.50		Terreno di copertura vegetale.												
0.50	0.90		Limo debolmente sabbioso fine con apparati radicali a inizio strato, poco consistente, colore nocciola-bruciato.												
1.40	1.70		Limo debolmente sabbioso con subcircolari livelli cm di spessore di argilla, discreta laminatione essidensata, poco consistente, colore nocciola.	2.70						3.00 N: 3 - 7 - 10					
3.10	3.60		Ghiaia eterometrica ciottolosa (diam. max 10-12cm) con sabbia debolmente limosa, da moderatamente ad densata ad addensata, colore nocciola.							6.00 N: 15 - 22 - 25					
6.70	7.30		Argilla mamosa, intenso grado di alterazione e discreto grado di ossidazione, moderatamente consistente, colore nocciola.							9.00 N: 28 - 37 - RIF					
7.30			Marna sillosa, da moderatamente consistente a sub-litoida, colore grigio.												
18.50	19.50														
19.50	20.00														

Il foro di sondaggio è attrezzato con PVC diam. 77" fissato alla profondità da p.c. compresa tra -3.00m e -6.00m e cieco fino a -9.00m da p.c. (caso di rinvenimento, fida indicata in colonna litologica).  
- il piezometro Casagrande è stato messo in opera secondo le specifiche fornite dalla Committente.


**citierme**  
COMUNALE FONDERIA MONTECASSALE

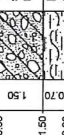



































Committente SINA SPA  
Cantiere Collegamento autostradale Asti-Cuneo - Tronco II - Lotto 5  
Località Alba (CN)  
Inizio Perforazione 26/01/2009  
Fine Perforazione 29/01/2009  
Scala 1:100

SONDAGGIO FOLGIO  
S7 1/1  
Il geologo  
dr. A. Cantù


profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo di perforazione diam. 117mm	diametro rivestimenti 127mm	percentuale di carotaggio 90-100%	piezometro tubo aperto	piezometro	S.P.T.	poCKET penetrometro	poCKET Vane test	campioni induribili	campioni limpagliati	permeabilità [cm/s]
0.00	0.50		Astello bituminoso.												
0.50	0.90		Terreno di riporto costituito da ghiaia sabbiosa con ciottoli sparsi e subordinati frammenti di astello scurif.												
1.50	0.50		Limo debolmente sabbioso fine-glioso, discreta laminatione essidensata, poco consistente, colore nocciola.	2.50											
2.40	2.60		Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa da debolmente limosa a limosa che tende a concentrarsi in livelli cm, discreto grado di ossidazione, moderatamente addensata, colore nocciola con deboli screziature scuree.							3.00 N: 18 - 21 - 27					
5.00	1.10		Ghiaia prevalentemente media-grassola a sabbia e debolmente limosa, gr. ciottoli da moderatamente addensata ad addensata, colore nocciola.							6.00 N: 6 - 37 - RIF					
6.10			Ghiaia eterometrica in abbondante matrice fine sabbiosa debolmente limosa che si concentra in livelli cm, debole grado di ossidazione, addensata, colore nocciola.												
8.90			Marna sillosa, da consistente a sub-litoida, colore grigio.							9.00 N: RIF					
15.00			Marna debolmente sillosa, da molto consistente a sub-litoida, colore grigio.												
30.00															



















Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC diam. 37", fissato alla profondità da p.c. compresa tra -3.00m e -6.00m e cieco fino a -9.00m da p.c..


**Comittente** SINA SpA  
**Cantiere** Collegamento autostradale Asti-Cuneo - Tronco II - Lotto 5  
**Località** Alba (CN)  
**Inizio Perforazione** 29/01/2009  
**Scala** 1:100  
**Fine Perforazione** 30/01/2009

SONDAGGIO		FOLGIO	
S8		1/1	
Il geologo		dr. A. Cantù	
profondità dal p.c. (m)	potenza dello strato (m)	sezione stratigrafica	descrizione litologica
0.00	1.50		Terreno di riporto costituito prevalentemente da ghiaia sabbiosa con clasti sparsi e subordinati frammenti lateritici.
1.50	2.20		Limo debolmente sabbioso fine-argilloso, poco consistente, colore nocciola.
2.20	3.50		Sabbia da medio-fine a medio-grossolana con la profonda, debolmente limosa, moderatamente addensata, colore nocciola.
3.50	5.50		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa, re-impulsi, da moderatamente addensata ad addensata, colore nocciola.
5.50	5.60		Argilla marnosa, intenso grado di ossidazione, moderatamente consistente, colore nocciola.
			Marna silteosa con subordinate passate sabbioso fini, consistente a sub-liquide, a tratti litide, colore grigio.
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			

Il foro di sondaggio è attrezzato con piazzometro del tipo a tubo aperto in PVC diam. 3", innestato alla profondità da p.c. compresa tra -3.00m e -5.00m e cileco fino a -5.00m da p.c.

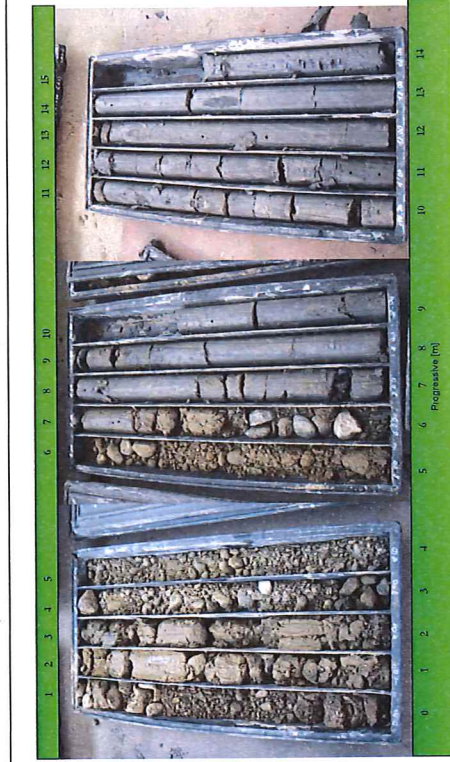

**Comittente** SINA SpA  
**Cantiere** Collegamento autostradale Asti-Cuneo - Tronco II - Lotto 5  
**Località** Alba (CN)  
**Inizio Perforazione** 14/01/2009  
**Scala** 1:100  
**Fine Perforazione** 14/01/2009

SONDAGGIO		FOLGIO	
S9		1/1	
Il geologo		dr. A. Cantù	
profondità dal p.c. (m)	potenza dello strato (m)	sezione stratigrafica	descrizione litologica
0.00	0.50		Terreno di copertura vegetale.
0.50	1.10		Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa-silteosa a tratti abbondante, rari ciottoli, addensata, colore nocciola chiaro.
1.10	1.60		Ghiaia eterometrica in abbondante matrice fine sabbioso-limosa, rari ciottoli, moderatamente addensata, colore nocciola.
1.60	2.40		Ghiaia eterometrica ciottolosa (diam. max 10-12cm) con sabbia debolmente limosa, addensata, colore nocciola.
2.40	4.20		
4.20	9.90		Marna silteosa, da moderatamente consistente a consistente con la profondità, colore grigio.
9.90	10.00		
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			

Il foro di sondaggio è attrezzato con piazzometro del tipo a tubo aperto in PVC diam. 3", innestato alla profondità da p.c. compresa tra -3.00m e -7.00m e cileco fino a -10.00m da p.c.



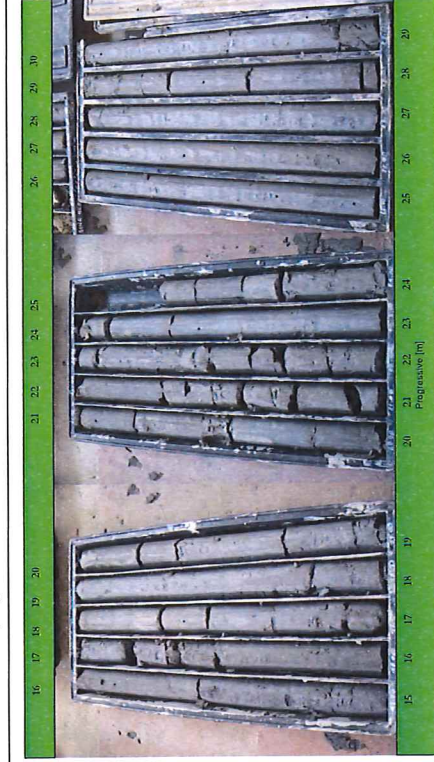
Alba (CN) - A33 Asfi-Cuneo - Tronco II - Lotto 5 - Sondaggio SI (L=30,00m)



Cassette 1+3 da 0,00m a 15,00m da p.e.



Alba (CN) - A33 Asfi-Cuneo - Tronco II - Lotto 5 - Sondaggio SI (L=30,00m)



Cassette 4+6 da 15,00m a 30,00m da p.e.





Alba (CN) – A33 Asti-Cuneo – Tronco II – Lotto 5 - Sondaggio S2 (L = 30,00m)



Cassette 1-3 da 0,00m a 15,00m da p.c.



Alba (CN) – A33 Asti-Cuneo – Tronco II – Lotto 5 - Sondaggio S2 (L = 30,00m)



Cassette 4-6 da 15,00m a 30,00m da p.c.



Alba (CN) - A33 Asti-Cuneo - Tronco II - Lotto 5 - Sondaggio S3 (L=30,00m)



Cassette 4-6 da 15,00m a 30,00m da p.e.



Alba (CN) - A33 Asti-Cuneo - Tronco II - Lotto 5 - Sondaggio S3 (L=30,00m)



Cassette 1-3 da 0,00m a 15,00m da p.e.



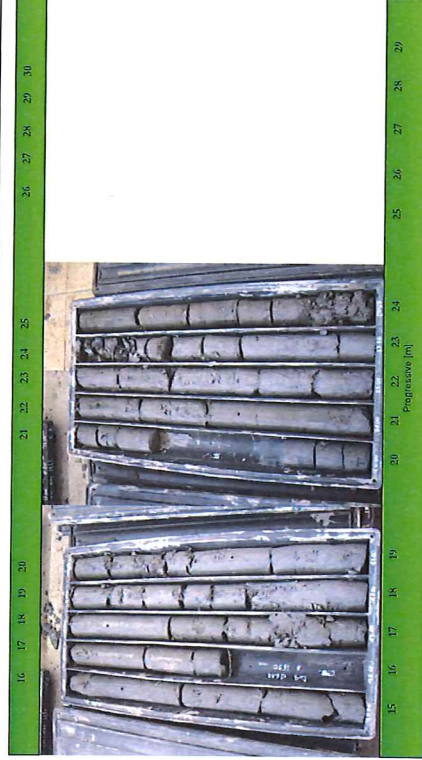
Alba (CN) – A33 Asti-Cuneo – Tronco II – Lotto 5 - Sondaggio S4 (L=25,00m)



Cassette 1-3 da 0,60m a 15,00m da p.c.



Alba (CN) – A33 Asti-Cuneo – Tronco II – Lotto 5 - Sondaggio S4 (L=25,00m)



Cassette 4-5 da 15,00m a 25,00m da p.c.



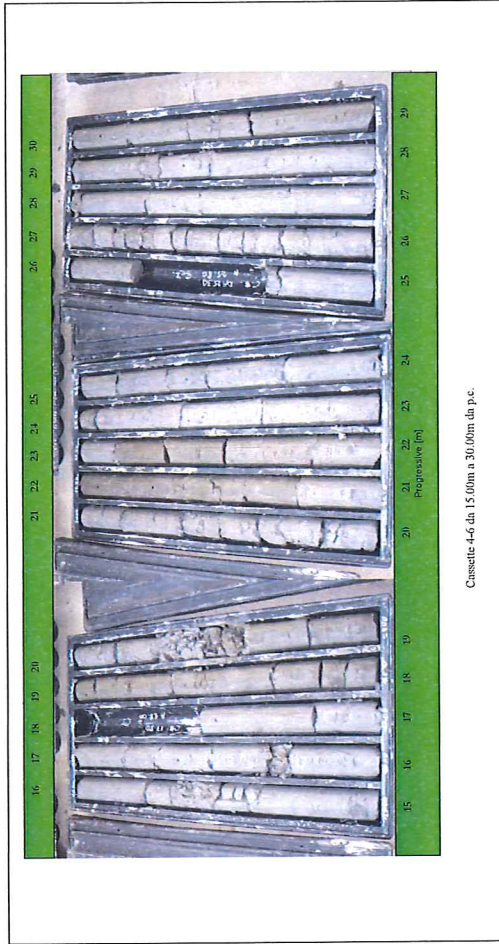
Alba (CN) – A33 Asti-Cuneo – Tronco II – Lotto 5 – Sondaggio SS (L=30,00m)



Cassette 1-5 da 0,00m a 15,00m da p.e.



Alba (CN) – A33 Asti-Cuneo – Tronco II – Lotto 5 – Sondaggio SS (L=30,00m)



Cassette 4-6 da 15,00m a 30,00m da p.e.



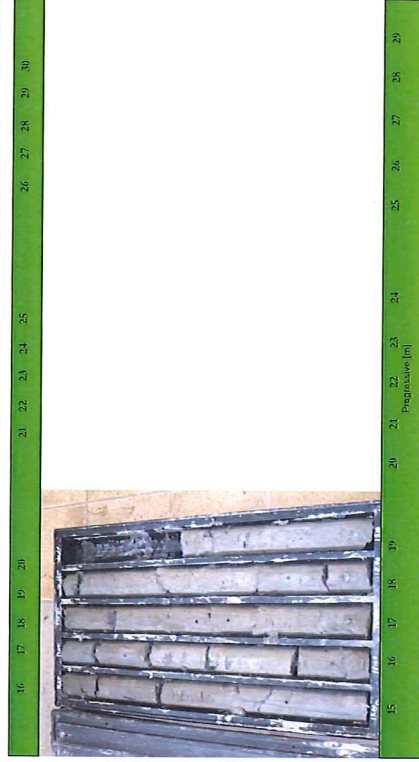
Alba (CN) – A33 Asti-Cuneo – Tronco II – Lotto 5 - Sondaggio S6 (L=20.00m)



Cassette 1-3 da 0,00m a 15,00m da p.c.



Alba (CN) – A33 Asti-Cuneo – Tronco II – Lotto 5 - Sondaggio S6 (L=20.00m)



Cassette 4 da 15,00m a 20,00m da p.c.



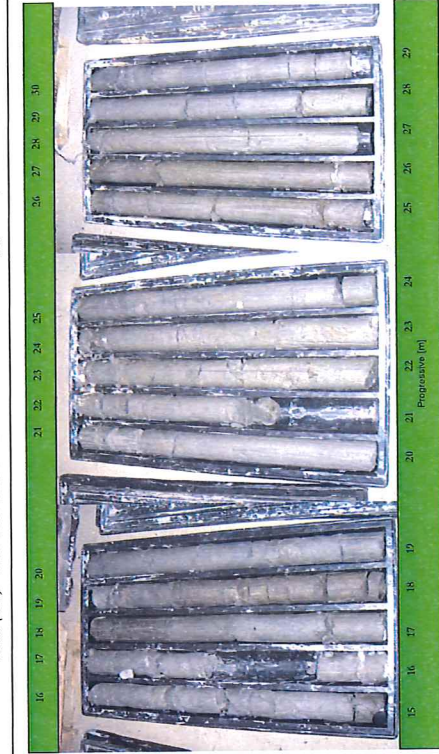
Alba (CN) – A33 Asti-Cuneo – Tronco II – Lotto 5 - Sondaggio S7 (L=30,00m)



Cassette 1-3 da 0,00m a 15,00m da p.e.



Alba (CN) – A33 Asti-Cuneo – Tronco II – Lotto 5 - Sondaggio S7 (L=30,00m)



Cassette 4-6 da 15,00m a 30,00m da p.e.



Alba (CN) – A33 Asti-Cuneo – Tronco II – Lotto 5 - Sondaggio S8 (L=30,00m)



Cassette 1-3 da 0,00m a 15,00m da p.c.



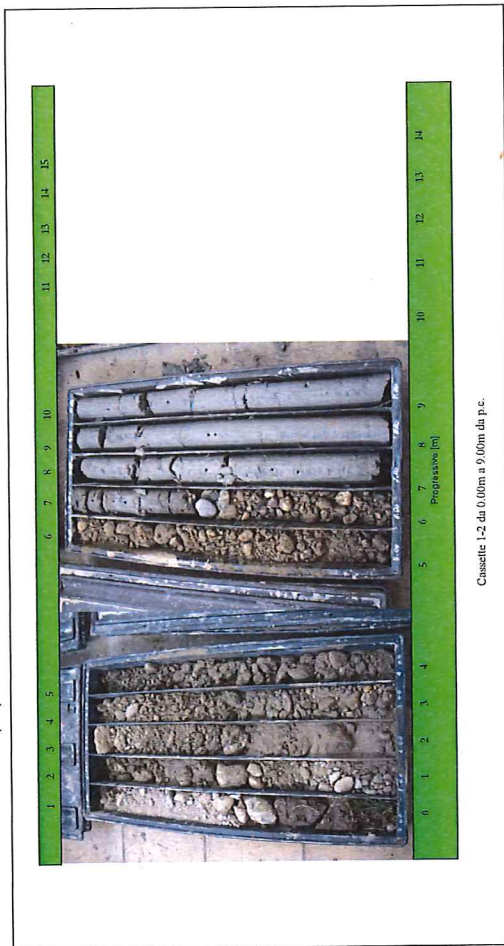
Alba (CN) – A33 Asti-Cuneo – Tronco II – Lotto 5 - Sondaggio S8 (L=30,00m)



Cassette 4-6 da 15,00m a 30,00m da p.c.



Alba (CN) - A33 Asti-Cuneo - Tronco II - Lotto 5 - Sondaggio S9 (L=10,00m)



Cassette 1-2 da 0,00m a 9,00m da p.c.

## PROVE DI PERMEABILITA'















PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC

CANTIERE: A33 ASTI CUNEO - LOTTO 5 - ALBA (CN)

PROVA n° 1

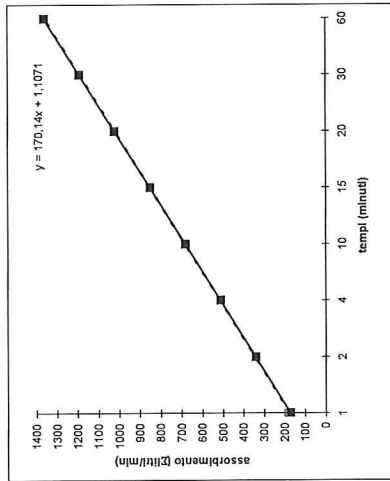
SONDAGGIO n° S6

Litologia: Ghiaia eterometrica ciottolosa (diam. max 10-12cm) con sabbia debolemente limosa, da moderatamente addensata ad addensata, colore nocciola.

Table with 2 columns: parameter, value. Includes: profondità foro: 5,50 m; diametro foro: 101 mm; profondità rivestimento: 4,50 m; diametro rivestimento: 127 mm; lunghezza sezione di prova: 100 cm; livello statico da p.c.: 2,70 m; altezza del rivestim. dal p.c.: 20 cm; carico idraulico: 2,90 m

PROVA A CARICO COSTANTE

Table with 3 columns: tempi (minuti), lettura (litri), assorb. (l/min). Includes a 'totale' row with values 10203 and 170.1



portata media assorbita Q = 170 l/min

COEFFICIENTE MEDIO DI PERMEABILITA' LEFRANC:

K = 3,52E-02 cm/s

Prova eseguita il 12/01/09

Il compilatore: dr. S. Josa



PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE

CANTIERE: A33 ASTI CUNEO - LOTTO 5 - ALBA (CN)

PROVA n° 2

S6

IDENTIFICATIVO SONDAGGIO

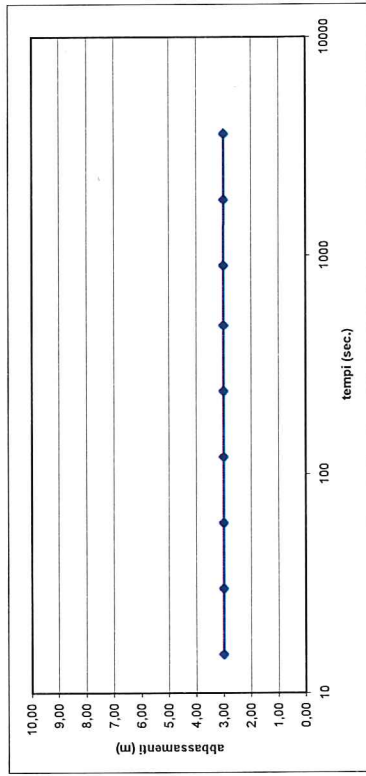
Litologia: Mama siltosa, da moderatamente consistente a sub-iltioide, colore grigio.

Table with 3 columns: tempi (min), abbassamenti (cm), permeabilità (cm/s). Includes rows for 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60 minutes.

Table with 2 columns: parameter, value. Includes: geometria della sezione di prova, profondità foro: 10,50 m; profondità rivestimento: 9,00 m; diametro foro: 101 mm; diametro rivestimento: 127 mm; altezza rivestim. oltre p.c.: 30 cm; durata della prova: 60 min; lunghezza camera: 1,50 m; livello statico da p.c.: 2,70 m; carico idraulico iniz.: 3,00 m

COEFFICIENTE MEDIO DI PERMEABILITA'

K = 3,86E-07 cm/s



Prova eseguita il: 13/01/09

Il compilatore: dr. S. Josa



### PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC

CANTIERE: A33 ASTI CUNEO - LOTTO 5 - ALBA (CN)

PROVA n° 1 SONDAGGIO n° S7

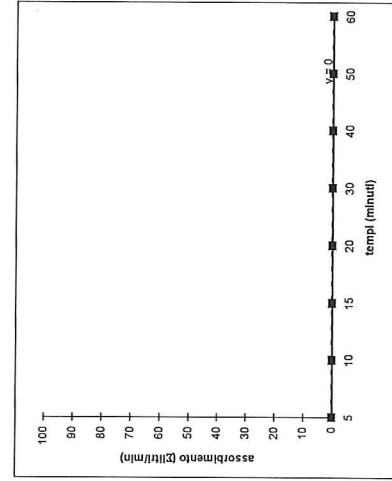
Litologia: Ghiaia prevalentemente medio-grossolana e sabbia eterometrica debolmente limosa, rari ciottoli, da moderatamente addensata ad addensata, colore nocciola.

profondità foro:	4,50	m
profondità rivestimento:	3,00	m
lunghezza sezione di prova:	150	cm
altezza del rivestim. dal p.c.:	20	cm

diámetro foro:	101	mm
diámetro rivestimento:	127	mm
livello statico da p.c.:	2,50	m
carico idraulico:	2,70	m

### PROVA A CARICO COSTANTE

tempi (minuti)	lettura (litri)	assorb. (l/min)
0	10123	>200
5	11123	>200
10	12123	>200
15	13123	>200
20	14123	>200
30	15123	>200
60	16123	>200
totale	-	>200



NOTE: alla massima portata della pompa (200l/min) non è possibile innalzare il livello piezometrico; pertanto l'assorbimento risulta essere >200l/min.

portata media assorbita Q > 200 l/min

COEFFICIENTE MEDIO DI PERMEABILITA' LEFRANC: K > 3,32E-02 cm/s

Prova eseguita il 27/01/09

Il compilatore: dr. S. Josa



### PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE

CANTIERE: A33 ASTI CUNEO - LOTTO 5 - ALBA (CN)

PROVA n° 2 IDENTIFICATIVO SONDAGGIO S7

Litologia: Mama siltosa, da consistente a sub-litoidi, colore grigio.

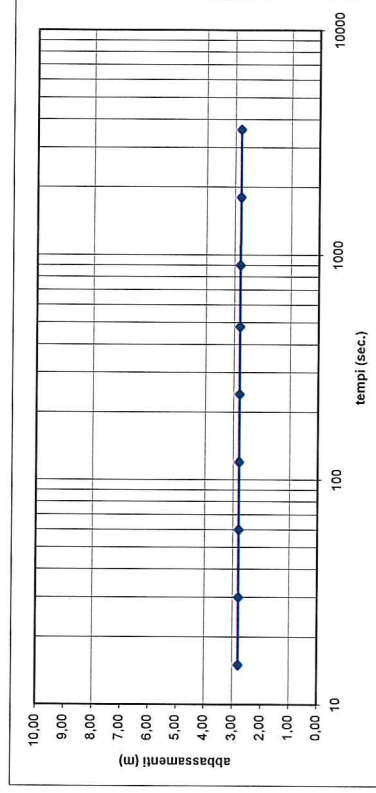
tempi (min)	(sec)	abbassamenti (cm)	permeabilità (cm/s)
0,25	0	0,0	0,000E+00
0,5	0	0,0	0,000E+00
1	0	0,0	0,000E+00
2	0	0,0	0,000E+00
4	0	0,0	0,000E+00
8	0	0,0	0,000E+00
15	0	0,6	1,099E-06
30	0	1,0	3,426E-07
60	0	1,6	2,574E-07

geometria della sezione di prova	
profondità foro:	9,00 m
profondità rivestimento:	7,50 m
diámetro foro:	101 mm
diámetro rivestimento:	127 mm
altezza rivestim. oltre p.c.:	30 cm
durata della prova:	60 min

lunghezza camera:	1,50 m
livello statico da p.c.:	2,50 m
carico idraulico iniz.:	2,80 m

COEFFICIENTE MEDIO DI PERMEABILITA'

K = 4,25E-07 cm/s



Prova eseguita il: 27/01/09

Il compilatore: dr. S. Josa





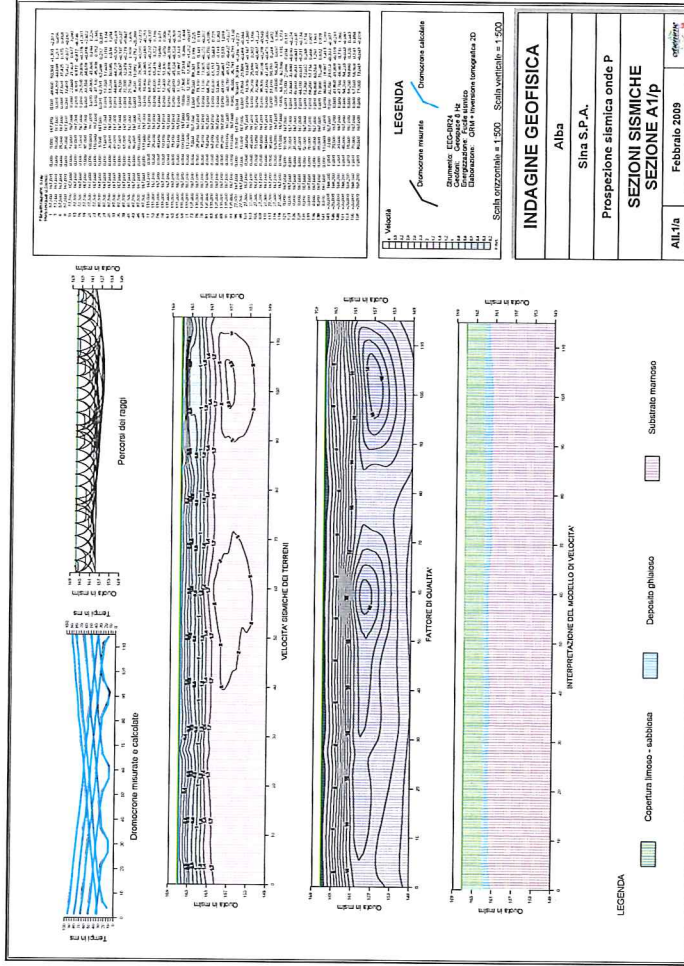






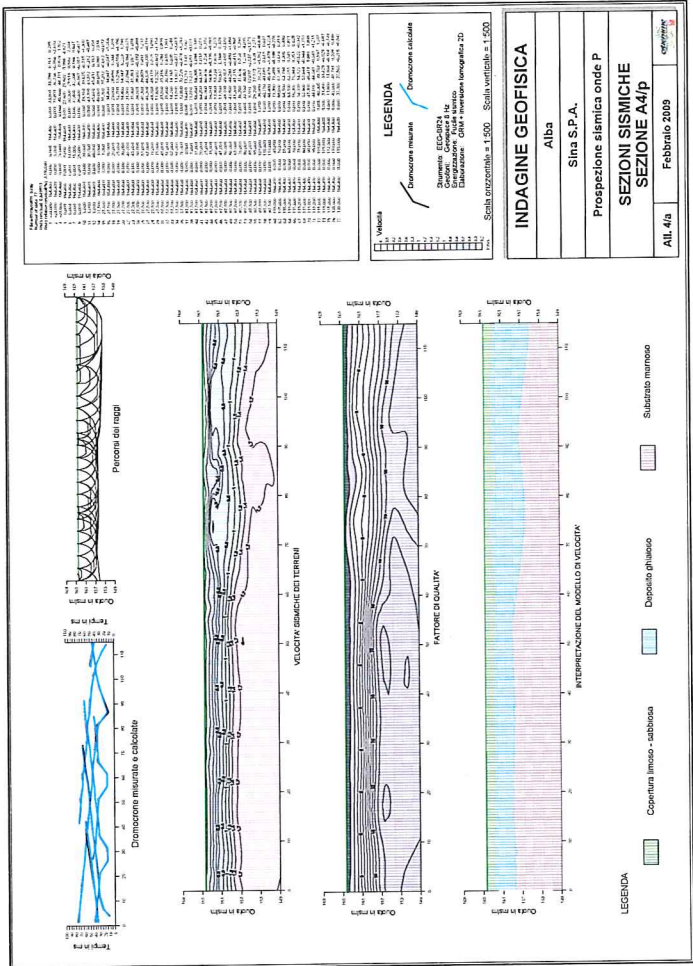
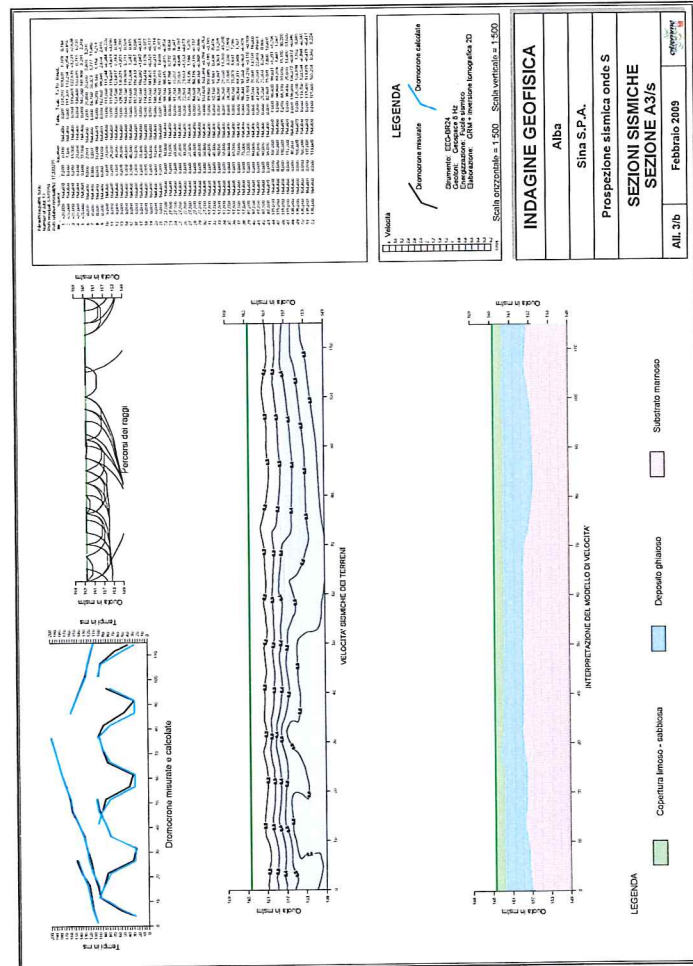


# SEZIONI SISMICHE











# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

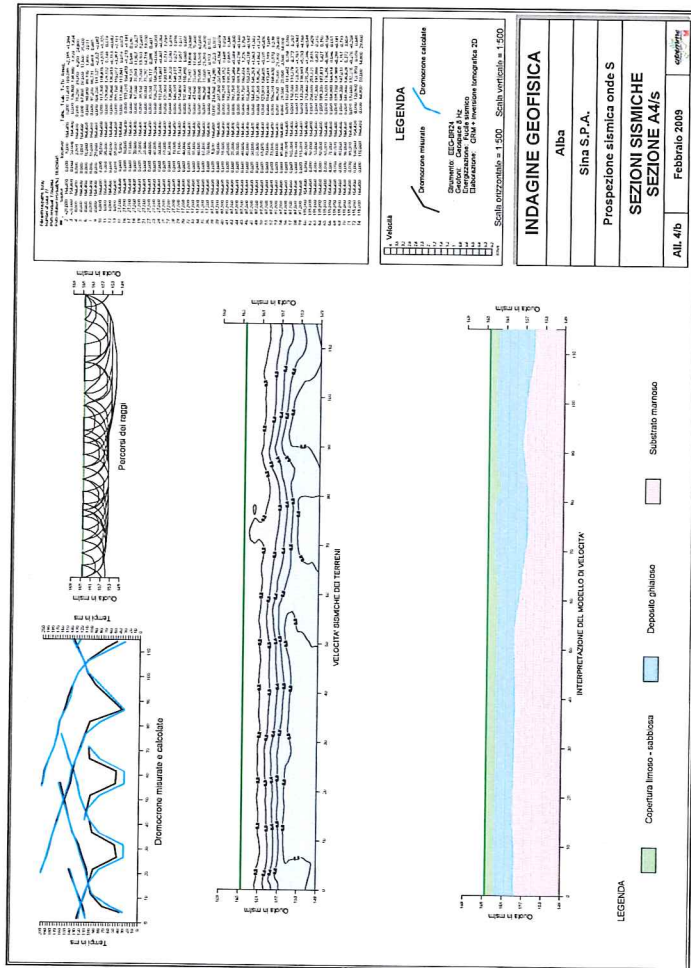




Figura 1 Stendimento sismico sezione A1



Figura 3 Geofono verticale e cavo sismico



Figura 2 Centralina di acquisizione dati indagine geosismica



Figura 4 Fucile sismico e geofono starter



Figura 5 Geofono orizzontale e cavo sismico