



Allegato

# CITTÀ DI TORINO

VICE DIREZIONE INGEGNERIA

DIREZIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITA'

SERVIZIO PONTI, VIE D'ACQUA E INFRASTRUTTURE

## **INTERVENTI URGENTI SU SCARPATE E SEDIMI STRADE COLLINARI LOTTO 7**

**PROGETTO :  
DEFINITIVO**

**ELABORATO :**

**DATA :  
SETTEMBRE 2013**

**Relazioni geologiche - geofisiche**

**GRUPPO DI LAVORO**  
**Ing. Antonio MOLLO**  
**Arch. Giorgio COROTTO**

**PROGETTISTA :**  
**Ing. Giovanna COBELLI**

**RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :**  
**Ing. Giorgio MARENGO**

**DIRETTORE DELLA DIREZIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITA'**  
**Ing. Roberto BERTASIO**



# CITTA' DI TORINO

DIREZIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ



Indagine frana Strada Val San Martino Superiore civico 239

## RELAZIONE GEOLOGICA



### Protocollo

2013/SP 03 Strada Val San Martino Torino

**DATA: 12/07/13**

**REVISIONI: 00**

**Redatto da:**



*Mario Naldi*

### **GEOLAB S.R.L.**

CORSO GALILEO FERRARIS, 160  
10134 TORINO  
CAPITALE SOCIALE € 40.000,00  
INFO@GEO-LAB.EU  
WWW.GEO-LAB.EU

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione costituisce un inquadramento geologico-geomorfologico dell'area oggetto di indagine, sita nel Comune di Torino in Strada Comunale Val San Martino Superiore civico n.239.

L'asse viario in oggetto è interessato da fenomeni di dissesto incipiente che si sono manifestati in evidenti fessurazioni e cedimenti della sovrastruttura stradale.

Lo studio geologico-geomorfologico ha previsto le seguenti fasi:

- inquadramento geologico generale del sito mediante consultazione della Carta geologica d'Italia in scala 1:100'000;
- inquadramento geomorfologico (consultazione del P.A.I. e del database frane I.F.F.I.) e valutazioni sull'evento franoso in atto.

## 2. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE

Il sito oggetto d'indagine è localizzato in Strada Val San Martino Superiore n.239, presso l'area collinare del territorio comunale di Torino. Il paesaggio, prevalentemente occupato da abitazioni e aree boschive, è caratterizzato da una morfologia tipicamente collinare. Il sito in esame, in particolare, è situato ad una quota media di circa 480 m s.l.m.

Le coordinate geografiche del sito sono: 45° 2'56.42"N; 7°44'11.69"E.

L'inquadramento geografico dell'area è riportato in Figura 1.

### 3. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

#### 3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il lineamenti geologici dell'area sono riportati nel Foglio 56 – Torino della Carta geologica d'Italia in scala 1:100'000, di cui si riporta uno stralcio in Figura 2.

L'area oggetto d'intervento si colloca in corrispondenza della porzione meridionale dell'anticlinale della collina di Torino. I sedimenti in affioramento hanno origine tettonica e possono farsi risalire al Miocene e all'Oligocene superiore: la suddetta anticlinale è costituita dalla successione di tali depositi, che sono così denominati (dai più antichi ai più recenti):

- **Formazione di Antoniola (M<sup>1</sup>-O<sup>3</sup>):** è rappresentata da una serie monotona e scarsamente fossilifera, della potenza compresa tra 200 e 500 metri, di siltiti, talora marnose, grigio-verdognole e grigio-azzurrugnone, con subordinate intercalazione arenacee e rare passate conglomerati che. Tra la valle di Rivodora e l'estremità occidentale della collina torinese la formazione si arricchisce di livelli detritici grossolani raggruppati. L'insieme delle caratteristiche sedimentarie (strati arenacei gradati, sequenze pelitiche interrotte da conglomerati e banchi argillosi) indicano che si tratta di depositi formati dalla scarpata limitante il bacino (canyon sottomarini).
- **Marne a pteropodi inferiori (M<sup>1</sup>):** formazioni di potenza variabile tra 20 e 200 metri, costituite da alternanze regolari di peliti siltose grigio-azzurrugnone, e di marne silicee dure, grigio-verdognole, in strati di 5-20 cm. Molto rare le intercalazioni arenacee, che si presentano in ogni caso ben gradate. Tale formazione risulta caratterizzata da un'abbondante presenza fossilifera (fossili deformati per schiacciamento (forme planctoniche e necroplantoniche). Dall'analisi dei residui fossili nell'ambito della collina di Torino, localmente tali depositi sono ascrivibili per intero all'Aquitano.
- **Complesso di Termo Fora:** composto da peliti siltose, più o meno marnose, con micro e macro-faune indicanti una sedimentazione di tipo emiplegico in ambiente batiale. Nell'ambito della collina di Torino, entro questa serie pelitica compaiono frequenti intercalazioni grossolane (arenarie, conglomerati ad elementi prevalentemente serpentinosi) con micro e macro-faune di mare basso. Esse sono interpretabili come prodotto di frane sottomarine (flussotorbiditi), staccatesi dalla piattaforma costiera e risedimentate nelle parti più profonde del bacino, dove si disposero per formare un nuovo delta sottomarino, con asse leggermente spostato verso sud-ovest rispetto al "delta" cattiano-aquitiniano di Superga.

Nell'area in esame, quella della collina torinese, si distinguono in ultima analisi due grandi serie formanti il complesso di Termo Fora: un orizzonte arenaceo-conglomeratico basale la cui potenza varia tra i 100 metri in corrispondenza alla parte prossimale del "delta" sottomarino (Rio di Superga), fino a pochi metri sull'asse distale (asse Superga- Baldissero); un orizzonte pelitico superiore al precedente di potenza variabile tra 50 e 80 metri, con facies simili a quelle delle

Marne a pteropodi inferiori. Il passaggio tra le due formazioni risulta pertanto graduale e talvolta non facilmente distinguibile.

### 3.2 ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE

L'assetto stratigrafico locale è caratterizzato dalla presenza, al di sotto di eventuale materiale di reipporto residuo dell'intervento antropico, di una coltre di alterazione eluvio-colluviale costituita da depositi sabbiosi-argillosi sciolti di potenza variabile, i quali sovrastano il substrato costituito dall'alternanza di livelli marnosi e arenaceo-conglomeratici.

## 4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Si sono registrate, mediante prove piezometriche situate in aree limitrofe venute d'acqua molto superficiali (2 m di profondità), che costituiscono falde sospese al di sopra dei livelli impermeabili costituiti dalle marne. Tali falde risultano penalizzanti per la stabilità dei versanti in quanto vengono alimentate direttamente dalla superficie durante gli eventi meteorici e appesantiscono i depositi superficiali, aumentando il rischio di fenomeni di scorrimento-rotazione nei confronti dei sottostanti livelli marnoso-argillosi impermeabili.

## 5. QUADRO DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

La zona in esame è già stata oggetto di instabilità gravitativa pregressa e in atto, come confermato dalla consultazione della Carta del P.A.I. (*Piano di stralcio per l'Assetto idrogeologico*) e del database frane dell'I.F.F.I. (*Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia*), riportati in Figura 3.

Il movimento franoso cui è soggetta l'area in esame risulta localizzato e di medio-piccole dimensioni ed è caratterizzato come *scivolamento rotazionale traslativo*, causato verosimilmente dal sovrascorrimento della coltre eluvio-colluviale superficiale sul substrato lapideo marnoso-arenaceo.

## 6. STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI IN SITO

L'inquadramento stratigrafico locale, relativamente all'area di indagine, può essere ipotizzato sulla base dei dati generali noti dalla documentazione tecnica consultata, nonché dalla consultazione de risultati delle prove geofisiche realizzate (indagine sismica a rifrazione).

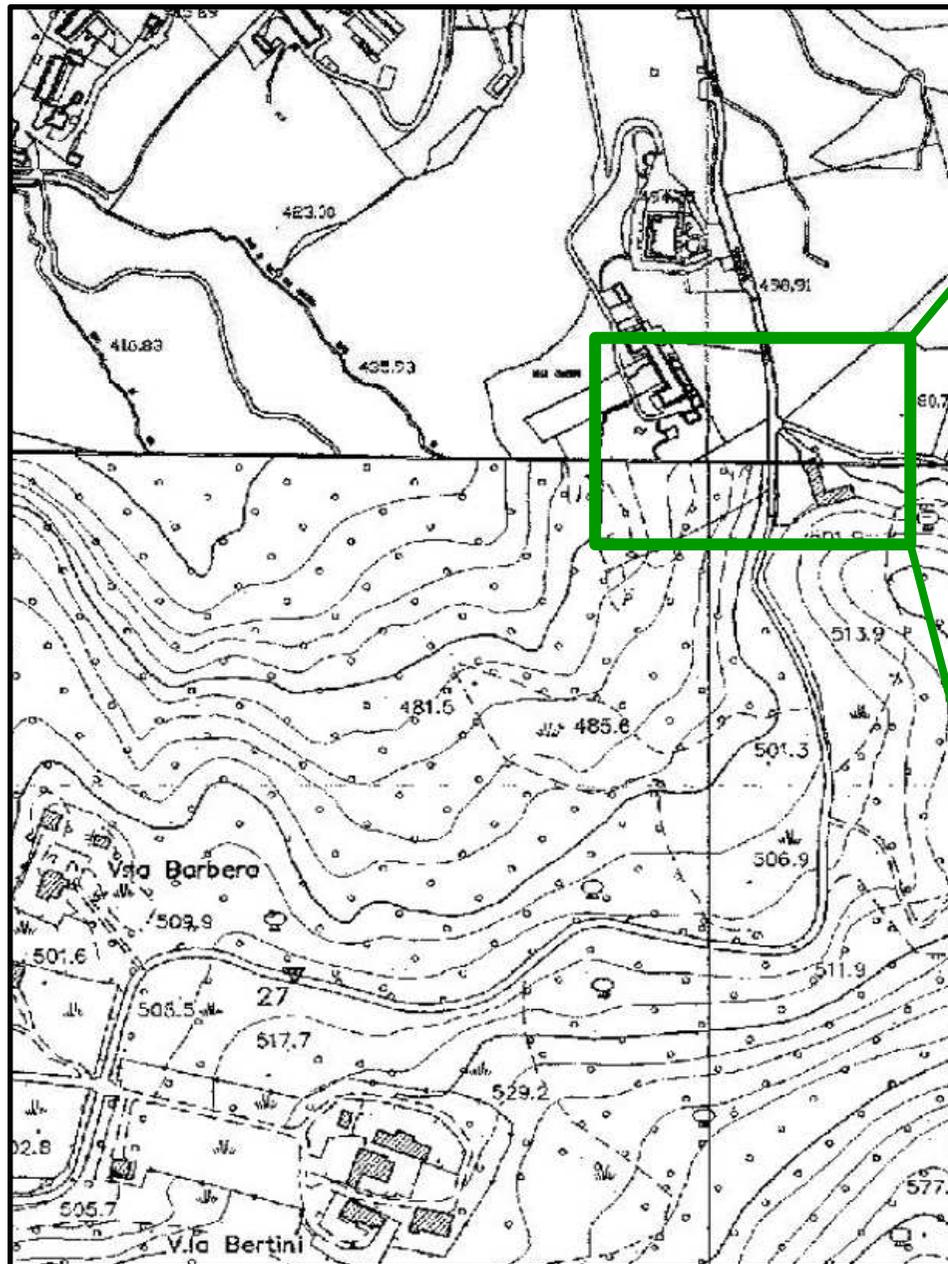
La tomografia sismica ha infatti evidenziato la seguente distribuzione dei valori di velocità delle onde di compressione, associata a diverse tipologie di depositi:

- a profondità superiori a 6-8 metri si individuano depositi a velocità  $V_p$  superiori a 1000 m/s, assimilabili pertanto a terreni molto compatti o rocce tenere, nel caso in esame essi costituiscono il substrato marnoso arenaceo tipico di questa zona della collina torinese, come individuato dalla cartografia geologica;
- si individua uno strato di transizione di media compattezza ( $V_p$  comprese tra 600 e 1000 m/s) e da un gradiente di velocità elevato con la profondità, tra i 2-3 metri e i 6-8 metri: tali depositi sono verosimilmente costituiti da sabbie argillose derivanti dall'alterazione del substrato marnoso arenaceo, con un grado di addensamento discreto;
- in superficie è ben evidente una zona allentata, oggetto di movimento incipiente, caratterizzata da valori bassi di  $V_p$  (inferiori a 500 m/s), costituita da sedimenti verosimilmente limoso-argillosi poco consistenti o addirittura di riporto, con scarse caratteristiche di resistenza al taglio.

Si individua pertanto la presenza di una probabile fascia di scorrimento situata a profondità di 2-3 metri dal piano della strada, che delimita il corpo di frana in incipiente movimento. E' verosimile la presenza di venute d'acqua o falde sospese che accelerano l'evoluzione della frana appesantendo il terreno superficiale e generando una sottospinta che favorisce l'instabilità.

# COMUNE DI TORINO – STRADA COMUNALE SUPERIORE VAL SAN MARTINO n.239

Inquadramento geografico (CTR e foto aerea)



Tratto di strada oggetto di indagine



	Relazione 2431/13
	Revisione Bozza
Committente -----	Data Maggio 2013
Sito: Comune di Torino	Figura 1

COMUNE DI TORINO – STRADA COMUNALE SUPERIORE VAL SAN MARTINO n.239

Inquadramento geologico generale



Stralcio della  
Carta Geologica  
d'Italia

1:100.000

Foglio 56– Torino

Fonte: [www.apat.gov.it](http://www.apat.gov.it)

(non in scala)

Area d'indagine



**COMPLESSO DI TERMO FORA'** : alternanza di silt e calcari marnoso – silicei (LANGHIANO inf. – BURDIGALIANO sup.); sabbie , conglomerati, siltiti marnose e intercalazioni arenacee (BURDIGALIANO).

Siltiti, sabbie e conglomerati (AQUITANIANO sup.)

**MARNE A PTEROPODI INFERIORI** : alternanza di calcari marnosi in strati decimetrici e si siltiti subordinate (AQUITANIANO)

**FORMAZIONE DI ANTONIOLA** : potente serie costituita da alternanza di livelli siltoso – argillosi ed arenaceo – conglomeratici (AQUITANIANO – CATTIANO)

	Relazione 2431/13
	Revisione Bozza
Committente -----	Data Maggio 2013
Sito: Comune di Torino	Figura 2

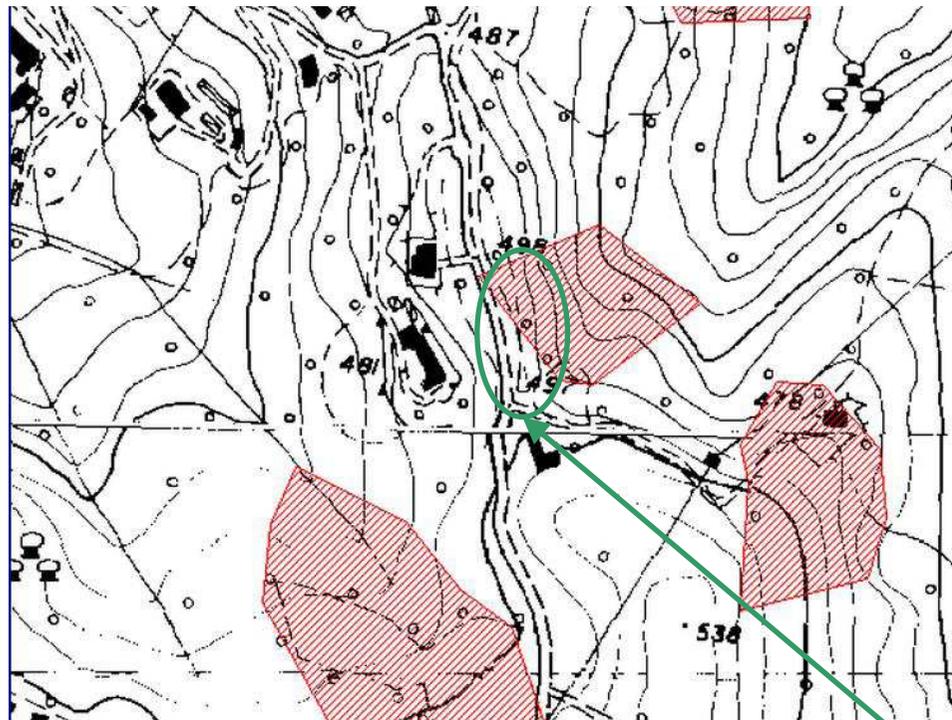
# COMUNE DI TORINO – STRADA COMUNALE SUPERIORE VAL SAN MARTINO n.239

Pericolosità geomorfologica

## Estratto del PAI

(scala grafica)

Fonte: [www.adbpo.it](http://www.adbpo.it)

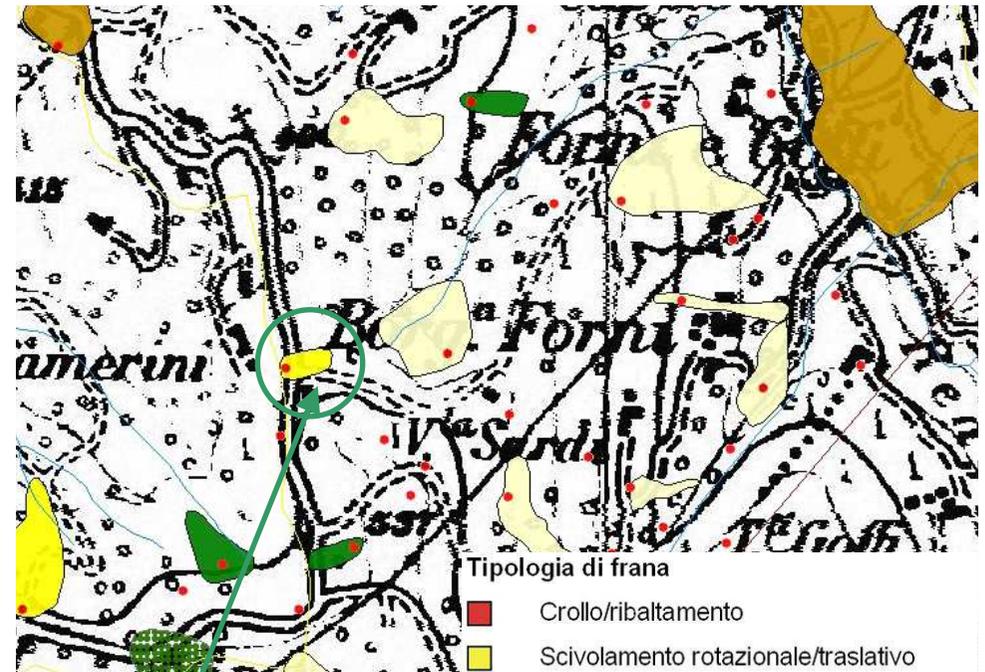


Aree di frana attiva

## Estratto carta IFFI-SIFRAP

(scala grafica)

Fonte: [www.webgis.arpa.piemonte.it](http://www.webgis.arpa.piemonte.it)



Tipologia di frana

-  Crollo/ribaltamento
-  Scivolamento rotazionale/traslativo
-  Espansione
-  Colamento lento
-  Colamento rapido
-  Sprofondamento
-  Complesso

Area in esame

	Relazione 2431/13
	Revisione Bozza
Committente -----	Data Maggio 2013
Sito: Comune di Torino	Figura 3



# CITTA' DI TORINO

DIREZIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ



Indagine frana Strada Val San Martino Superiore civico 239

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA INDAGINE GEOFISICA



### Protocollo

2013/SP 03 Strada Val San MartinoTorino

**DATA: 26/06/13**

### **GEOLAB S.R.L.**

*CORSO GALILEO FERRARIS, 160  
10134 TORINO  
CAPITALE SOCIALE € 40.000,00  
INFO@GEO-LAB.EU  
WWW.GEO-LAB.EU*

**REVISIONI: 00**

**Redatto da: Dott. Geol.  
Emmanuele Duò**

**Controllato da: Dott.  
Geol. Mario Naldi**

---

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>2. UBICAZIONE INDAGINE E MODALITÀ DI ACQUISIZIONE DATI .....</b>	<b>2</b>
<b>3. MODALITÀ OPERATIVE .....</b>	<b>3</b>
ACQUISIZIONE DATI .....	3
RICEZIONE DEL SEGNALE.....	3
ELABORAZIONE DATI .....	3
<b>4. RISULTATI DELLE INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE.....</b>	<b>4</b>

**In allegato:**

Appendice A Cenni sulla metodologia sismica a rifrazione

**Figure:**

- Figura 1 Ubicazione indagine geofisica  
Figura 2 Risultati indagini sismiche a rifrazione  
Figura 3 Documentazione fotografica

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive le indagini sismiche (metodologia sismica a rifrazione) eseguite lungo la Strada Comunale Superiore Val San Martino, in corrispondenza del civico 239, nel territorio comunale di Torino.

L'indagine è finalizzata alla definizione delle caratteristiche sismostratigrafiche di un tratto del suddetto asse viario interessato da fenomeni di dissesto incipiente. Le onde sismiche infatti consentono di esaminare la densità del sottosuolo e di stimare le caratteristiche geotecniche dei terreni al fine di supportare la progettazione di interventi atti a migliorare le condizioni di stabilità delle infrastrutture.

Il piano di indagini ha previsto il tracciamento di uno stendimento sismico a rifrazione. Per l'assenza di punti di riferimento, il posizionamento delle prove è stato effettuato mediante il tracciamento in sito dei punti GPS; l'ubicazione è riportata nella Figura 1.

I risultati delle indagini sono illustrati nella Figura 2 allegata al testo, e commentati nelle pagine seguenti.

La descrizione della metodologia di indagine (teoria delle indagini sismiche a rifrazione) è riportata in Appendice A.

## 2. UBICAZIONE INDAGINE E MODALITÀ DI ACQUISIZIONE DATI

Come accennato nel capitolo introduttivo è stato realizzato uno stendimento sismico a rifrazione a 24 canali con equidistanza 2 metri: lo stendimento (le cui coordinate di inizio e fine sono riportate nella tabella 1, di seguito riportata) è stato tracciato parallelamente all'asse stradale.

Linea SIS 1	Lat.	Long.
Coordinata G1	45° 2'56.03"N	7°44'11.59"E
Coordinata G24	45° 2'57.53"N	7°44'11.71"E

Tabella 1: Coordinate stendimento SIS1

### 3. MODALITÀ OPERATIVE

#### ACQUISIZIONE DATI

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sistema multicanale dotato di un convertitore analogico digitale a 24 bit (unità Daq Link III, prodotto da Seismic Source Ltd. - USA). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con il computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope® v.2.2.87) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

#### RICEZIONE DEL SEGNALE

Per l'indagine di sismica a rifrazione si sono utilizzati 24 geofoni con frequenza centrata di 40 Hz: l'acquisizione dei dati è stata eseguita generando gli impulsi sismici su 9 basi di energizzazione omogeneamente distribuite lungo lo stendimento.

L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 10 Kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla massa battente e connesso via cavo al sismografo.

#### ELABORAZIONE DATI

Per l'elaborazione dei dati sismici a rifrazione si è proceduto al riconoscimento e raccolta dei dati dei primi arrivi (software REFLEXW, Sandmeier software). Successivamente, le onde di primo arrivo sono state elaborate con il metodo GRM (general reciprocal method) accoppiato ad una inversione tomografica su una griglia di nodi equispaziati per una modellazione della distribuzione delle velocità delle onde di compressione nel sottosuolo (software RAYFRACT™, della Intelligent Resources Inc. (Canada). Tale metodo (inversione tomografica) consente (con un sufficiente numero di scoppi) di individuare anche eventuali inversioni di velocità (che costituiscono il limite della prospezione sismica a rifrazione).

#### 4. RISULTATI DELLE INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

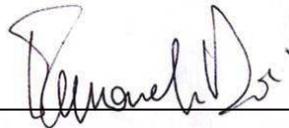
I risultati delle indagini sismiche sono riportati nella Figura 2 in allegato.

La sezione tomografica A-B evidenzia un gradiente di velocità medio-elevato (rifratore) ad una profondità comprese tra 6 e 8 metri (isotaca 1400 m/s, figura 2); tale evidenza è correlabile ad una transizione da materiali poco addensati a materiali con grado d'addensamento medio-alto ( $V_p > 1400$  m/s).

In superficie, i materiali che costituiscono la base del piano stradale appaiono generalmente poco addensati (velocità comprese tra 200 e 400 m/s) ma risultano maggiormente inconsistenti o detensionati tra le progressive 8 e 35 m.

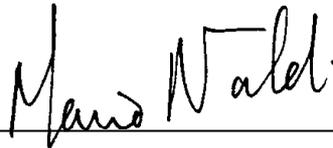
Relazione redatta da:

Dott. Geol. Emmanuele Duò

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Emmanuele Duò", written over a horizontal line.

Controllata da:

Dott. Geol. Mario Naldi

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Mario Naldi", written over a horizontal line.

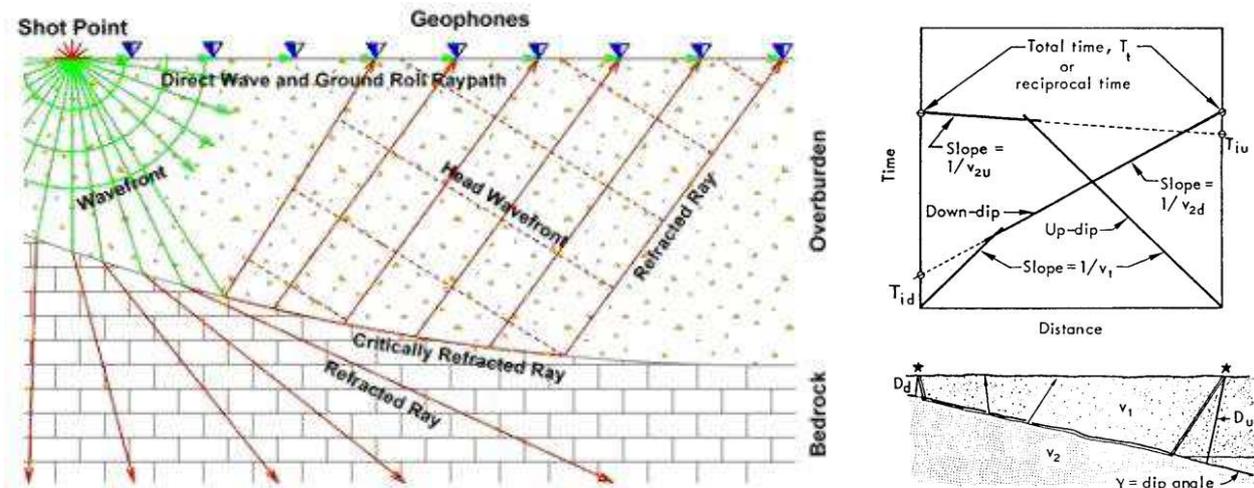
**APPENDICE A**  
**Cenni sulla metodologia Sismica**  
**a Rifrazione**

## CENNI TEORICI SULLE INDAGINI GEOSISMICHE A RIFRAZIONE

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

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

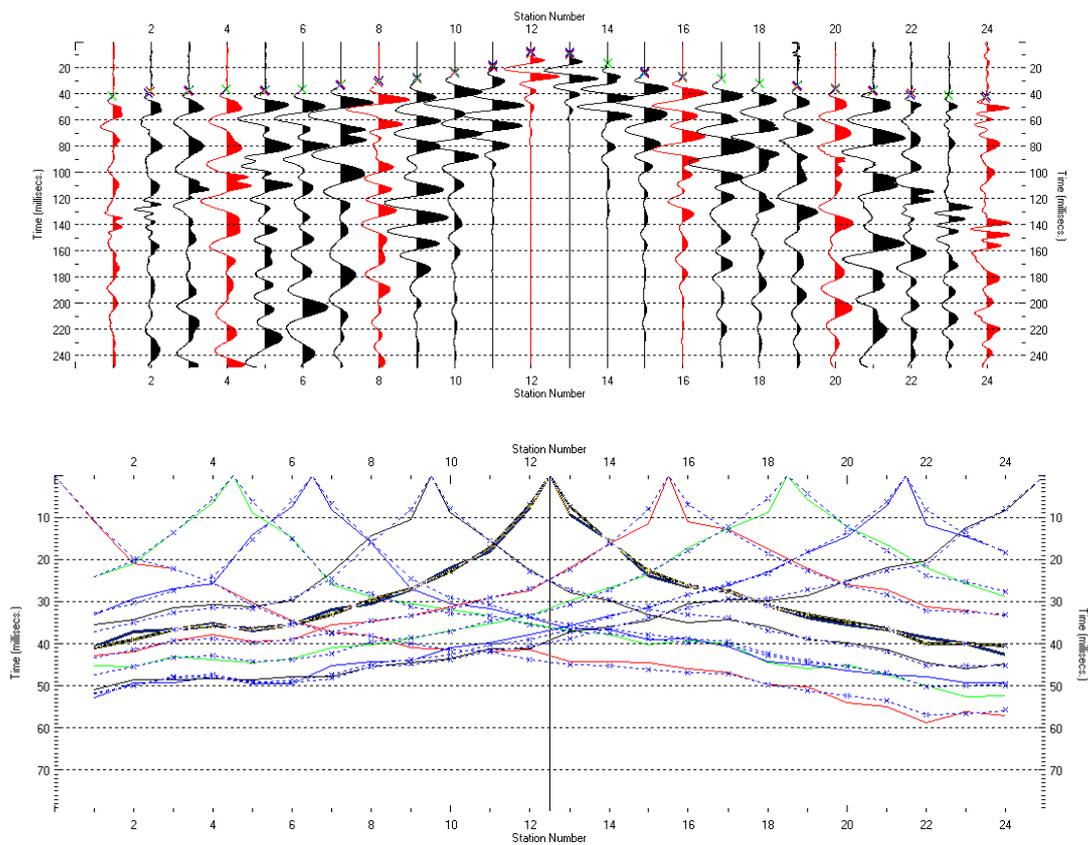
L'effetto di queste onde è la formazione di vibrazioni che vengono captate da sensori posti sulla superficie, generalmente elettromagnetici, in grado di trasformare la sollecitazione meccanica, che subisce la massa mobile del magnete, in un segnale elettrico che, debitamente amplificato, viene riprodotto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



**Figura 1 – Modello di propagazione dei fronti d'onda nei raggi rifratti.**

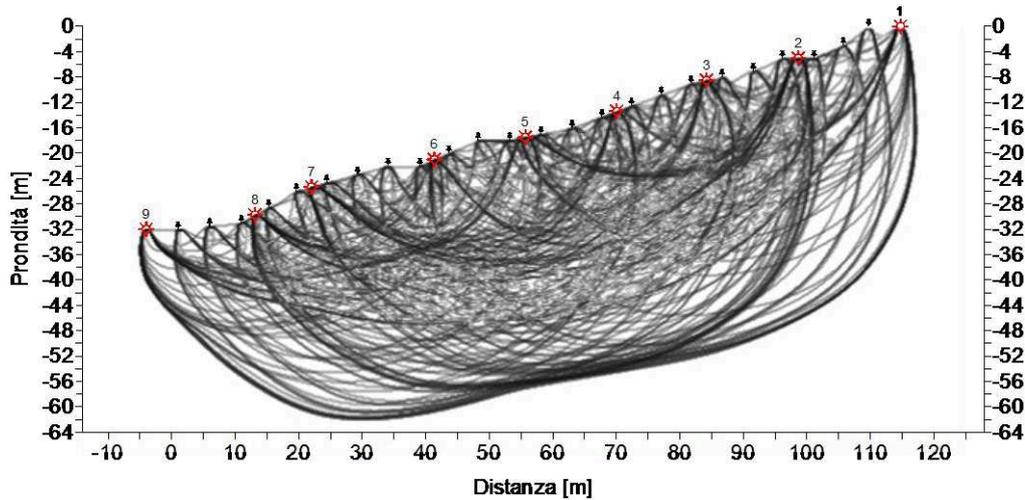
Con i tempi di percorso rilevati mediante i geofoni e le distanze degli stessi dai punti di energizzazione si tracciano dei diagrammi tempi-distanze (dromocrone) che permettono di calcolare sia la velocità di propagazione delle onde di compressione P, sia la profondità e lo spessore dei terreni che sono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

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



**Figura 2 – Sismogramma e dromocrone**

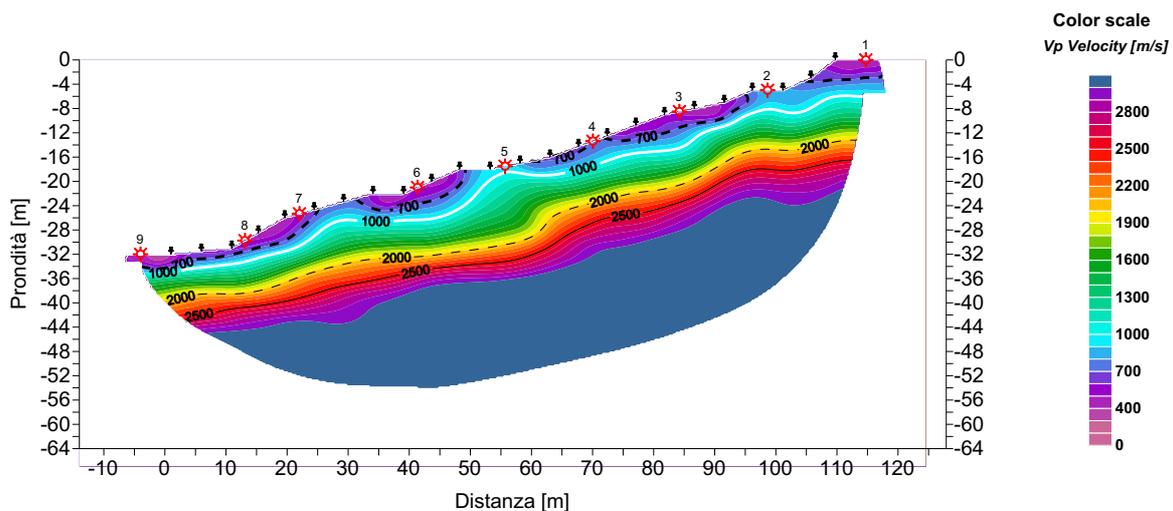
Dall'analisi delle dromocrone è possibile definire il numero dei sismostrati presenti nel sottosuolo (ovviamente per la finestra temporale adottata che è funzione della lunghezza dello stendimento e della quantità di energia utilizzata). E' importante sottolineare che la sismica a rifrazione funziona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



**Figura 3 – Copertura raggi sismici**

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

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

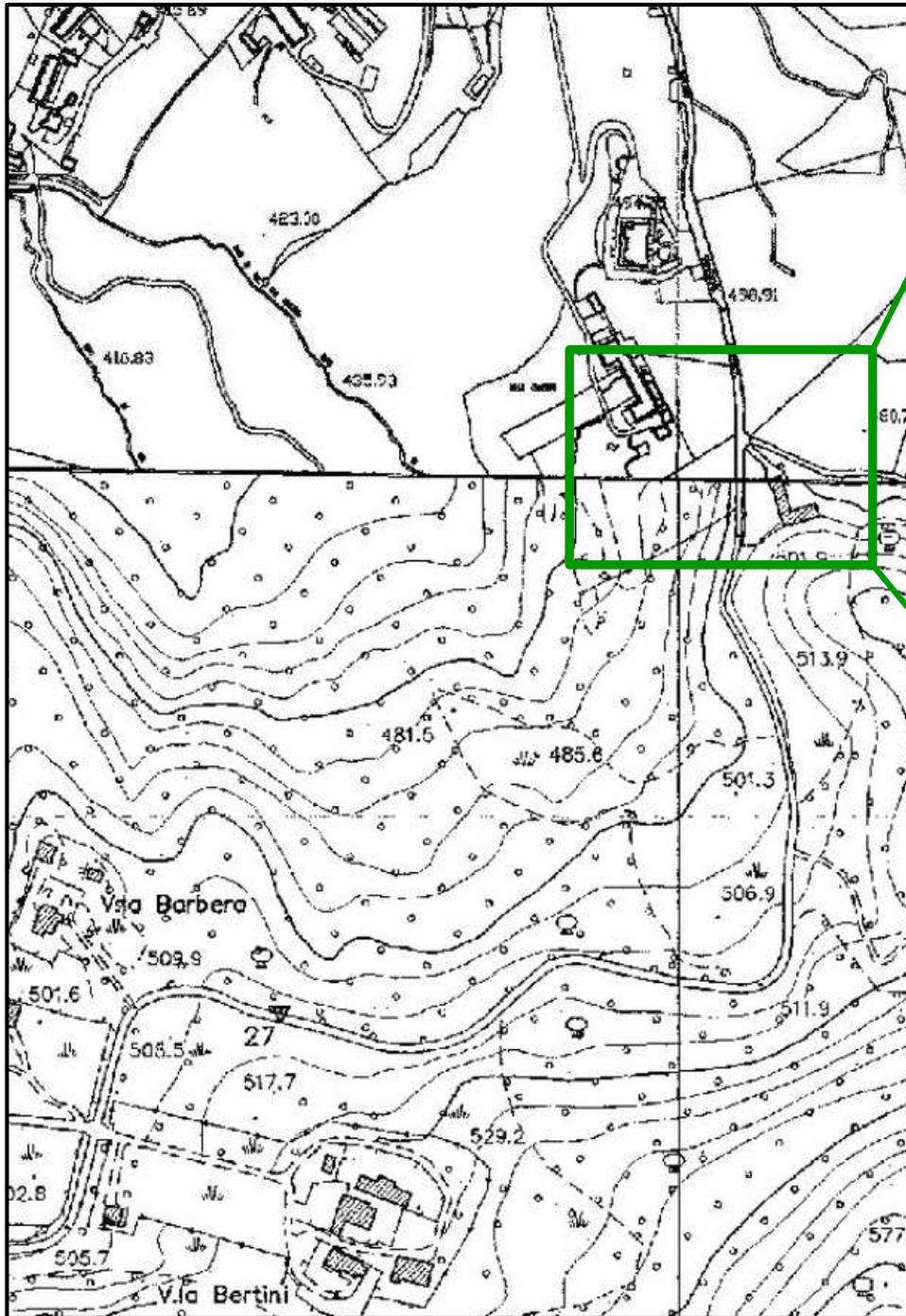


**Figura 4 – Modello tomografico della distribuzione delle onde di compressione Vp in m/s**

## FIGURE

# COMUNE DI TORINO – STRADA COMUNALE SUPERIORE VAL SAN MARTINO 239

Indagini sismiche per la caratterizzazione stratigrafica – Sistemazione viabilità in dissesto – Ubicazione indagini



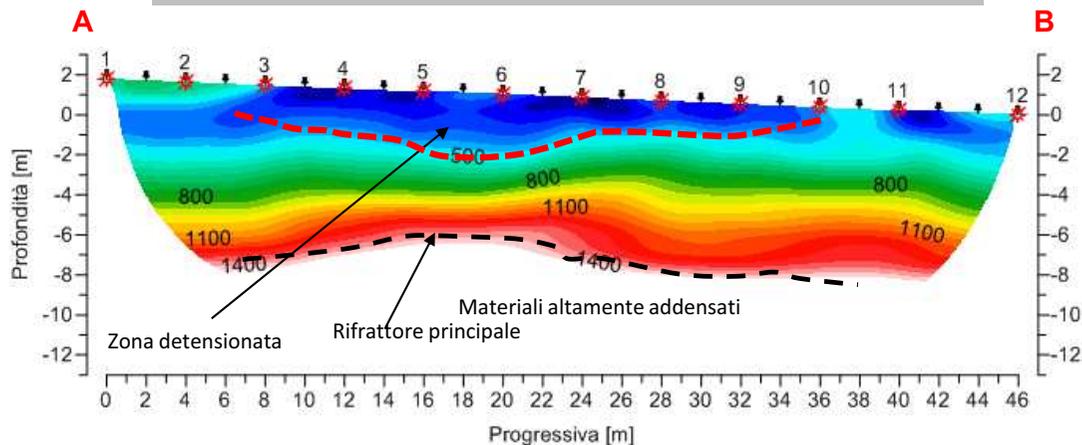
Linea SIS A-B	Lat.	Long.
Coordinata A	45° 2'56.03"N	7°44'11.59"E
Coordinata B	45° 2'57.53"N	7°44'11.71"E



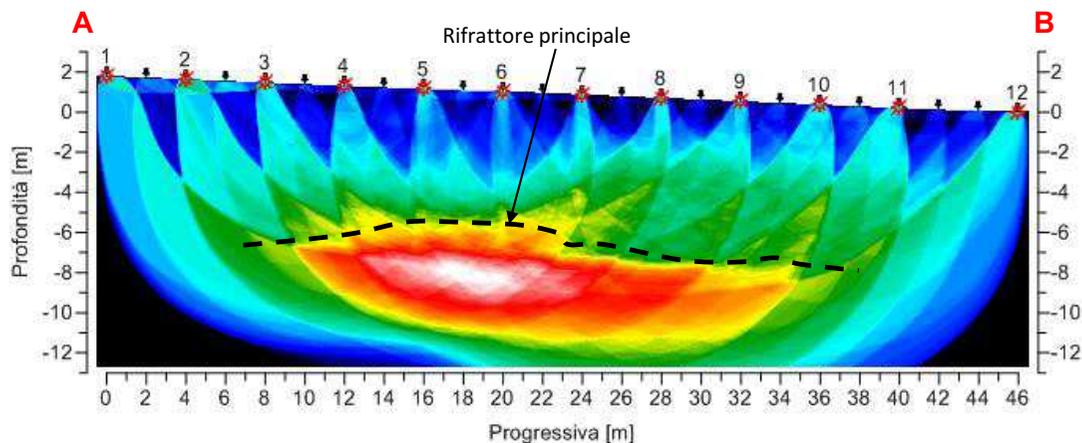
# COMUNE DI TORINO – STRADA COMUNALE SUPERIORE VAL SAN MARTINO, 239

Indagini sismiche per la caratterizzazione stratigrafica – Sistemazione viabilità in dissesto – Risultati indagini

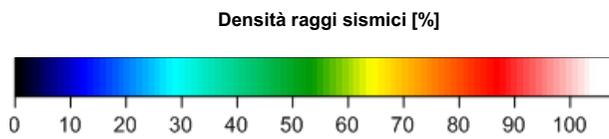
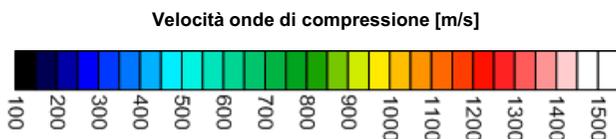
MODELLO TOMOGRAFICO DI VELOCITA' - ONDE DI COMPRESSIONE



MODELLO DI DENSITA' DEI RAGGI SISMICI



Scale dei colori



**COMUNE DI TORINO – STRADA COMUNALE SUPERIORE VAL SAN MARTINO 239**  
Indagini sismiche per la caratterizzazione stratigrafica – Documentazione fotografica





# CITTA' DI TORINO

DIREZIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ



Indagine frana Strada Val San Martino Superiore civico 384

## RELAZIONE GEOLOGICA



### Protocollo

2013/SP 03 Strada Val San MartinoTorino

DATA: 03/07/13

REVISIONI: 00

Redatto da:



### GEOLAB S.R.L.

CORSO GALILEO FERRARIS, 160  
10134 TORINO

CAPITALE SOCIALE € 40.000,00

[INFO@GEO-LAB.EU](mailto:INFO@GEO-LAB.EU)

[WWW.GEO-LAB.EU](http://WWW.GEO-LAB.EU)

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione costituisce un inquadramento geologico-geomorfologico dell'area oggetto di indagine, sita nel Comune di Torino in Strada Comunale Val San Martino Superiore civico n.384.

L'asse viario in oggetto è interessato da fenomeni di dissesto incipiente che si sono manifestati in evidenti fessurazioni e cedimenti della sovrastruttura stradale.

Lo studio geologico-geomorfologico ha previsto le seguenti fasi:

- inquadramento geologico generale del sito mediante consultazione della Carta geologica d'Italia in scala 1:100'000;
- inquadramento geomorfologico (consultazione del P.A.I. e del database frane I.F.F.I.) e valutazioni sull'evento franoso in atto;
- esecuzione ed interpretazione di n. 1 sondaggio geognostico, spinto alla profondità di 18 metri e prove penetrometriche SPT (*standard penetration test*) in avanzamento;

## 2. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE

Il sito oggetto d'indagine è localizzato in Strada Val San Martino Superiore n.384, presso l'area collinare del territorio comunale di Torino. Il paesaggio, prevalentemente occupato da abitazioni e aree boschive, è caratterizzato da una morfologia tipicamente collinare. Il sito in esame, in particolare, è situato ad una quota media di circa 517 m s.l.m.

Le coordinate geografiche del sito sono: 45° 2'47.65"N; 7°44'12.95"E.

L'inquadramento geografico dell'area è riportato in Figura 1.

### 3. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

#### 3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il lineamenti geologici dell'area sono riportati nel Foglio 56 – Torino della Carta geologica d'Italia in scala 1:100'000, di cui si riporta uno stralcio in Figura 2.

L'area oggetto d'intervento si colloca in corrispondenza della porzione meridionale dell'anticlinale della collina di Torino. I sedimenti in affioramento hanno origine tettonica e possono farsi risalire al Miocene e all'Oligocene superiore: la suddetta anticlinale è costituita dalla successione di tali depositi, che sono così denominati (dai più antichi ai più recenti):

- **Formazione di Antoniola (M<sup>1</sup>-O<sup>3</sup>):** è rappresentata da una serie monotona e scarsamente fossilifera, della potenza compresa tra 200 e 500 metri, di siltiti, talora marnose, grigio-verdognole e grigio-azzurrugnone, con subordinate intercalazione arenacee e rare passate conglomerati che. Tra la valle di Rivodora e l'estremità occidentale della collina torinese la formazione si arricchisce di livelli detritici grossolani raggruppati. L'insieme delle caratteristiche sedimentarie (strati arenacei gradati, sequenze pelitiche interrotte da conglomerati e banchi argillosi) indicano che si tratta di depositi formati dalla scarpata limitante il bacino (canyon sottomarini).
- **Marne a pteropodi inferiori (M<sup>1</sup>):** formazioni di potenza variabile tra 20 e 200 metri, costituite da alternanze regolari di peliti siltose grigio-azzurrugnone, e di marne silicee dure, grigio-verdognole, in strati di 5-20 cm. Molto rare le intercalazioni arenacee, che si presentano in ogni caso ben gradate. Tale formazione risulta caratterizzata da un'abbondante presenza fossilifera (fossili deformati per schiacciamento (forme planctoniche e necroplantoniche). Dall'analisi dei residui fossili nell'ambito della collina di Torino, localmente tali depositi sono ascrivibili per intero all'Aquitano.
- **Complesso di Termo Fora:** composto da peliti siltose, più o meno marnose, con micro e macrofaune indicanti una sedimentazione di tipo emiplegico in ambiente batiale. Nell'ambito della collina di Torino, entro questa serie pelitica compaiono frequenti intercalazioni grossolane (arenarie, conglomerati ad elementi prevalentemente serpentinosi) con micro e macro-faune di mare basso. Esse sono interpretabili come prodotto di frane sottomarine (flussotorbiditi), staccatesi dalla piattaforma costiera e risedimentate nelle parti più profonde del bacino, dove si disposero per formare un nuovo delta sottomarino, con asse leggermente spostato verso sud-ovest rispetto al "delta" cattiano-aquitiniano di Superga.

Nell'area in esame, quella della collina torinese, si distinguono in ultima analisi due grandi serie formanti il complesso di Termo Fora: un orizzonte arenaceo-conglomeratico basale la cui potenza varia tra i 100 metri in corrispondenza alla parte prossimale del "delta" sottomarino (Rio di Superga), fino a pochi metri sull'asse distale (asse Superga- Baldissero); un orizzonte pelitico superiore al precedente di potenza variabile tra 50 e 80 metri, con facies simili a quelle delle

Marne a pteropodi inferiori. Il passaggio tra le due formazioni risulta pertanto graduale e talvolta non facilmente distinguibile.

### 3.2 ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE

L'assetto stratigrafico locale è caratterizzato dalla presenza, al di sotto di eventuale materiale di reipporto residuo dell'intervento antropico, di una coltre di alterazione eluvio-colluviale costituita da depositi sabbiosi-argillosi sciolti di potenza variabile, i quali sovrastano il substrato costituito dall'alternanza di livelli marnosi e arenaceo-conglomeratici.

## 4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Si è registrata, mediante la prove piezometrica nel foro del sondaggio geognostico eseguito (descritto nell'Allegato 1) una falda superficiale (2 m di profondità), che costituisce una falda sospesa al di sopra dei livelli impermeabili costituiti dalle marne. Tali falde risultano penalizzanti per la stabilità dei versanti in quanto vengono alimentate direttamente dalla superficie durante gli eventi meteorici e appesantiscono i depositi superficiali, aumentando il rischio di fenomeni di scorrimento-rotazione nei confronti dei sottostanti livelli marnoso-argillosi impermeabili.

## 5. QUADRO DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

La zona in esame è già stata oggetto di instabilità gravitativa, tuttora in atto, come confermato dalla consultazione della Carta del P.A.I. (*Piano di stralcio per l'Assetto idrogeologico*) e del database frane dell'I.F.F.I. (*Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia*), riportati in Figura 3.

In particolare, si registra la presenza, immediatamente a nord dell'area in oggetto, di un movimento franoso di medie dimensioni caratterizzato come *scivolamento rotazionale traslativo*, causato verosimilmente dal sovrascorrimento della coltre eluvio-colluviale superficiale sul substrato lapideo marnoso-arenaceo.

Il tratto di strada oggetto di indagine è situato in posizione di dispuvio e sovrasta il versante instabile a nord, la cui nicchia di distacco si sviluppa immediatamente a valle dell'asse stradale.

## 6. SONDAGGIO GEOGNOSTICO E PROVE GEOMECCANICHE

Presso il sito in esame si è realizzato un sondaggio geognostico (profondità massima 18 metri) con carotaggio e esecuzione di prove SPT in foro e prove pocket penetrometro sui campioni di terreno prelevati alle diverse profondità. L'indagine ha inoltre previsto la disposizione di un piezometro per il rilevamento di eventuali falde freatiche.

Le modalità esecutive e gli esiti del sondaggio e delle prove sono illustrati nell'Allegato 1.

L'assetto stratigrafico geotecnico rilevato dall'indagine è così sintetizzabile:

- da 0 a -1.60 m: terreno di riporto di granulometria eterogenea (dalle argille alle ghiaie), completamente sciolto, caratterizzato da valori piuttosto bassi di resistenza al penetrometro tascabile (1 kg/cmq) e di  $N_{spt}$  (12 colpi/30 cm);
- da -1.60 m a 5 m circa: sabbia argillosa e argilla sabbiosa (coltre di alterazione del substrato marnoso-arenaceo), caratterizzata da un grado di addensamento da basso a medio, con valori variabili tra 1.1 e 2.8 kg/cmq (si hanno resistenze maggiori nei livelli a maggior contenuto sabbioso) e  $N_{spt}$  pari a 23 colpi/30 cm;
- da 5 a 18 m e oltre: alternanza di marne argillose e arenarie a grana grossa; tali livelli si presentano estremamente consistenti, come evidenziato dal RIFIUTO sia al penetrometro tascabile sia alla prova SPT e assumono le caratteristiche di roccia tenera.

Da tale stratigrafia si può evincere che il movimento franoso in atto, caratterizzato da un meccanismo roto-traslato, è causato dallo scorrimento dei livelli superficiali alterati sul substrato marnoso-arenaceo compatto. Si può pertanto localizzare la superficie di scorrimento locale ad una profondità di 5 metri dal piano campagna, corrispondente al contatto tra il livello marnoso-argilloso con la coltre di alterazione sabbioso-argillosa superficiale.

## 7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DEPOSITI

Si fornisce, di seguito, una stima delle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dall'indagine geognostica.

La stima dei parametri geotecnici è effettuata in accordo al DM 14-01-2008, pertanto per tali parametri sarà fornito il valore caratteristico, su cui andranno applicati i relativi coefficienti di sicurezza in fase progettuale, come previsto dai Cap 6 e 7.11 della stessa norma.

La stima delle proprietà geotecniche è effettuata in accordo ai risultati delle prove penetrometriche ed all'analisi qualitativa dei depositi emersi dal campionamento.

Per gli strati individuati si fornisce una stima del livello di addensamento, dei parametri di resistenza  $\phi'$  e  $c'$ , in accordo al criterio di rottura di Mohr- Coulomb e dei parametri di deformabilità (modulo di Young  $E_k$  e coefficiente di Poisson  $\nu$ ).

I livelli rocciosi (marne, arenarie) sono caratterizzati mediante un range di valori di resistenza a compressione uni assiale ricavati dalla letteratura tecnica.

### 7.1 CORRELAZIONI EMPIRICHE UTILIZZATE

#### DENSITÀ RELATIVA

Si fa riferimento alle correlazioni di Terzaghi e Peck (1948-1967), riassumibili in Tabella 1.

Nspt	Dr (%)		Nspt	Dr (%)
5	18		55	87
10	35		60	89
15	43		65	91
20	50		70	93
25	58		75	94
30	65		80	96
35	70		85	98
40	75		90	100
45	80		95	100
50	85		100	100

Tabella 1. Correlazioni Nspt-Dr (Terzaghi e Peck).

Gli stessi Autori propongono un'analogia classificazione maggiormente "qualitativa":

Nspt = 0 - 4 sabbia MOLTO SCIOLTA

Nspt = 4 - 10 sabbia SCIOLTA

Nspt = 10 - 30 sabbia MEDIAMENTE ADDENSATA

Nspt = 30 - 50 sabbia ADDENSATA

Nspt > 50 sabbia MOLTO ADDENSATA

### ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO (“ANGOLO DI ATTRITO INTERNO”)

Si fa riferimento alla correlazione diretta Nspt- $\phi'$  di Peck-Hanson-Thorbourm (1953-1974), riassumibile in Tabella 2.

Nspt	$\phi'$		Nspt	$\phi'$
5	28.0		55	41.8
10	30.0		60	42.5
15	31.5		65	43.3
20	33.0		70	44.0
25	34.5		75	44.3
30	36.0		80	44.5
35	37.3		85	44.8
40	38.5		90	45.0
45	39.8		95	45.0
50	41.0		100	45.0

Tabella 2. Correlazioni Nspt- $\phi'$  (Peck-Hanson-Thorbourm).

### COESIONE

Per i terreni granulari in oggetto la percentuale di fine risulta trascurabile, pertanto per tali depositi si è considerata cautelativamente una coesione nulla.

### MODULO DI DEFORMAZIONE

Il modulo di deformazione in condizioni drenate  $E'$  risulta di più difficile determinazione, in quanto, oltre alla tessitura granulometrica ed al livello di addensamento, dipende in modo sostanziale dalla storia geologica dei depositi (processi tensionali, fenomeni di sovraconsolidazione).

$E'$  possibile tuttavia fare riferimento ad una delle più affidabili correlazioni di letteratura  $E'$ -Nspt, elaborata da D'Appolonia et al. (1970), la quale esprime:

$$E' = a + b \cdot Nspt \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

in cui a e b sono due costanti sperimentali variabili rispettivamente tra 216 e 540 e tra 10.6 e 13.5, in funzione del grado di sovraconsolidazione. In Tabella 3 si riporta tale correlazione in forma tabellare.

SABBIE e GHIAIE N.C. (normalmente consolidate)				SABBIE S.C. (sovra consolidate)			
Nspt	E' (kg/cm <sup>2</sup> )	Nspt	E' (kg/cm <sup>2</sup> )	Nspt	E' (kg/cm <sup>2</sup> )	Nspt	E' (kg/cm <sup>2</sup> )
5	229.8	55	615.3	5	428.5	55	960.5
10	268.4	60	653.9	10	481.7	60	1013.7
15	306.9	65	692.4	15	534.9	65	1066.9
20	345.5	70	731.0	20	588.1	70	1120.1
25	384.0	75	769.5	25	641.3	75	1173.3
30	422.6	80	808.1	30	694.5	80	1226.5
35	461.1	85	846.6	35	747.7	85	1279.7
40	499.7	90	885.2	40	800.9	90	1332.9
45	538.2	95	923.7	45	854.1	95	1386.1
50	576.8	100	962.3	50	907.3	100	1439.3

Tabella 3. Correlazione di D'Appolonia E'-Nspt

#### PESO DI VOLUME

Si riporta in forma tabellare (Tabella 4) la correlazione di Terzaghi e Peck (1948-1968) per la stima del peso di volume secco  $\gamma_d$  e saturo  $\gamma_{sat}$  (t/mc) a partire dal dato Nspt, per terreni a prevalenza granulare.

Nspt	Ysat	Yd	Nspt	Ysat	Yd
0	1.83	1.33	50	2.15	1.85
5	1.88	1.41	55	2.16	1.87
10	1.93	1.50	60	2.17	1.88
15	1.96	1.54	65	2.18	1.90
20	1.99	1.59	70	2.19	1.92
25	2.02	1.64	75	2.20	1.93
30	2.05	1.69	80	2.21	1.95
35	2.08	1.73	85	2.23	1.97
40	2.10	1.77	90	2.24	1.99
45	2.13	1.81	95	2.24	1.99

Tabella 4. Correlazione di Terzaghi e Peck tra Nspt e peso di volume per terreni granulari.

## 7.2 MODELLO GEOTECNICO

Sulla base delle precedenti correlazioni empiriche e dei range dei parametri geomeccanici noti dalla letteratura tecnica, è stato possibile ipotizzare un modello geotecnico valido per l'area indagata dal sondaggio geognostico:

- da 0 a -1.60 m: **TERRENO DI RIPORTO**

Nspt=12 colpi/30cm

DR=30-40% (DEPOSITI SCIOLTI)

$\varphi'_k=28-30^\circ$ ,  $c'_k=0$

$E'=200-250 \text{ daN/cm}^2$

$\gamma_d= 1.5-1.6 \text{ t/mc}$ ,  $\gamma_{\text{sat}}=1.8-1.9 \text{ t/mc}$

- da -1.60 a -5 m: **COLTRE DI ALTERAZIONE SABBIOSO-ARGILLOSA**

Nspt=23 colpi/30cm

DR=50-60% (DEPOSITI DA POCO A MEDIAMENTE ADDENSATI)

$\varphi'_k=32-33^\circ$ ,  $c'_k=0$

$E'=300-350 \text{ daN/cm}^2$

$\gamma_d= 1.6-1.7 \text{ t/mc}$ ,  $\gamma_{\text{sat}}=1.95-2.0 \text{ t/mc}$

- da 5 a 18 m e oltre: **MARNE E ARENARIE COMPATTE**

valori tipici della resistenza a compressione monoassiale e peso di volume:

$\sigma_c > 200-300 \text{ daN/cm}^2$  (marne),  $\gamma=2.2-2.5 \text{ t/mc}$

$\sigma_c > 300-600 \text{ daN/cm}^2$  (arenarie),  $\gamma=2.2-2.4 \text{ t/mc}$

# COMUNE DI TORINO – STRADA COMUNALE SUPERIORE VAL SAN MARTINO n.239

Inquadramento geografico (CTR e foto aerea)



Tratto di strada oggetto di indagine



	Relazione 2431/13
	Revisione Bozza
Committente -----	Data Maggio 2013
Sito: Comune di Torino	Figura 1

COMUNE DI TORINO – STRADA COMUNALE SUPERIORE VAL SAN MARTINO n.239

Inquadramento geologico generale



Stralcio della  
Carta Geologica  
d'Italia

1:100.000

Foglio 56– Torino

Fonte: [www.apat.gov.it](http://www.apat.gov.it)

(non in scala)

Area d'indagine



**COMPLESSO DI TERMO FORA'** : alternanza di silt e calcari marnoso – silicei (LANGHIANO inf. – BURDIGALIANO sup.); sabbie , conglomerati, siltiti marnose e intercalazioni arenacee (BURDIGALIANO).

Siltiti, sabbie e conglomerati (AQUITANIANO sup.)

**MARNE A PTEROPODI INFERIORI** : alternanza di calcari marnosi in strati decimetrici e si siltiti subordinate (AQUITANIANO)

**FORMAZIONE DI ANTONIOLA** : potente serie costituita da alternanza di livelli siltoso – argillosi ed arenaceo – conglomeratici (AQUITANIANO – CATTIANO)

	Relazione 2431/13
	Revisione Bozza
Committente -----	Data Maggio 2013
Sito: Comune di Torino	Figura 2

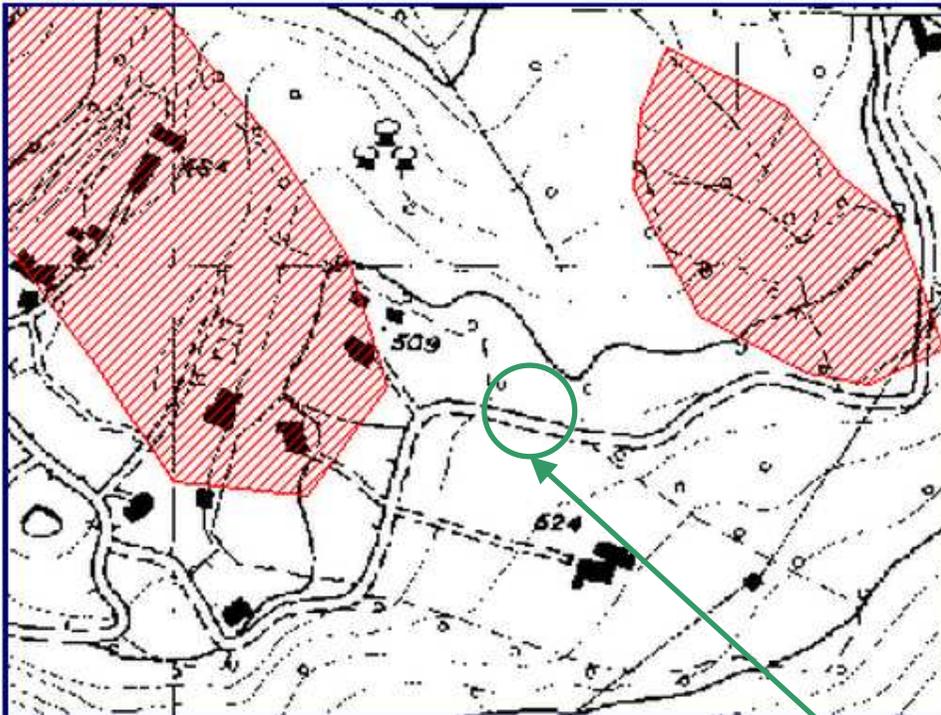
# COMUNE DI TORINO – STRADA COMUNALE SUPERIORE VAL SAN MARTINO n.239

Pericolosità geomorfologica

## Estratto del PAI

(scala grafica)

Fonte: [www.adbpo.it](http://www.adbpo.it)

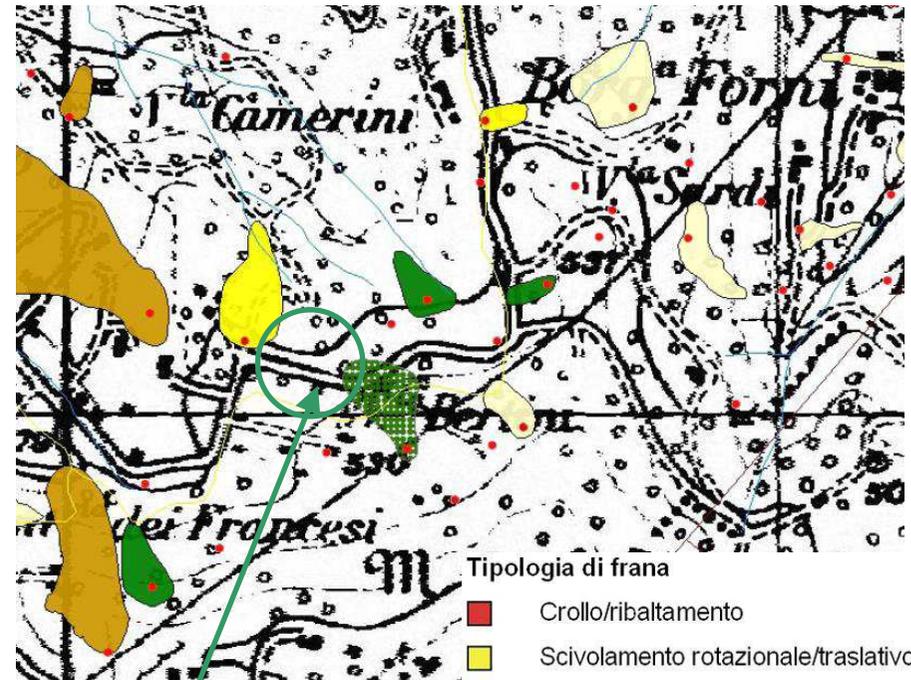


Aree di frana attiva

## Estratto carta IFFI-SIFRAP

(scala grafica)

Fonte: [www.webgis.arpa.piemonte.it](http://www.webgis.arpa.piemonte.it)



### Tipologia di frana

-  Crollo/ribaltamento
-  Scivolamento rotazionale/traslativo
-  Espansione
-  Colamento lento
-  Colamento rapido
-  Sprofondamento
-  Complesso

Area in esame

	Relazione 2431/13
	Revisione Bozza
Committente -----	Data Maggio 2013
Sito: Comune di Torino	Figura 3



# CITTA' DI TORINO

DIREZIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ



Indagine frana Strada Val San Martino Superiore civico 384

## RELAZIONE ILLUSTRATIVA INDAGINE GEOFISICA



### Protocollo

2013/SP 03 Strada Val San MartinoTorino

**DATA: 26/06/13**

**REVISIONI: 00**

**Redatto da: Dott. Geol.  
Emmanuele Duò**

**Controllato da: Dott.  
Geol. Mario Naldi**

### **GEOLAB S.R.L.**

*CORSO GALILEO FERRARIS, 160  
10134 TORINO*

*CAPITALE SOCIALE € 40.000,00*

*INFO@GEO-LAB.EU*

*WWW.GEO-LAB.EU*

---

1. INTRODUZIONE .....	2
2. UBICAZIONE INDAGINE E MODALITÀ DI ACQUISIZIONE DATI .....	2
3. MODALITÀ OPERATIVE .....	3
ACQUISIZIONE DATI .....	3
RICEZIONE DEL SEGNALE .....	3
ELABORAZIONE DATI .....	3
4. RISULTATI DELLE INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE.....	4

**In allegato:**

Appendice A Cenni sulla metodologia sismica a rifrazione

**Figure:**

- Figura 1 Ubicazione indagine geofisica  
Figura 2 Risultati indagini sismiche a rifrazione  
Figura 3 Documentazione fotografica

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive le indagini sismiche (metodologia sismica a rifrazione) eseguite lungo la Strada Comunale Superiore Val San Martino, in corrispondenza del civico 384, nel territorio comunale di Torino.

L'indagine è finalizzata alla definizione delle caratteristiche sismostratigrafiche di un tratto del suddetto asse viario interessato da fenomeni di dissesto incipiente. Le onde sismiche infatti consentono di esaminare la densità del sottosuolo e di stimare le caratteristiche geotecniche dei terreni al fine di supportare la progettazione di interventi atti a migliorare le condizioni di stabilità delle infrastrutture.

Il piano di indagini ha previsto il tracciamento di uno stendimento sismico a rifrazione. Per l'assenza di punti di riferimento, il posizionamento delle prove è stato effettuato mediante il tracciamento in sito dei punti GPS; l'ubicazione è riportata nella Figura 1.

I risultati delle indagini sono illustrati nelle Figura 2 in allegato al testo, e commentati nelle pagine seguenti.

La descrizione della metodologia di indagine (teoria delle indagini sismiche a rifrazione) è riportata in Appendice A.

## 2. UBICAZIONE INDAGINE E MODALITÀ DI ACQUISIZIONE DATI

Come accennato nel capitolo introduttivo è stato realizzato uno stendimento sismico a rifrazione a 24 canali con equidistanza 3 metri: lo stendimento (le cui coordinate di inizio e fine sono riportate nella tabella 1, di seguito riportata) è stato tracciato parallelamente all'asse stradale.

Linea SIS 1	Lat.	Long.
Coordinata G1	45° 2'46.48"N	7°43'59.46"E
Coordinata G24	45° 2'46.15"N	7°44'2.61"E

Tabella 1: Coordinate stendimento SIS1

### 3. MODALITÀ OPERATIVE

#### ACQUISIZIONE DATI

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sistema multicanale dotato di un convertitore analogico digitale a 24 bit (unità Daq Link III, prodotto da Seismic Source Ltd. - USA). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con il computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope® v.2.2.87) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

#### RICEZIONE DEL SEGNALE

Per l'indagine di sismica a rifrazione si sono utilizzati 24 geofoni con frequenza centrata di 40 Hz: l'acquisizione dei dati è stata eseguita generando gli impulsi sismici su 9 basi di energizzazione omogeneamente distribuite lungo lo stendimento.

L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 10 Kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla massa battente e connesso via cavo al sismografo.

#### ELABORAZIONE DATI

Per l'elaborazione dei dati sismici a rifrazione si è proceduto al riconoscimento e raccolta dei dati dei primi arrivi (software REFLEXW, Sandmeier software). Successivamente, le onde di primo arrivo sono state elaborate con il metodo GRM (general reciprocal method) accoppiato ad una inversione tomografica su una griglia di nodi equispaziati per una modellazione della distribuzione delle velocità delle onde di compressione nel sottosuolo (software RAYFRACT™, della Intelligent Resources Inc. (Canada). Tale metodo (inversione tomografica) consente (con un sufficiente numero di scoppi) di individuare anche eventuali inversioni di velocità (che costituiscono il limite della prospezione sismica a rifrazione).

#### 4. RISULTATI DELLE INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

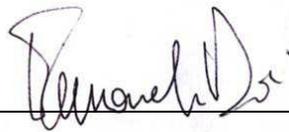
I risultati delle indagini sismiche sono riportati nella Figura 2 in allegato.

L'analisi della sezione tomografica A-B evidenzia, tra le progressive 10÷50 metri, un forte gradiente di velocità, posizionato in profondità tra le quote 4÷6 m, sottolineato anche dalla sezione in densità di raggi sismici (figura 2).

Nel complesso il modello stratigrafico osservato evidenzia deboli spessori (5÷6 metri in media) di materiali poco addensati poggianti su un substrato caratterizzato da buone caratteristiche di densità. Si rileva una netta disomogeneità, in corrispondenza delle progressive 48÷51 metri, nella geometria dei sismostrati; si può ipotizzare per tale motivo la presenza di una discontinuità tra i materiali la cui stabilità è garantita anche dal muro in calcestruzzo presente al bordo strada ed i materiali presenti in corrispondenza dell'avvallamento della sede stradale. Questi ultimi potrebbero presentare uno stato di equilibrio precario a causa della mancanza di un contenimento verso valle e a causa della saturazione operata dalle acque meteoriche.

Relazione redatta da:

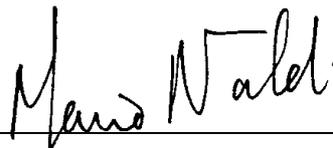
Dott. Geol. Emmanuele Duò



---

Controllata da:

Dott. Geol. Mario Naldi



---

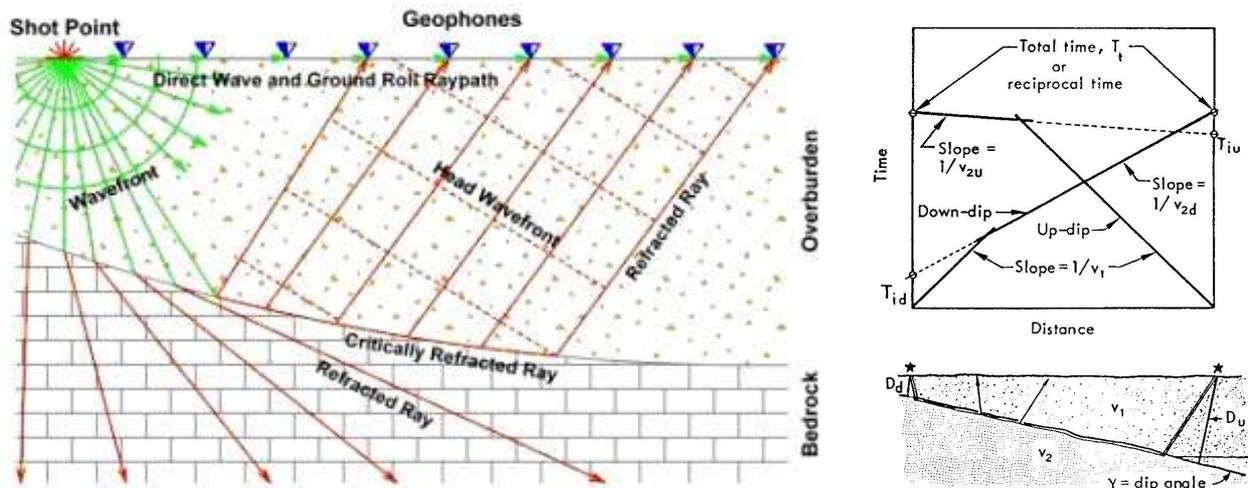
**APPENDICE A**  
**Cenni sulla metodologia Sismica**  
**a Rifrazione**

## CENNI TEORICI SULLE INDAGINI GEOSISMICHE A RIFRAZIONE

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

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

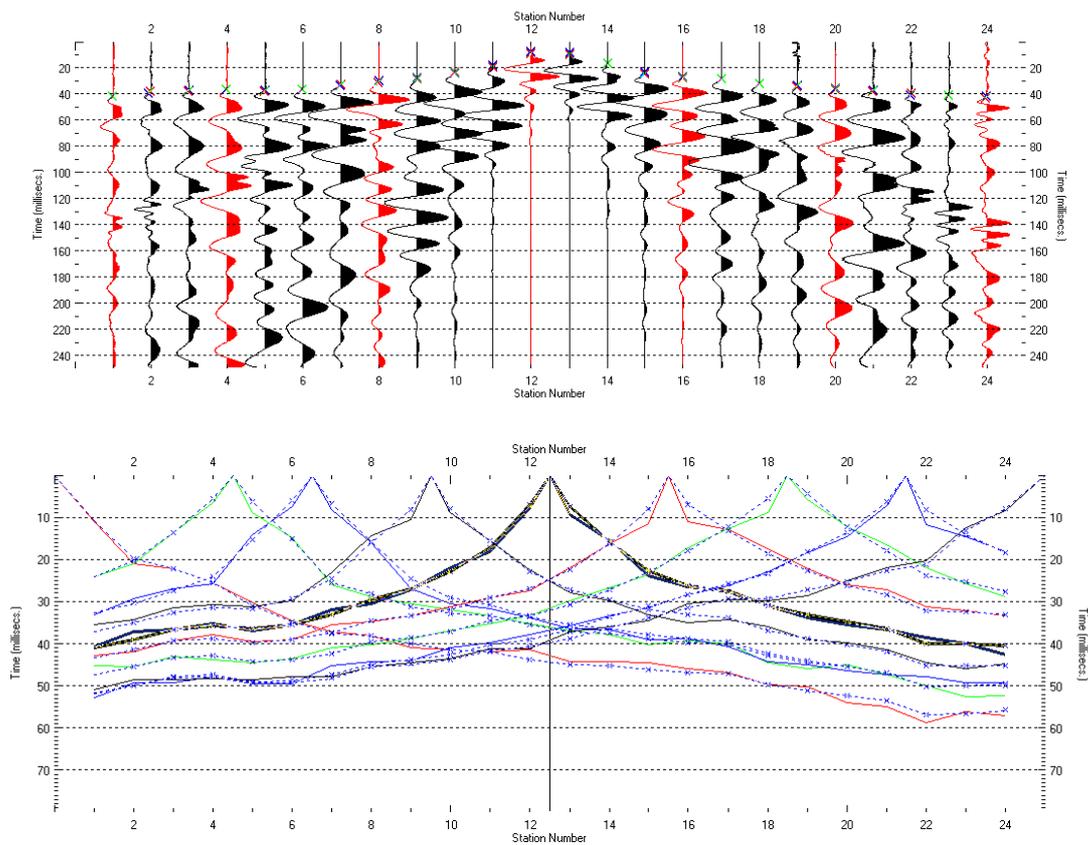
L'effetto di queste onde è la formazione di vibrazioni che vengono captate da sensori posti sulla superficie, generalmente elettromagnetici, in grado di trasformare la sollecitazione meccanica, che subisce la massa mobile del magnete, in un segnale elettrico che, debitamente amplificato, viene riprodotto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



**Figura 1 – Modello di propagazione dei fronti d'onda nei raggi rifratti.**

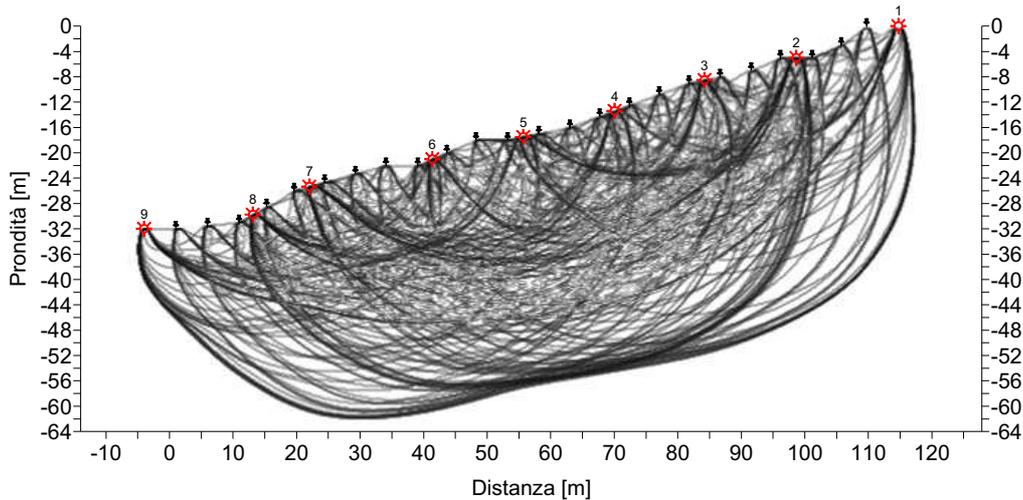
Con i tempi di percorso rilevati mediante i geofoni e le distanze degli stessi dai punti di energizzazione si tracciano dei diagrammi tempi-distanze (dromocrone) che permettono di calcolare sia la velocità di propagazione delle onde di compressione P, sia la profondità e lo spessore dei terreni che sono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

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



**Figura 2 – Sismogramma e dromocrone**

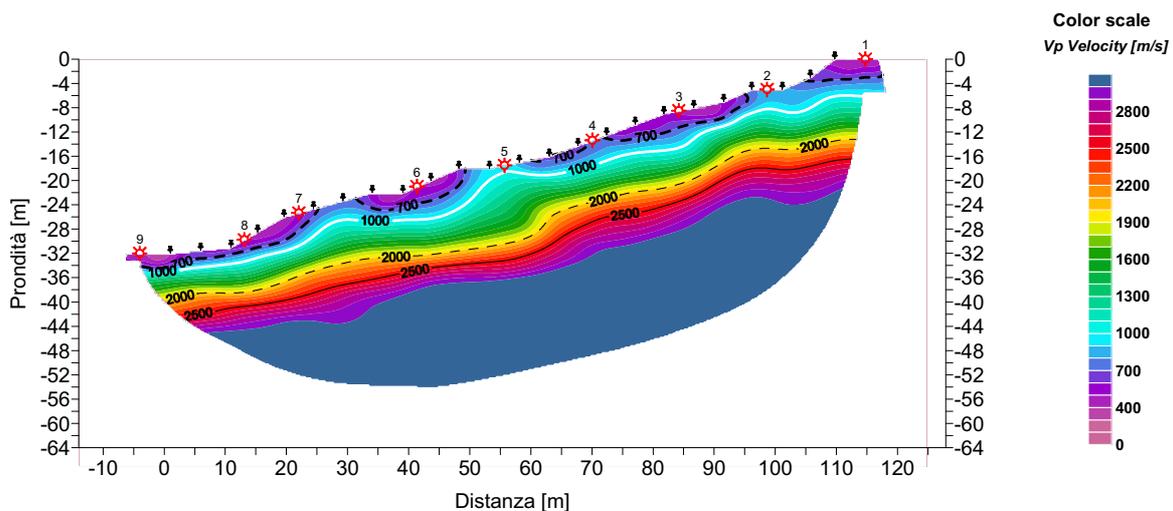
Dall'analisi delle dromocrone è possibile definire il numero dei sismostrati presenti nel sottosuolo (ovviamente per la finestra temporale adottata che è funzione della lunghezza dello stendimento e della quantità di energia utilizzata). E' importante sottolineare che la sismica a rifrazione funziona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



**Figura 3 – Copertura raggi sismici**

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

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

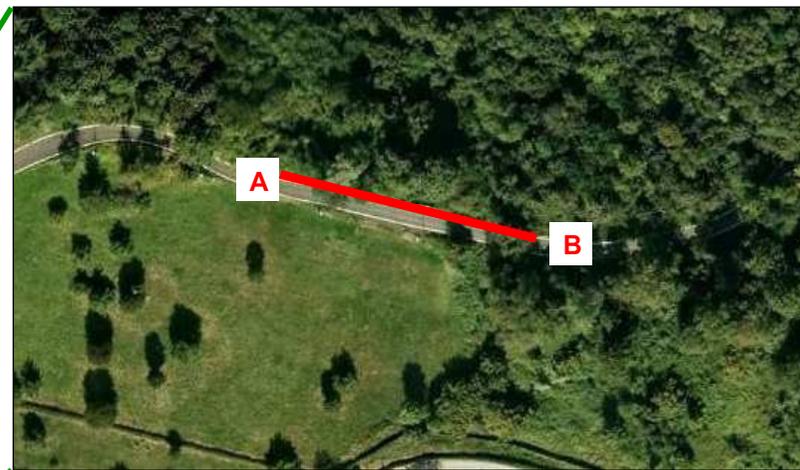
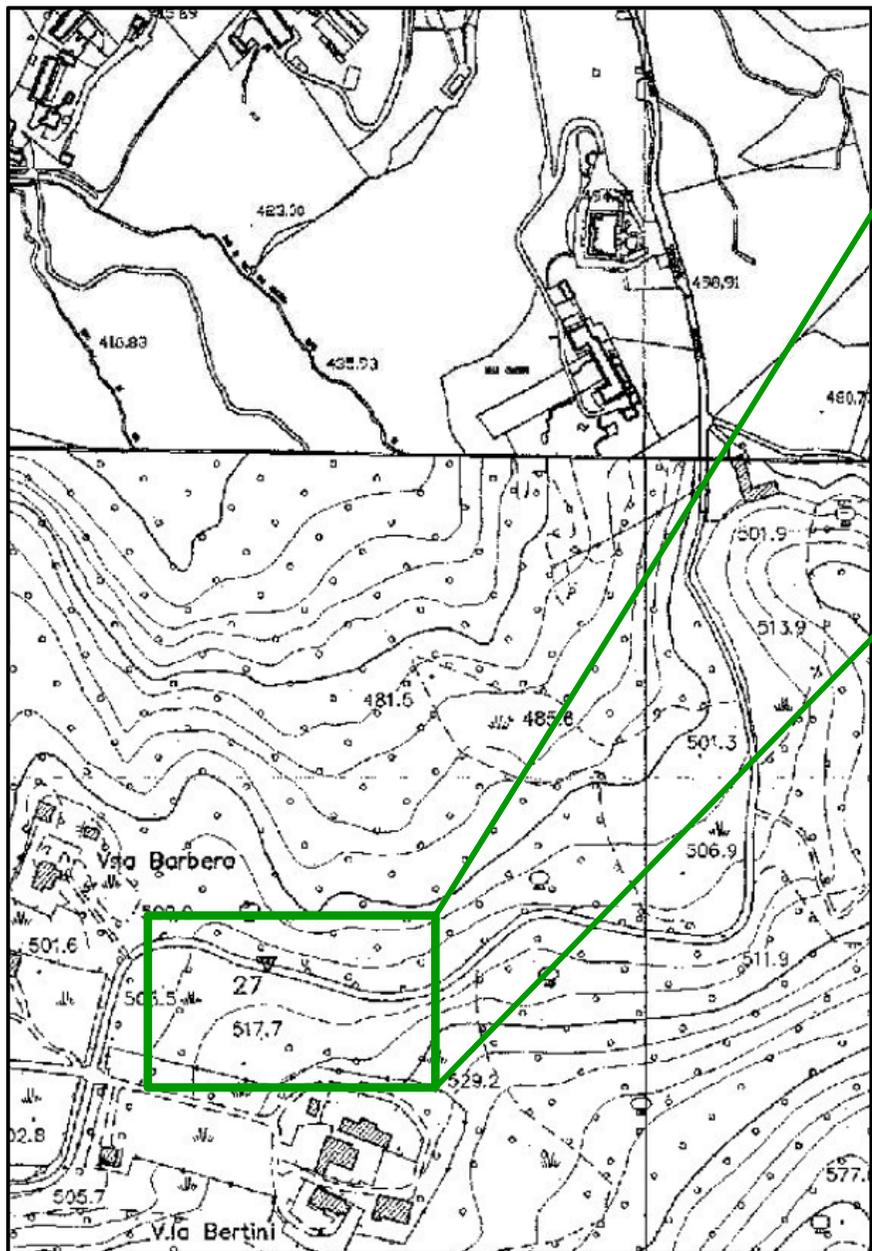


**Figura 4 – Modello tomografico della distribuzione delle onde di compressione Vp in m/s**

## FIGURE

## COMUNE DI TORINO – STRADA COMUNALE SUPERIORE VAL SAN MARTINO 384

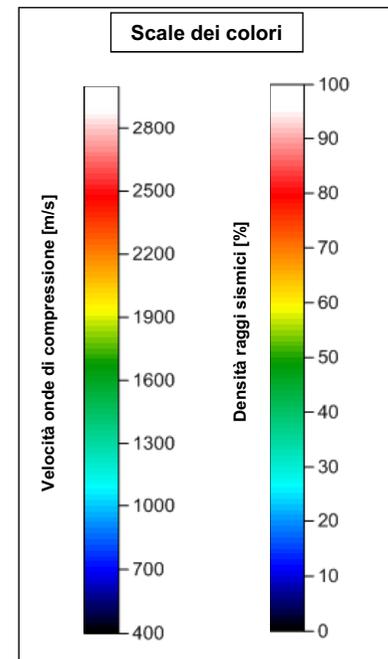
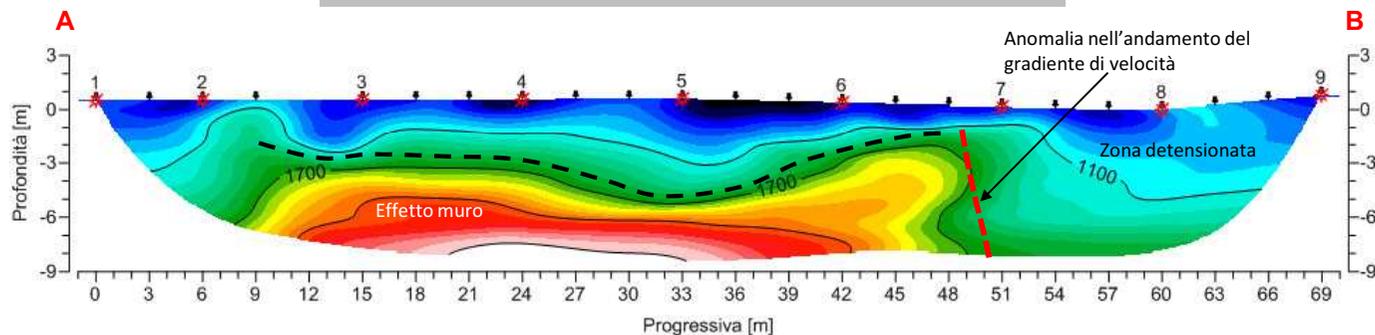
Indagini sismiche per la caratterizzazione stratigrafica – Sistemazione viabilità in dissesto – Ubicazione indagini



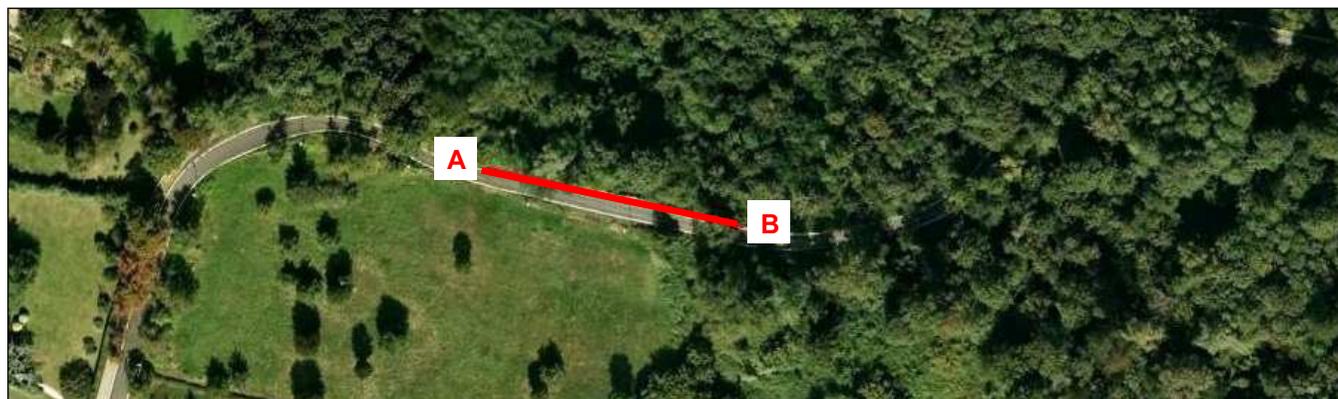
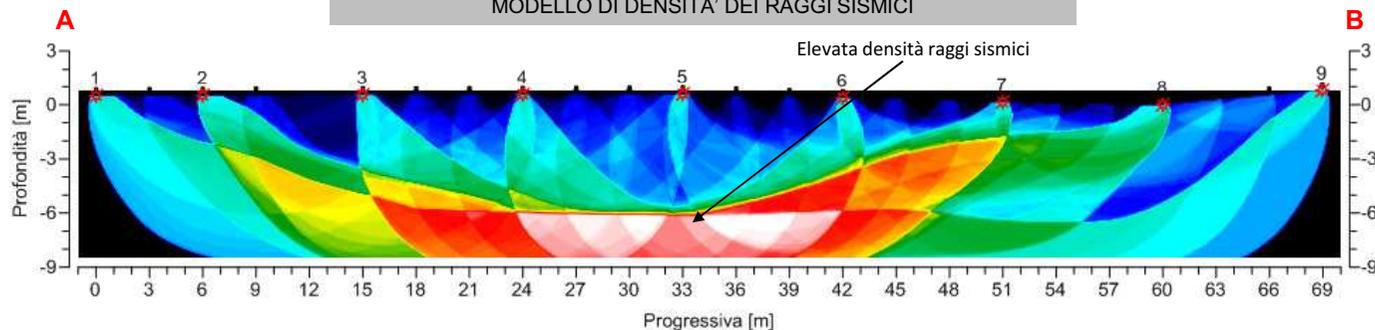
Linea SIS A-B	Lat.	Long.
Coordinata A	45° 2'46.48"N	7°43'59.46"E
Coordinata B	45° 2'46.15"N	7°44'2.61"E

**COMUNE DI TORINO – STRADA COMUNALE SUPERIORE VAL SAN MARTINO, 384**  
 Indagini sismiche per la caratterizzazione stratigrafica – Sistemazione viabilità in dissesto

MODELLO TOMOGRAFICO DI VELOCITA' - ONDE DI COMPRESSIONE



MODELLO DI DENSITA' DEI RAGGI SISMICI



**COMUNE DI TORINO – STRADA COMUNALE SUPERIORE VAL SAN MARTINO 384**  
Indagini sismiche per la caratterizzazione stratigrafica – Documentazione fotografica

