

LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

REVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE – REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO
CUP C11J05000030001

APPROFONDIMENTI PROGETTUALI

APPROFONDIMENTI PER OSSERVAZIONI REGIONE PIEMONTE
Riscontro Osservazione n. 8 (rif. lettera prot. n. CTVA-2014-0812 del 06/03/2014)

SITI DI DEPOSITO LATO ITALIA TORRAZZA

Relazione geotecnica del sito

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	23/05/2014	Première diffusion / Prima emissione	G. AIROLDI D. GRANDIS (SEA)	A. DEMATTEIS. V. GRISOGLIO	L.CHANTRON C. OGNIBENE
A	10/06/2014	Révision suite aux commentaires LTF / Revisione a seguito commenti LTF	G. AIROLDI D. GRANDIS (SEA)	A. DEMATTEIS V. GRISOGLIO	L. CHANTRON C. OGNIBENE

Technimont
Civil Construction
Dot. Ing. Carlo Ognibene
Ordine Ingegneri Prov. TO n. 8988 T

Technimont
Civil Construction
Ing. Francesco Magnorfi
Prov. TO n. 8231 J



CODE DOC	P	D	2	C	3	B	T	S	3	2	0	5	3	A
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice		

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	C3B	//	//	30	03	94	10	02
------------------------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

ECHELLE / SCALA
-



LTF sas – 1091 Avenue de la Boisse – BP 80631 – F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)
Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75
RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952
Propriété LTF Tous droits réservés – Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

Ce projet
est cofinancé par
l'Union européenne
(DG-TREN)



Questo progetto
è cofinanziato
dall'Unione europea
(TEN-T)

SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO	3
1. INTRODUZIONE	9
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	10
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	12
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	18
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	20
6. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	24
6.1 Metodo indiretto: combinazione Gibbs&Holtz + Schmertmann	27
6.2 Metodo diretto – Owasaki e Iwasaki	27
6.3 Metodo diretto – Peck-Hanson e Thornburn	28
6.4 Metodo diretto – Japanese National Railway	28
7. CRITERI DI DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA DEL CUMULO	33
8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI	35
9. VERIFICA DELLA STABILITÀ DEL CUMULO	36
9.1 Analisi di stabilità	37
10. VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE	40
11. DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI GESTIONE DELLE ACQUE PIOVANE	41
11.1 Analisi idrologica	42
11.2 Calcolo delle portate di progetto	43
11.3 Verifica delle sezioni delle canalette in condizioni di moto uniforme	43
11.3.1 Canalette perimetrali	43
11.3.2 Canaletta lungo la berma intermedia	45
11.3.3 Sistema di scarico delle acque	46
12. CONCLUSIONI	47
13. BIBLIOGRAFIA	50
14. ALLEGATO 1	51
15. ALLEGATO 2 RAPPORTO GEOFISICO INDAGINI MASW	53

RESUME/RIASSUNTO

Ce rapport présente le projet de réhabilitation environnemental de la carrière de Torrazza (localité Cascina Goretta). La carrière est de propriété de la société COGEFA srl.

Le projet de réhabilitation environnemental fait partie du plan de gestion des matériaux d'excavation (rif. PD2C3BTS32009) que sont générées par la réalisation de la NLTL. Le site de Torrazza est un site de destination ou seront stockés définitivement 1.220.040 t (correspondent a 610.020 m³) de matériaux d'excavation C13a et une partie du surplus de C12 qui ne peuvent être utilisés pour la réalisation des ouvrages du projet. Le document a été rédigé en prenant en considération les prescriptions de la délibération CIPE du 03/08/2011.

Le site de la carrière de Torrazza se trouve dans le secteur septentrionale du territoire de la commune de Torrazza P.te, et pour une petite partie dans le territoire de la commune de Rondissone (TO) à l'est de fleuve Dora Baltea.

Le site est située a un distance de 82 m de l'aire technique de la plaine de Susa. La distance est calculée sur la base du chemin de fer, parce que le site pouvant être atteint par train, avec la réalisation d'une connexion ferroviaire avec la ligne historique TO-MI.

L'aire ou se trouve le site correspond à une partie de la surface sommitale du cône fluvio-glacial qui se départ de l'amphithéâtre morainique de Ivrea et pousse vers sud jusqu'à le cours du fleuve Po. Les terrains de l'aire de projet sont représentés par des gravières et galets avec intercalations sableuses-limeuses.

La bande périfluviale de la Dora Baltea est réglée par le PAI (*Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*) du bassin du fleuve Po. L'aire de la carrière est voisine au limite d'une aire avec danger de crue moyenne modéré (Em), mais se maintien à l'extérieure

Il presente documento è redatto al fine di presentare il progetto del recupero ambientale della cava sita in località Cascina Goretta, nel comune di Torrazza Piemonte (TO). La cava è di proprietà della società COGEFA Spa.

L'intervento di recupero ambientale si inserisce nel più ampio quadro del Piano di Utilizzo dei materiali di scavo (rif. PD2C3BTS32009) derivanti dai lavori di realizzazione della NLTL. In quest'ottica il sito in esame costituisce un **sito di destinazione**, presso il quale saranno destinate circa 1.220.040 t (corrispondenti a circa 610.020 m³) di materiale di scavo C13a e una parte del surplus di C12 che non trova utilizzo diretto nelle opere in progetto. Il documento è redatto anche in considerazione delle prescrizioni n. 9, n. 11 e n. 209, della delibera CIPE del 3/08/2011.

Il sito oggetto di studio interessa un'area ubicata nel settore settentrionale del territorio del Comune di Torrazza Piemonte (TO) e, in minima parte, nel limitrofo territorio comunale di Rondissone (TO), a est del fiume Dora Baltea. Il sito dista circa 82 km dall'Area Tecnica della Piana di Susa. La distanza è calcolata considerando la sola rete ferroviaria, in quanto il sito è raggiungibile da Susa via treno, con la realizzazione di una breve connessione ferroviaria alla linea storica TO-MI.

La pianura nella quale sorge il sito oggetto di studio corrisponde ad un lembo della superficie sommitale del conoide fluvio-glaciale che si diparte dall'Anfiteatro Morenico di Ivrea, spingendosi verso sud sino al corso del Po. I terreni dell'area di progetto sono rappresentati da ghiaie e ciottoli con intercalazioni sabbiose-limose.

L'area soggetta ai processi fluviali della Dora Baltea è normata dai vincoli definiti dal PAI del bacino del fiume Po. L'area di cava, pur essendo prossima ad un'area ad esondazione a pericolosità media o moderata (Em) cartografata dal PAI, risulta non ricadere

des bandes fluviales du Dora Baltea.

Pour ce que concerne le contexte hydrogéologique locale ils ont été reconnus le *Complexe Superficiel* (dépôts graveleux-sableux, avec intercalations limeuses-argileuses, à extension limitée), ou se retrouve un nappe libre. Ce complexe est suivi par le *Complexe Villafranchiano* (matériaux d'environnement fluvial-lacustre et paludéen, *Villafranchiano auct.*, représenté par une alternance de niveaux imperméables, limoneux-argileux, et niveaux avec un bonne perméabilité, graveleux-sableux), ou se retrouvent des nappes confinées alimentées par circuits hydriques profonds, organisés à niveau régionale. l'épaisseur estimée du *Complexe Superficiel* est de 50 m environ. La direction de débit de la nappe souterraine est vers SE, avec drainage des eaux par le fleuve Dora Baltea. Le niveaux de la nappe en comparaison des cotes de l'aire de la carrière est à 10 m de profondeur du plain de campagne.

Pour permettre une optimisation en termes de volumes de matériel à destiner et de réhabilitation environnementale, la géométrie du dépôt a été définie sur la base des critères suivantes :

- Caractéristiques morphologiques du site ;
- Distribution des installations existantes ;
- Distribution des secteurs de valeur naturaliste ;
- Configuration du projet du pôle logistique intermodale comme transmis par COGEFA spa pendant Juillet 2012.

Sur la base des résultats de l'étude sur les conditions du site avant de l'existence de la carrière a été définie l'aire d'occupation du dépôt en projet. La limite du dépôt a été définie aussi en sa manière de n'interférer pas avec la disposition des structures existantes et les aires de valeur naturaliste. Autre élément

all'interno delle fasce fluviali o di altri dissesti areali.

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico, per l'area di progetto sono riconosciuti il *Complesso Superficiale* (depositi a granulometria ghiaioso-sabbiosa, con subordinate intercalazioni limoso-argillose, in genere di limitata estensione), che ospita una falda libera, a cui seguono in materiali del *Complesso Villafranchiano* (materiale di ambiente fluvio-lacustre e palustre, "Villafranchiano" auct., rappresentato da un'alternanza di livelli impermeabili, limoso-argillosi, e di livelli dotati di buona permeabilità, ghiaioso-sabbiosi), che a sua volta può ospitare falde idriche confinate, alimentate da circuiti idrogeologici profondi che si organizzano su scala regionale. Per l'area di progetto lo spessore stimato del *Complesso Superficiale* è di circa 50 m. Il deflusso della falda libera è verso SE con drenaggio da parte del fiume Dora Baltea. Rispetto alle attuali quote del piano di coltivazione (mediamente posto a 185 m s.l.m.) la soggiacenza della falda è di circa 10 m dal piano campagna.

La scelta della geometria del cumulo è basata sui seguenti fattori:

- contesto geomorfologico dell'area;
- distribuzione degli impianti operanti presso l'area di cava;
- individuazione nel corso dei sopralluoghi di aree di pregio naturalistico
- layout del progetto del polo logistico intermodale come trasmesso da COGEFA Spa nel mese di luglio 2012.

Sulla base del censimento degli elementi considerati nella definizione della geometria del cumulo, sono state individuate le aree che non interferiscono con le strutture esistenti, o in progetto, o con le aree di pregio naturalistico. Altro elemento guida nella definizione della geometria è il volume da

guide pour la définition de la géométrie du cumul est le volume des matériaux qui seront transférés au site, qui est d'environ 610.020 m³. Le volume du dépôt est quant à lui d'environ 850.000 m³. La différence entre les deux volumes (environ 240.000 m³) est prévue pour gérer d'éventuelles variations du processus de gestion des matériaux pendant les travaux.

Du point de vue sismique, ces dépôts peuvent être classifiés dans la catégorie de sol B, basée sur la mesure du paramètre V_{S30} (382-387 m/s) aux endroits du site de chantier. D'un approche de précaution, une catégorie de sous-sol de type C a été considérée pour la détermination des paramètres sismiques du site à adopter dans les vérifications de stabilité.

Les vérifications de stabilité ont été conduites le long de trois sections indiqués dans le plan du projet PD2C3BTS30047. Les vérifications ont été conduites suivant le DM 14/01/2008, considérant l'action sismique exprimé à travers le paramètres suivantes : K_h (0,012) e K_v (0,006). Les vérifications ont été conduites en accord avec l'approche 1, combinaison 2 (A2+M2+R2) (§ 6.8.2 des NTC, DN 14/01/2008).

Le talus est stable si les coefficients de sécurités sont supérieures à 1,1. La caractérisation géotechnique des terrains est la suivante :

- dépôts fluvio-glaciaires : $\varphi = 33^\circ$;
 $c = 0 \text{ kN/m}^2$; $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$;
- dépôt : $\varphi = 30^\circ$; $c' = 0$;
 $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$.

Les paramètres adoptés pour le matériaux du cumul ont été définis considérant la composition moyenne du matériel d'excavation qui serait constitué par matériaux appartenant à la classe CI3a (58 %) et à la classe CI2 (42 %). Sur la base de données de littérature (Jamiolkowski & Pasqualini, 1976) ont été définis le paramètres proposés. Les résultats des vérifications de stabilité sont résumés dans le tableau suivant, où le facteurs de sécurité les plus bas pour

trasferire nel sito di destinazione, che risulta essere di circa 610.020 m³. Il volume del cumulo progettato in base ai criteri definiti è di circa 850.000 m³. La differenza tra i due volumi (circa 240.000 m³) è mantenuta al fine di garantire un margine di sicurezza atto a gestire eventuali variazioni nel processo di utilizzo dei materiali di scavo in fase realizzativa.

Sismicamente, questi depositi sono classificabili come suolo di tipo B, sulla base della misurazione del parametro V_{S30} (382-387 m/s) in prossimità dell'area di cantiere. Cautelativamente, una categoria di sottosuolo di tipo C è stata assunta per la determinazione dei parametri sismici sito-specifici da adottare nelle verifiche di stabilità.

Le verifiche di stabilità del cumulo in progetto sono state condotte lungo tre sezioni indicate nell'allegata tavola progettuale PD2C3BTS30047. Le verifiche sono state condotte ai sensi del DM 14/01/2008, considerando l'azione sismica espressa attraverso i seguenti parametri: K_h (0,012) e K_v (0,006). Le verifiche di stabilità sono state condotte seguendo l'approccio 1, combinazione 2 (A2+M2+R2) (par. 6.8.2 delle N.T.C., DM 14/01/2008). Pertanto il pendio è stabile se i coefficienti di sicurezza sono superiori a 1,1. La caratterizzazione geotecnica dei materiali è la seguente:

- depositi fluvio-glaciali: $\varphi = 33^\circ$;
 $c = 0 \text{ kN/m}^2$; $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$;
- cumulo: $\varphi = 30^\circ$; $c' = 0$;
 $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$.

I parametri adottati per il cumulo in progetto sono definiti considerando la composizione media del marino in esubero, che sarà costituito da materiali appartenenti alla classe CI3a, mediamente in percentuale pari al 58% del totale, e alla classe CI2, con percentuale media del 42%. Sulla base dei dati di letteratura (Jamiolkowski & Pasqualini, 1976) sono stati pertanto assunti parametri geotecnici proposti. I risultati della verifica di stabilità sono riassunti nella tabella seguente, dove

chaque section examinée sont indiqués :

Section	Fs
AA'	1,217
BB'	1,221
CC'	1,185

Pour la vérification de la capacité portante du terrain sur le quel sera réalisé le dépôt et l'évaluation de la pression limite (q) en conditions dynamiques a été utilisée la formule de Hansen. Sur la base du DM 14/01/2008, pour le calcul de la capacité portante il a été adopté l'approche 2 (A1+M1+R3). Le niveau de la nappe a été considéré coïncidant avec le niveau du plan de campagne. L'inclinaison du plan de pose a été considéré égal à 0°. La pression admissible du terrain a été calculé considérant l'aire d'appui du dépôt sur l'esplanade à la base de la carrière qui mesure 90.500 m² environ. Les paramètres caractéristiques sont ceux-là définis pour les dépôt fluvial-glacial. Pour les calculs a été considéré un poids total du cumul évalué en 1.693.144 t, correspondant à 16.604.074 kN. Sur la base du DM 14/01/2008 (approche 2), appliquant à la pression limite un coefficient de sécurité de 2,3, la pression admissible est supérieur à celle générée par la charge appliquée.

Les ouvrages de drainage prévues sur la surface du dépôt, pour la gestion des eaux superficielles, sont distinguées en trois catégories :

- 1) caniveaux de drainage périphériques en roche moyennement travaillé : section trapézoïdale avec base mineur 0,66 m, base majeur 2 m, hauteur 1 m, inclinaison des appuis 56° ;
- 2) caniveaux de drainage le long les bermes, à la base des escarpements en roche moyennement travaillé : section rectangulaire avec base 1 m, hauteur 0,5 m ;
- 3) puits de laminage en béton placés à l'intersection des caniveaux périphériques avec ceux le long des risbermes ; hauteur 1,5 m, base cadrée

sono indicati i fattori di sicurezza più bassi per le sezioni in esame.

Sezione	Fs
AA'	1,217
BB'	1,221
CC'	1,185

Per la verifica della capacità portante del terreno su cui sarà realizzato il cumulo e la valutazione della pressione limite (ql) in condizioni dinamiche è stata utilizzata la formula di HANSEN. In base al D.M. 14/01/2008, per il calcolo della capacità portante è stato adottato l'approccio 2 (A1+M1+R3). La falda è stata considerata coincidente con il piano campagna. L'inclinazione del piano di posa è stata considerata pari a 0°. La pressione ammissibile dal terreno è stata verificata considerando l'area di appoggio del cumulo pari a circa 90.500 m². I parametri caratteristici del terreno di appoggio corrispondono a quelli definiti per i depositi fluvio-glaciali. Per i calcoli è stato considerato il peso complessivo del cumulo stimato in 1.693.144 t, corrispondenti a circa 16.604.074 kN. Ai sensi del D.M. 14/01/2008 (approccio 2), applicando alla pressione limite un coefficiente di sicurezza pari a 2,3, la pressione ammissibile è superiore a quella esercitata dal carico applicato.

Le opere di drenaggio previste lungo la superficie del cumulo, per la regimazione delle acque superficiali, sono distinte in tre categorie:

- 1) canalette di drenaggio perimetrali in roccia mediamente lavorata: sezione trapezoidale con base minore 0,66 m, base maggiore 2 m, altezza 1 m e inclinazione delle sponde 56°;
- 2) canalette di drenaggio lungo le bermes, alla base delle scarpate in roccia mediamente lavorata: sezione rettangolare con base 1 m, profondità 0,5 m;
- 3) pozzetti di laminazione in calcestruzzo posti all'intersezione tra le canalette perimetrali e quelle lungo le bermes: altezza 1,5 m, base quadrata di lato

de côté 2 m ;

- 4) bassin de décantation pour collecter les eaux des escarpements et tube à section circulaire en béton pour le rejet dans la *Roggia dei Molini*.

La définition des dimensionnes des ouvrage de gestion des eaux pluviales est organisé dans les phases suivantes :

- 1) analyse hydrologique pour l'aire de projet (Tr 20ans, Tr 100 ans, Tr 200 ans) ;
- 2) Calcul des débits maximaux de projet ;
- 3) Vérification en mouvement uniforme des section des ouvrages.

Pour prévenir la formation d'une nappe à l'intérieur du cumul sont prévus des drains horizontaux de 25 m de longueur. La topographie actuel du site est caractérisée par une pente vers SSW, avec un différence de hauteur entre les secteurs septentrionales et ceux méridionales de 4-5 m. Les caniveaux pariétales et cette le long les bermes drainent les eaux vers le borde S du cumul, en correspondance du puits de laminage qui se trouve au vertex SE.

L'analyse hydrologique a été conduite sur la base des indication de la « Directive sur la crue de projet à assumer pour le projet et les vérifications de compatibilité hydraulique » (Annex 1 du PAI). Sur la base des débits de projet calculés, les sectionnes des ouvrages indiquées sont vérifiées.

2 m.

- 4) vasca di sedimentazione per la raccolta delle acque del pendio e tubazione a sezione circolare in calcestruzzo per il recapito delle acque nel corpo idrico ricettore Roggia dei Molini.

Il dimensionamento delle opere di gestione delle acque piovane è articolato nelle seguenti fasi:

- 1) Analisi idrologica dell'area di progetto (Tr 20 anni, Tr 100 anni, Tr 200 anni);
- 2) Calcolo della portata massima di progetto;
- 3) Verifica in moto uniforme delle sezioni di deflusso delle opere di drenaggio e smaltimento acqua in progetto.

Per prevenire la formazione di una falda all'interno del cumulo è prevista la realizzazione di dreni sub-orizzontali posti alla base delle scarpate con lunghezza di circa 25 m. La topografia attuale dell'area è caratterizzata per una debole pendenza verso SSE, con un dislivello medio tra il settore N e quello S di circa 4-5 m. Le canalette perimetrali e quelle lungo le bermes drenano l'acqua verso il margine S del cumulo, in corrispondenza del pozzetto di laminazione posto al vertice SE.

L'analisi idrologica è condotta in accordo con le indicazioni della "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica" (Allegato 1 del PAI). Sulla base delle portate di progetto calcolate, le sezioni dei manufatti elencati in precedenza risultano verificate.

AVVERTENZA: In rosso sono riportate le modifiche apportate al documento consegnato in fase di progettazione definitiva (PD2_C3B_TS3_0046: Relazione geotecnica del sito), adottate per rispondere all'osservazione n. 8 della Regione Piemonte (rif. lettera prot. n. CTVA-2014-0812 del 06/03/2014):

oss. 8: *"La classificazione dei suoli dal punto di vista della risposta sismica deve essere basata sui dati delle prove sismiche alte a determinare direttamente il parametro V_{s30} , come previsto dal D.M. 14.1.2008, anziché sui dati delle prove penetrometriche standard; per le valutazioni di carattere geotecnico, vista la rilevanza dell'opera, si chiede di prendere in considerazione anche i valori caratteristici, anziché considerare i soli valori nominali desunti dalle prove geotecniche."*

I capitoli interessati dalle modifiche sono:

- cap. 6 Inquadramento geotecnico;
- cap. 8 Caratterizzazione sismica dei terreni;
- cap. 9 Verifica della stabilità del cumulo

e i relativi sottoparagrafi. E' stato aggiunto l'allegato 1.

1. Introduzione

Il presente documento è redatto al fine di presentare il progetto del recupero ambientale della cava sita in località Cascina Goretta, nel comune di Torrazza Piemonte (TO). La cava è di proprietà della società COGEFA Spa.

L'intervento di recupero ambientale si inserisce nel più ampio quadro del Piano di Utilizzo dei materiali di scavo (rif. **PD2C3BTSE32009**) derivanti dai lavori di realizzazione della NLT. In quest'ottica il sito in esame costituisce un **sito di destinazione** (art. 1, comma 1, lett. n del DM 161 del 10/08/2012), presso il quale sarà destinato il materiale di scavo che non trova utilizzo diretto nelle opere in progetto. Presso il sito è stato condotto un rilevamento nel corso del mese di giugno 2012.

Sulla base del piano di utilizzo, rispetto ai fabbisogni di cantiere per la costruzione di rilevati e la produzione di aggregati per calcestruzzo, è previsto un esubero di materiale di scavo complessivo di 2.440.081 tonnellate (corrispondenti a circa 1.220.040 m³). Sulla base di questo scenario e dei risultati dell'analisi comparativa condotta per l'individuazione dei siti di deposito (rif. PD2C3CTS30055), sono stati individuati due siti idonei al invio dei materiali in esubero, che saranno impiegati per interventi di recupero ambientale. I due siti si trovano rispettivamente nel comune di Caprie (cava di proprietà dell'Ing. Vito Rotunno srl) e nel comune di Torrazza P.te (cava di proprietà della soc. COGEFA spa). Per ciascuno dei due siti è previsto l'impiego di 1.220.040 t (corrispondenti a circa 610.020 m³) di materiale.

La scelta del sito è avvenuta in accordo con quanto definito dalla delibera CIPE del 3/08/2011, della quale sono riportati gli elementi riferibili al presente elaborato.

N.	Contenuto
9.	[...] Torrazza Piemonte: verificare la possibilità di operare un modellamento morfologico propedeutico alla realizzazione del progetto di polo intermodale per la logistica.
11.	Trasporto via ferro del marino: In considerazione della valutazione negativa sulla originaria proposta di allocazione dello smarino, in quanto la scelta di destinarlo alla Camere du Paradis comporta un elevato impatto ambientale paesaggistico e logistico legato alla necessità di eccessivi trasferimenti su gomma per conferire tutta la grande quantità di materiali a Prato Giò per alimentare una imponente teleferica; si prescrive l'adozione della soluzione di conferimento del materiale in siti sostitutivi mediante l'utilizzo della ferrovia, come presentato nelle integrazioni ripubblicate. In particolare sono stati individuati i siti estrattivi di Torrazza Piemonte, Montanaro, Caprie, S. Ambrogio e Cantalupo in provincia di Torino e raggiungibili per ferrovia. Il Proponente dovrà produrre idonea documentazione che dimostri la disponibilità (bonaria o in via amministrativa) delle aree di utilizzo dello smarino mediante proposte progettuali concordate con gli Enti territorialmente competenti. Tale garanzia dovrà coprire l'intero periodo di durata dei lavori.
209	Siti di cava: nella successiva fase di PD dovrà essere approfondito il piano relativo all'individuazione dei siti di cava, con specificazione delle opere previste, accompagnate dai relativi progetti di sistemazione ambientale da attuarsi al termine dei lavori.

Di seguito è riportato il quadro normativo di riferimento del presente elaborato:

- D. Lgs. 152/2006 e s.m.i;
- DM Ambiente 10 agosto 2012 n. 161 – Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo;
- DM 14 gennaio 2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”.

Per la redazione del presente elaborato sono state consultati i seguenti documenti di pianificazione e le seguenti banche dati:

- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po
- Geoportale di Arpa Piemonte
 - (evento alluvionale 2000)
 - (evento alluvionale 2008)
 - (evento alluvionale 2009)
 - SIFRAP (Sistema Informativo dei fenomeni FRAnosi in Piemonte)
- Studio di Impatto Ambientale – Quadro di Riferimento Ambientale:
 - PD2C3CTS30455 – Carta geologica Zona Caprie e Torrazza P.te
 - PD2C3CTS30457 – Carta idrogeologica Zona Caprie e Torrazza P.te
 - PD2C3CTS30458 – Carta geomorfologica Zona Caprie e Torrazza P.te

2. Inquadramento geografico

Il sito oggetto di studio interessa un'area ubicata nel settore settentrionale del territorio del Comune di Torrazza Piemonte (TO) e, in minima parte, nel limitrofo territorio comunale di Rondissone (TO). Il sito, che viene di seguito localizzato su foto aerea (Figura 3), dista circa 82 km dall'Area Tecnica della Piana di Susa. La distanza è calcolata considerando la sola rete ferroviaria, in quanto il sito è raggiungibile da Susa via treno, con la realizzazione di una breve connessione ferroviaria alla linea storica TO-MI (Figura 1).

Per un inquadramento topografico di dettaglio si può fare riferimento alla Sezione n. 135.160 della Carta Tecnica Regionale, edita dal Servizio Cartografico della Regione Piemonte in scala 1:10.000, della quale viene riportato in Figura 2 un estratto sul quale è indicata la perimetrazione dell'area di interesse. L'area di cava si caratterizza per una superficie totale di circa 820.000 m². Per il sito è prevista l'occupazione di una superficie di circa 250.000 m² per la realizzazione del cumulo di progetto (per maggiori dettagli si veda il cap. 7).

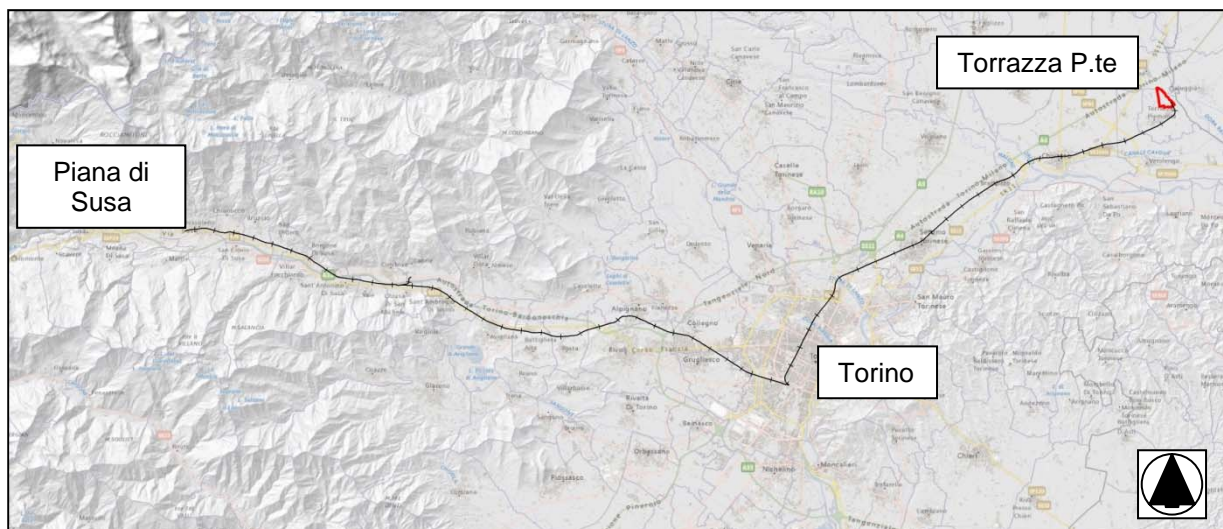


Figura 1 – Ubicazione del sito di Torrazza P.te rispetto alla Piana di Susa. In nero è indicato il tracciato ferroviario seguito per il trasporto del marino dalle aree di produzione all'area di deposito

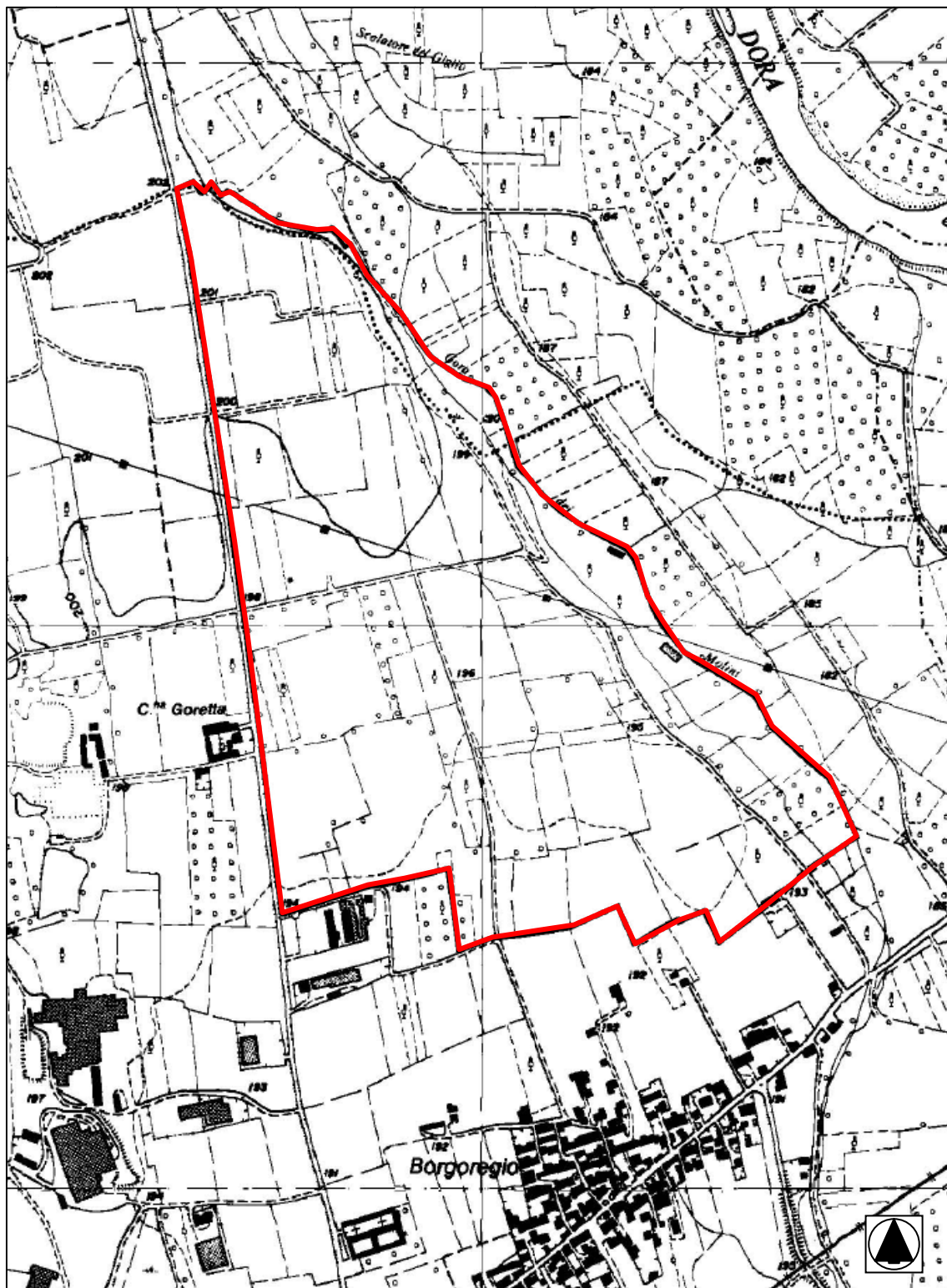


Figura 2 – Estratto Carta Tecnica Regionale, Sezione n. 135160



Figura 3 – Localizzazione del sito su foto aerea volo Italia 2006 (Fonte: <http://www.pcn.minambiente.it/GN/>)

3. Inquadramento geologico

La pianura nella quale sorge il sito oggetto di studio corrisponde ad un lembo della superficie sommitale del conoide fluvioglaciale che si diparte dall'Anfiteatro Morenico di Ivrea, spingendosi verso sud sino al corso del Po. I terreni dell'area di progetto sono rappresentati da ghiaie e ciottoli con intercalazioni sabbiose-limose. Questi sistemi deposizionali sono stati successivamente incisi dall'azione erosiva del reticolo fluviale recente, che ha determinato la formazione di superfici terrazzate, e dalla formazione di depositi alluvionali ghiaioso sabbiosi, che poggiano in discordanza sui terreni più antichi. I depositi fluvio-galciali presentano talora, settori caratterizzati dalla presenza di potenti depositi limoso-argillosi di origine lacustre.

L'area di studio ricade all'interno del Foglio n. 57 "Vercelli", della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000, e si caratterizza per la presenza di depositi fluvio-glaciali wurmiani (MIS 2-4) (fg^R) e depositi argillosi (sg^R) di origine lacustre (esterni all'area di cava). Ad ovest del sito sono depositi alluvionali del reticolo idrografico: questi sono distinti in depositi alluvionali recenti ghiaioso-sabbiosi (a^2) e depositi fluvio-glaciali o alluvionali medio-recenti (a^1 - fg^W), rappresentati da materiali sabbioso-limosi con lenti argillose.



Figura 4 – Estratto del Foglio n. 57 “Vercelli” della Carta Geologica d’Italia (scala 1:100.000); a²: alluvioni recenti ed attuali, prevalentemente ghiaiose e ghiaioso sabbiose degli alvei attuali del fiume Dora Baltea; a¹: alluvioni medio-recenti, prevalentemente ghiaiose e ghiaioso sabbiose con lenti argillose, degli alvei abbandonati dei fiumi principali, esondati in un periodo storico ed ancora attualmente esondabili; fg^R: depositi fluvio-glaciali (Riss) costituiti da ghiaie con lenti sabbioso-argillose con paleosuolo rosso arancio, costituenti un alto ed esteso sistema di terrazzi sfumanti verso valle; sg^R: argille sabbiose lacustri stratificate di colore giallo arancio, potenti oltre 7 metri, che nella porzione S del foglio Vercelli, ricoprono le argille rosso-brune del Mindel (ferretto).

Sulla base dei sondaggi propedeutici alla definizione del piano di coltivazione (Figura 5) e quindi del materiale asportato, la stratigrafia locale si caratterizza per la presenza depositi ghiaioso-sabbiosi, sotto forma di sabbie poligeniche con clasti di dimensioni centimetriche, frammenti a ciottoli e piccoli trovanti, in una matrice costituita da sabbia grossolana debolmente limosa di colore grigio. Questi depositi, testimoniando un ambiente ad energia medio-elevata, presentano intercalazioni lentiformi di materiali fini limosi, propri di un ambiente ad energia minore.

Al tetto dei depositi è presente un solo bruno-marrone limoso-sabbioso di spessore generalmente inferiore al metro.

Le stratigrafie dei sondaggi eseguiti per la definizione del piano di sono le seguenti (appendice 1):

Sondaggio S1, quota p.c. 198 m s.l.m.

0,0 – 0,8 m	copertura agraria limoso-argillosa;
0,8 – 24,5 m	ghiaia;
24,5 – 27,8 m	limo argilloso;
27,8 – 30 m	ghiaia.

Sondaggio S2, quota p.c. 196 m s.l.m.

0,0 – 0,45 m	copertura agraria limosa;
0,45 – 9 m	ghiaia;
9 – 12,5 m	ghiaia con intercalazioni limose;
12,5 – 18 m	ghiaia;
18 – 22,5 m	ghiaia e limo sabbioso o sabbia limosa;
22,5 – 29 m	limo;
29 – 30 m	ghiaia.

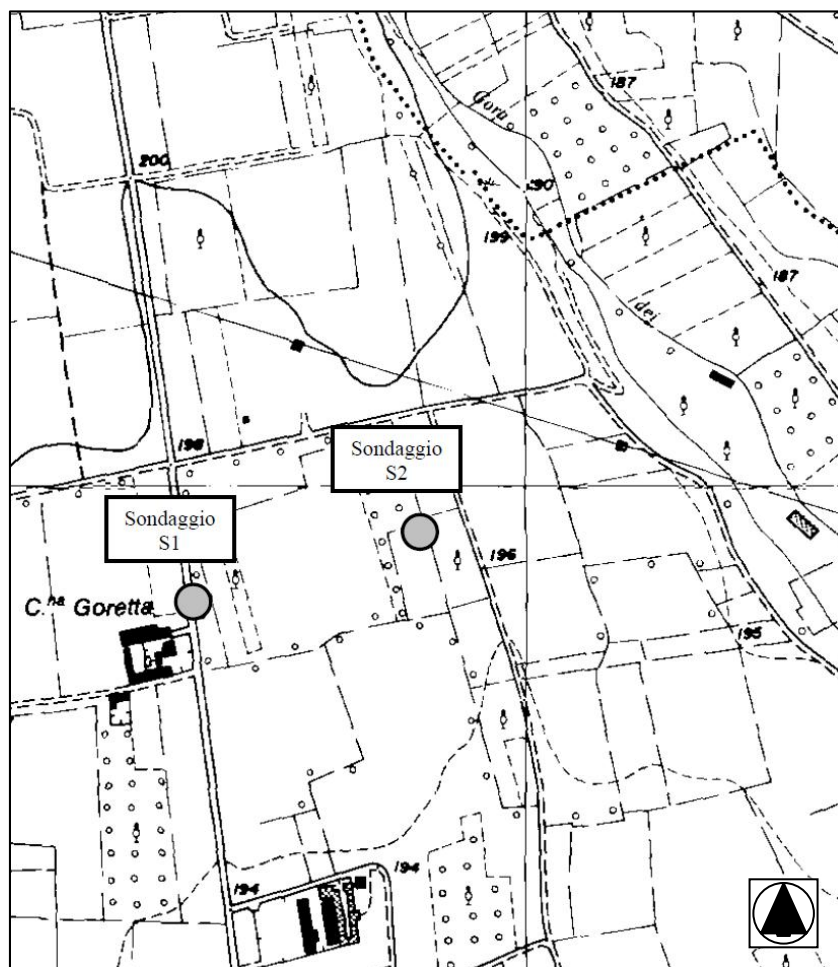


Figura 5 – Ubicazione dei sondaggi S1 e S2 su CTR. (Geostudio, 2009)

La consultazione dei dati della Banca dati geotecnica dell'ARPA Piemonte ha permesso di integrare i dati delle due stratigrafie con quelli di altri sondaggi (Figura 6 e Tabella 1).

Sulla base dei dati raccolti emerge un assetto stratigrafico che vede i primi 30 m circa di terreno rappresentati da ghiaie e sabbie con intercalazioni limoso-argillose.

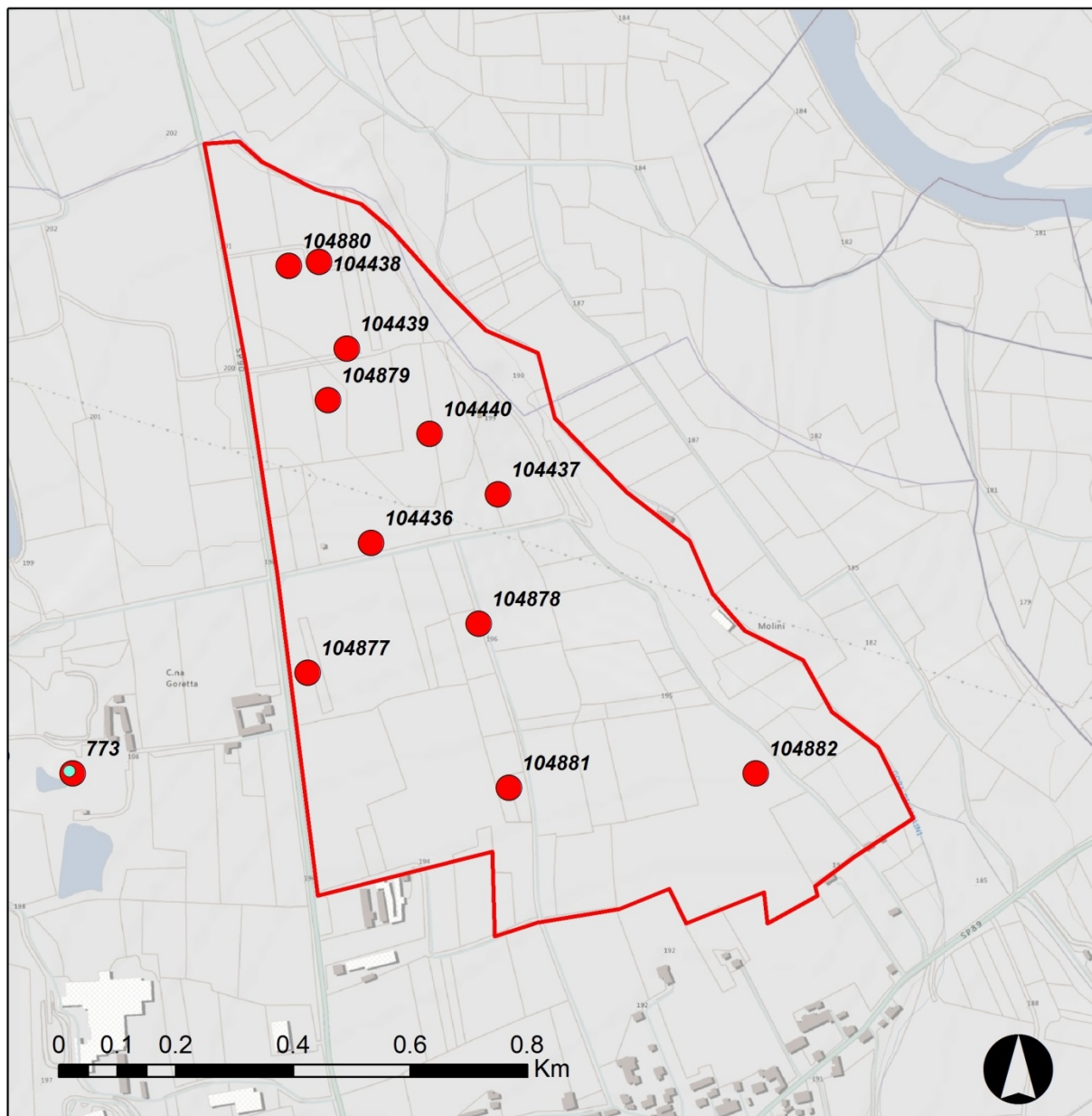


Figura 6 – Sondaggi geognostici (circoli in rosso) e campioni di terreno (circoli in azzurro) con individuazione dell'area di cava (limite in rosso). (Fonte: Banca Dati Geotecnica di Arpa Piemonte http://webgis.arpa.piemonte.it/free/services/geologia_e_dissesto/Banca_dati_Geotecnica/MapServer/WMSServer/)

Relazione geotecnica del sito

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
104436	0,40	terreno vegetale sabbioso limoso con poca ghiaia fine media
104436	1,00	ghiaia grossolana e media con ciottoli ghiaia fine e sabbia
104436	4,00	sabbia fine con ghiaia fine media inglobante ghiaia grossolana e ciottoli
104436	10,00	sabbia e ghiaia inglobante ciottoli localmente matrice limosa
Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
104437	0,70	terreno vegetale limoso sabbioso con ghiaia da fine a grossolana
104437	1,00	ghiaia da fine a grossolana con sabbia limosa
104437	10,00	sabbia e ghiaia con sparsi ciottoli
104437	11,00	sabbia fine limosa con sparsi ciottoli e rara ghiaia grossolana
104437	12,00	ghiaia e ciottoli con sabbia
Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
104438	0,40	terreno vegetale limoso sabbioso con ghiaia media
104438	12,00	ghiaia e sabbia in matrice limosa localmente abbondante con tracce di alterazione inglobante sparsi ciottoli
Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
104439	1,00	terreno vegetale limoso sabbioso con ghiaia
104439	3,00	ghiaia e sabbia debolmente limosa inglobante ciottoli
104439	12,00	sabbia e ghiaia inglobante sparsi ciottoli localmente con presenza di abbondante matrice limosa
Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
104440	0,60	terreno vegetale sabbioso limoso
104440	2,00	sabbia e ghiaia inglobante sparsi ciottoli con presenza di matrice limosa localmente con tracce di alterazione
104440	5,00	sabbia e ghiaia con sparsi ciottoli
104440	16,00	sabbia e ghiaia inglobante sparsi ciottoli con presenza di abbondante matrice limosa
Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
104877	0,80	terreno vegetale limoso argilloso
104877	1,40	ghiaia poligenica con limo sabbioso
104877	3,00	ghiaia poligenica con sabbia media limosa localmente con presenza di intercalazioni limose
104877	9,80	ghiaia e sabbia media limosa rari ciottoli localmente laminazioni limose
104877	15,00	ghiaia poligenica argillificata degradata e sfatta con sabbia limosa rari ciottoli localmente laminazioni limose
104877	20,00	ghiaia con limo debolmente sabbioso e alcuni ciottoli
104877	24,50	ghiaia poligenica localmente argillificata degradata e sfatta e alcuni ciottoli con limo sabbioso localmente sabbia limosa
104877	27,80	limo argilloso con presenza di livello sabbioso
104877	30,00	ghiaia poligenica localmente degradata con limo sabbioso o sabbia limosa

Relazione geotecnica del sito

Codice perforazione	Profondita` (m)	Descrizione
104878	0,45	terreno vegetale limoso ghiaia poligenica
104878	12,50	ghiaia e sabbia media da debolmente limosa a limosa alcuni ciottoli con presenza di intercalazioni limose
104878	17,20	ghiaia con limo sabbioso rari ciottoli poligenici alterati e/o sfatti localmente con presenza di limo argilloso
104878	18,00	ghiaia poligenica con sabbia limosa
104878	22,50	ghiaia e limo sabbioso o sabbia limosa
104878	29,00	limo con ghiaia passante a limo argilloso con alcune intercalazioni di sabbia limosa
104878	30,00	ghiaia poligenica localmente degradata con sabbia limosa
Codice perforazione	Profondita` (m)	Descrizione
104879	0,90	ghiaia poligenica localmente debolmente alterata e degradata e sabbia media limosa
104879	3,00	ghiaia degradata e alterata con limo sabbioso
104879	3,70	limo sabbioso e rara ghiaia argillificata alterata o sfatta
104879	10,70	ghiaia poligenica argillificata alterata degradata e sabbia media limosa localmente passante a limo sabbioso
104879	15,40	limo sabbioso o sabbia limosa e ghiaia alterata e degradata
104879	20,00	limo argilloso
Codice perforazione	Profondita` (m)	Descrizione
104880	3,30	ghiaia poligenica localmente alterata e degradata e sabbia media limosa con alcuni ciottoli
104880	11,20	ghiaia poligenica argillificata alterata e degradata e limo localmente passante a sabbia limosa
104880	16,30	ghiaia poligenica e sabbia limosa passante a limo sabbioso
104880	20,00	limo argilloso localmente limo sabbioso
Codice perforazione	Profondita` (m)	Descrizione
104881	0,50	terreno vegetale limoso con ghiaia poligenica
104881	6,20	ghiaia poligenica e sabbia da media a fine limosa con presenza di ciottoli
104881	8,20	ghiaia poligenica localmente sfatta argillificata e limo sabbioso
104881	9,50	limo debolmente sabbioso e ghiaia poligenica argillificata alterata e degradata
104881	10,50	ghiaia poligenica e limo debolmente sabbioso
104881	12,30	ghiaia poligenica argillificata e limo
104881	13,10	sabbia media e limo
104881	16,00	ghiaia poligenica argillificata e limo
104881	17,00	sabbia media e limo
104881	22,00	ghiaia poligenica argillificata e limo
104881	23,50	ghiaia poligenica argillificata e sabbia media e fine

104881	26,50	limo con sabbia media e fine
104881	27,40	sabbia limosa media e ghiaia poligenica
104881	30,00	ghiaia e limo sabbioso o sabbia limosa
Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
104882	0,40	terreno vegetale limoso ghiaia poligenica
104882	10,00	ghiaia poligenica e sabbia da media a fine limosa con alcuni ciottoli
104882	12,00	ghiaia poligenica e limo sabbioso
104882	14,00	ghiaia poligenica localmente argillificata degradata e sfatta e limo
104882	14,50	sabbia limosa
104882	16,50	ghiaia poligenica localmente argillificata degradata e sfatta e limo
104882	20,20	ghiaia e sabbia limosa passante a limo sabbioso
104882	22,00	ghiaia poligenica argillificata alterata e sfatta e sabbia media limosa
104882	26,60	limo limo sabbioso localmente argilloso
104882	27,50	sabbia media e fine e limo con ghiaia poligenica
104882	30,00	ghiaia poligenica e limo sabbioso o sabbia limosa

Tabella 1 – Stratigrafie semplificate dei sondaggi eseguiti nell'area di cava (Fonte: Arpa Piemonte http://webgis.arpa.piemonte.it/free/services/geologia_e_dissesto/Banca_dati_Geotecnica/MapServer/WMSServer/).

4. Inquadramento geomorfologico

L'area di cava, da un punto di vista geomorfologico, ricade in corrispondenza del conoide fluvioglaciale generato a partire dall'Anfiteatro Morenico di Ivrea. Il conoide è stato successivamente rimodellato dai processi erosivi del fiume Dora Baltea che ne hanno inciso la superficie, dando origine a settori terrazzati, sospesi rispetto al livello del corso d'acqua ed a scarpate incise all'interno dei depositi fluvioglaciali che lo costituiscono.

Le scarpate hanno altezze che si riducono verso valle, con altezze comprese tra 30-35 m, nella "stretta" di Mazzè e nella zona di Villareggia, e 10-15 m (Saluggia) per ridursi ulteriormente man mano che ci si avvicina alla confluenza della Dora Baltea nel Po. L'azione erosiva del fiume Dora Baltea ha determinato la formazione di una fascia di ampiezza compresa tra 1 km e 2 km, che si caratterizza per la presenza dei depositi alluvionali recenti. Questa fascia interrompe la continuità morfologica della pianura, identificandone il settore torinese e quello vercellese.

L'area soggetta ai processi fluviali della Dora Baltea è normata dai vincoli definiti dal PAI del bacino del fiume Po. Le fasce fluviali A, B e C del fiume Dora Baltea sono indicate in Figura 7. L'area di cava, pur essendo prossima ad un'area ad esondazione a pericolosità media o moderata (Em) cartografata dal PAI, non ricade all'interno delle fasce fluviali o di altri dissesti areali.

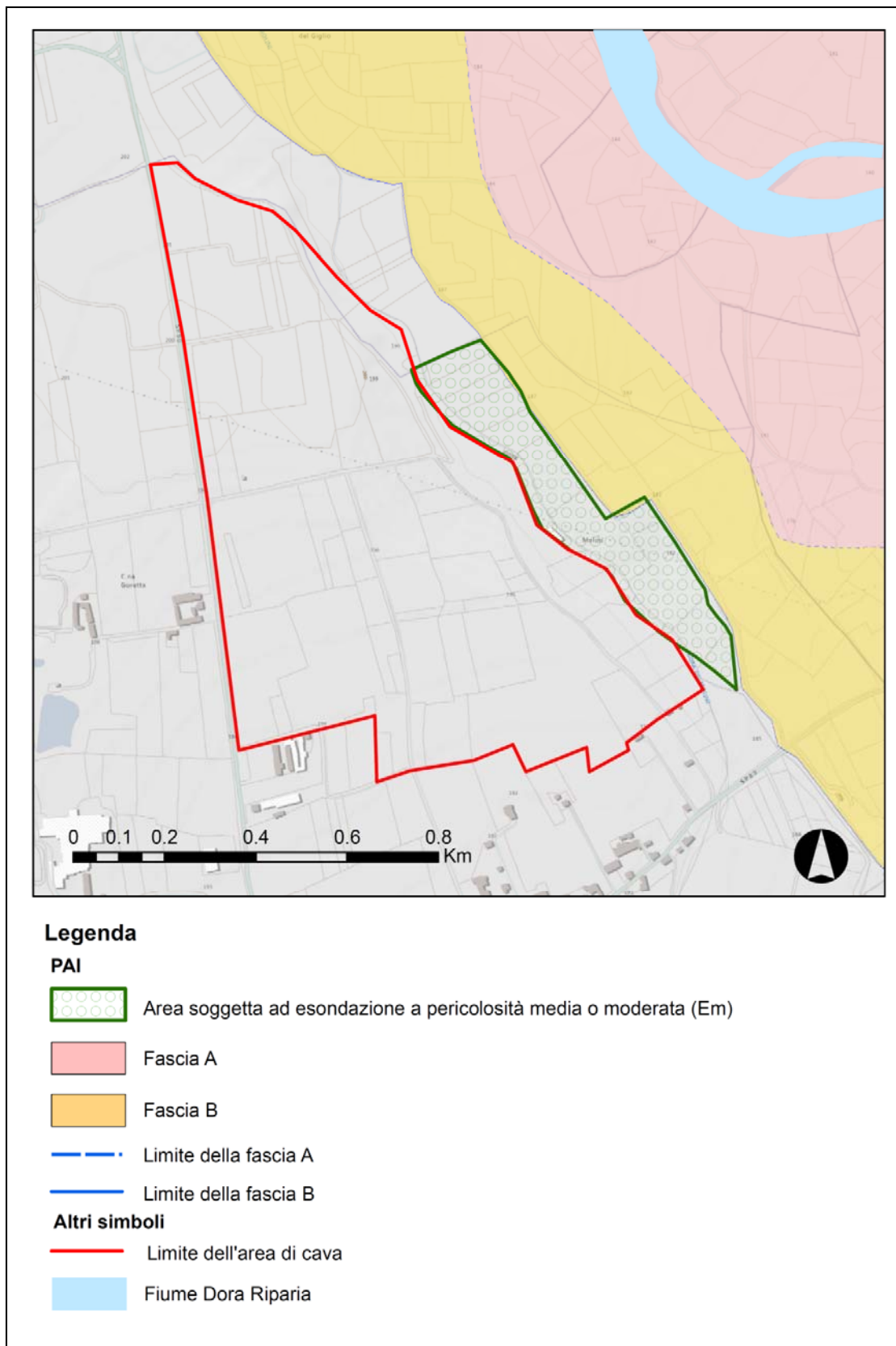


Figura 7 – Quadro dei dissesti PAI vigenti con individuazione dell'area di cava nel perimetro rosso. (Fonte: <http://webgis.arpa.piemonte.it/risknat/index.php/it/wms.html>)

Per quanto riguarda la dinamica fluviale, in occasione dell'evento alluvionale dell'ottobre 2000 ed in quello dell'anno 2008 (di cui sono forniti dati relativi agli effetti morfologici indotti dalla piena, con delimitazione delle aree inondate, altezze delle acque di inondazione e censimento dei danni principali attraverso il Geoportale di Arpa Piemonte), la zona delle superfici terrazzate su cui è ubicato il sito di cava non è stata interessata da fenomeni di esondazione ed allagamenti da parte della Dora Baltea.

5. Inquadramento idrogeologico

L'assetto idrogeologico è funzione dell'assetto stratigrafico e della continuità laterale delle diverse litologie. Per la pianura torinese sono distinti in base alla litologia ed alla permeabilità tre differenti complessi idrogeologici (Bortolami, De Luca, & Filippini, 2002):

- *Complesso Superficiale*: depositi alluvionali e fluvioglaciali di età quaternaria. Si tratta di una successione pressoché continua di depositi a granulometria ghiaioso-sabbiosa, con subordinate intercalazioni limoso-argillose, in genere di limitata estensione, attribuibile all'intervallo Pleistocene-Olocene. Tale complesso idrogeologico ospita una falda di tipo freatico e si caratterizza per uno spessore variabile, mediamente compreso tra 20 m e 50 m;
- *Complesso Villafranchiano*: depositi in facies villafranchiana attribuibili al passaggio Pliocene superiore-Pleistocene inferiore, costituiti da materiale di ambiente fluvio-lacustre e palustre (“Villafranchiano” auct.). Si tratta di un'alternanza di livelli impermeabili (limoso-argillosi) e di livelli dotati di buona permeabilità (ghiaioso-sabbiosi). Questi ultimi ospitano falde idriche più o meno comunicanti tra loro, del tipo da semi-confinato a confinato;
- *Complesso Pliocenico*: depositi marini terziari. Questi sedimenti costituiscono il “substrato terziario” dei sedimenti precedentemente descritti e strutturalmente rappresentano la prosecuzione sepolta delle successioni sedimentarie di origine marina affioranti nella Collina di Torino. Si tratta di marne, argille ed arenarie che possono essere considerate nel complesso come impermeabili (acquiclude), fatta eccezione per la locale presenza di livelli sabbiosi più permeabili, all'interno dei quali possono essere ospitate falde idriche confinate (in pressione).

Per l'area di progetto sono riconosciuti il *Complesso Superficiale*, che ospita una falda libera, a cui seguono in materiali del *Complesso Villafranchiano*, che a sua volta può ospitare falde idriche confinate, alimentate da circuiti idrogeologici profondi che si organizzano su scala regionale. Per l'area di progetto lo spessore stimato del Complesso Superficiale è di circa 50 m (Figura 9).

In Figura 9 è riportata la traccia della sezione 1-1' dello studio condotto per la Provincia di Torino di caratterizzazione della base dell'acquifero superficiale, estratto della sezione litostratigrafica tratta da studi svolti dall'Amministrazione Provinciale (Provincia di Torino, Assessorato alle Risorse Idriche ed Atmosferiche, 2002). In Figura 9 è riportato il profilo geologico lungo la sezione 1-1' con la proiezione del sito in esame (posto a circa 1 km a est della traccia effettiva della sezione) (Geostudio, 2009).

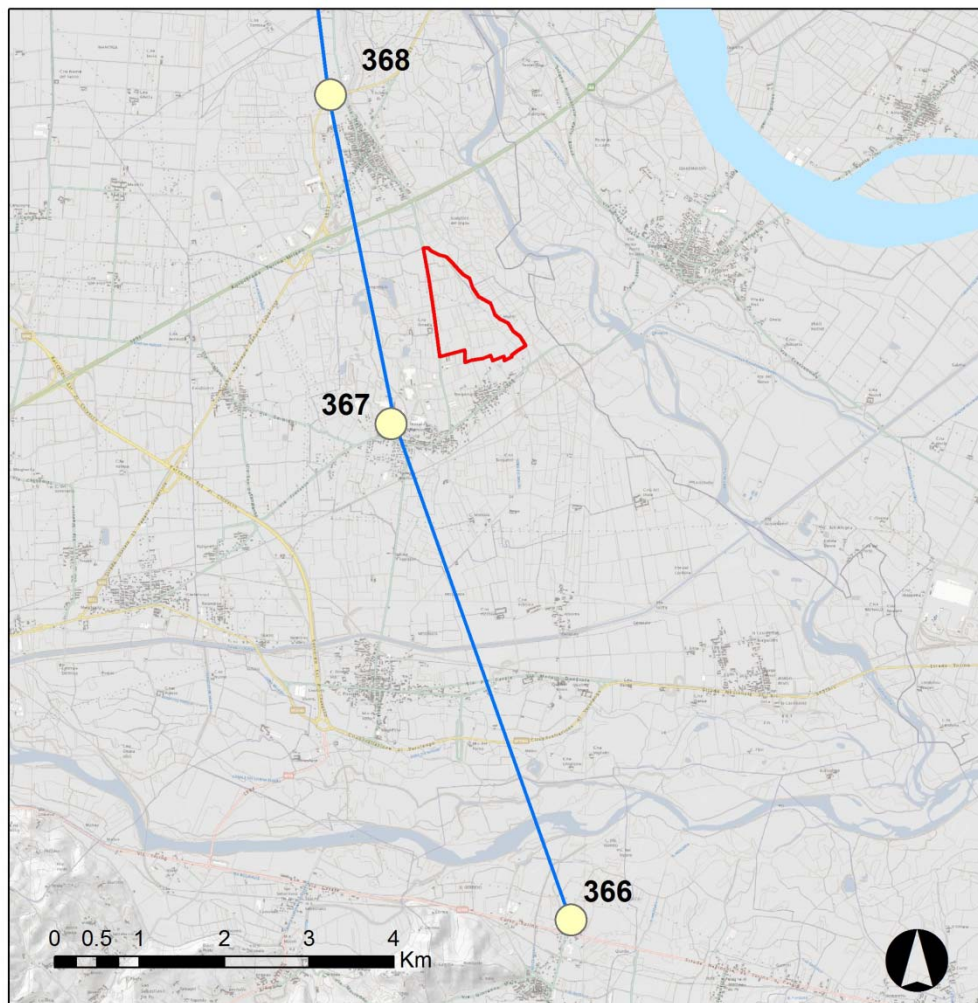


Figura 8 – Traccia della sezione 1-1' (linea blu) dello studio condotto per la Provincia di Torino di caratterizzazione della base dell'acquifero superficiale. I cerchi gialli indicano l'ubicazione dei pozzi considerati per la definizione dell'assetto stratigrafico dell'area. I numeri rappresentano i codici identificativi dei pozzi. In rosso è indicato il limite dell'area di cava

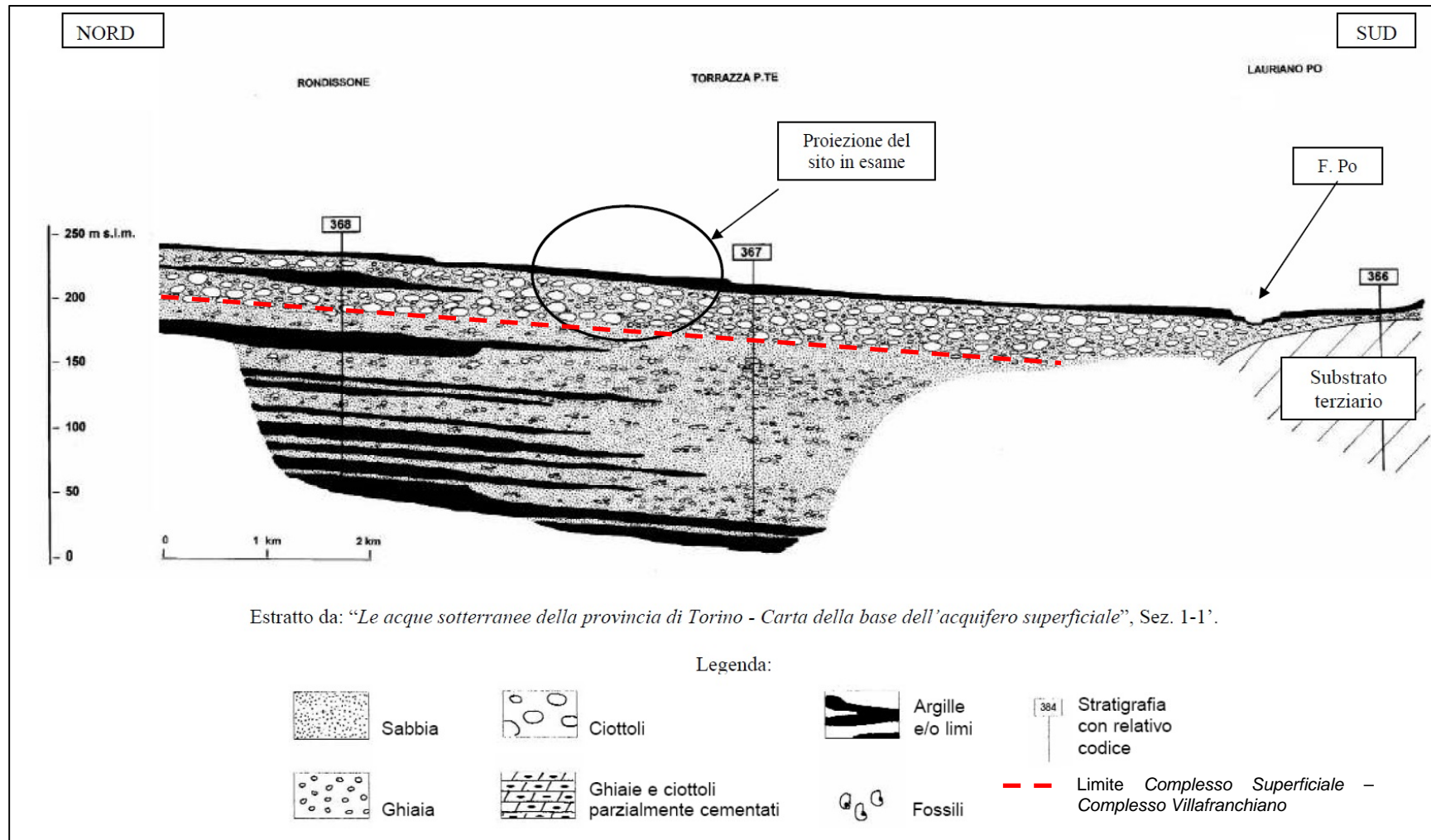


Figura 9 – Stralcio della sezione 1-1’ dello studio di caratterizzazione della base dell’acquifero superficiale della Provincia di Torino (Bortolami, De Luca, & Filippini, 2002) con indicazione dell’area di progetto (Geostudio, 2009).

Per l'area di progetto la base dell'acquifero superficiale si colloca ad una quota compresa tra 150 m s.l.m. e 140 m s.l.m. (Figura 10) (Bortolami, De Luca, & Filippini, 2002).

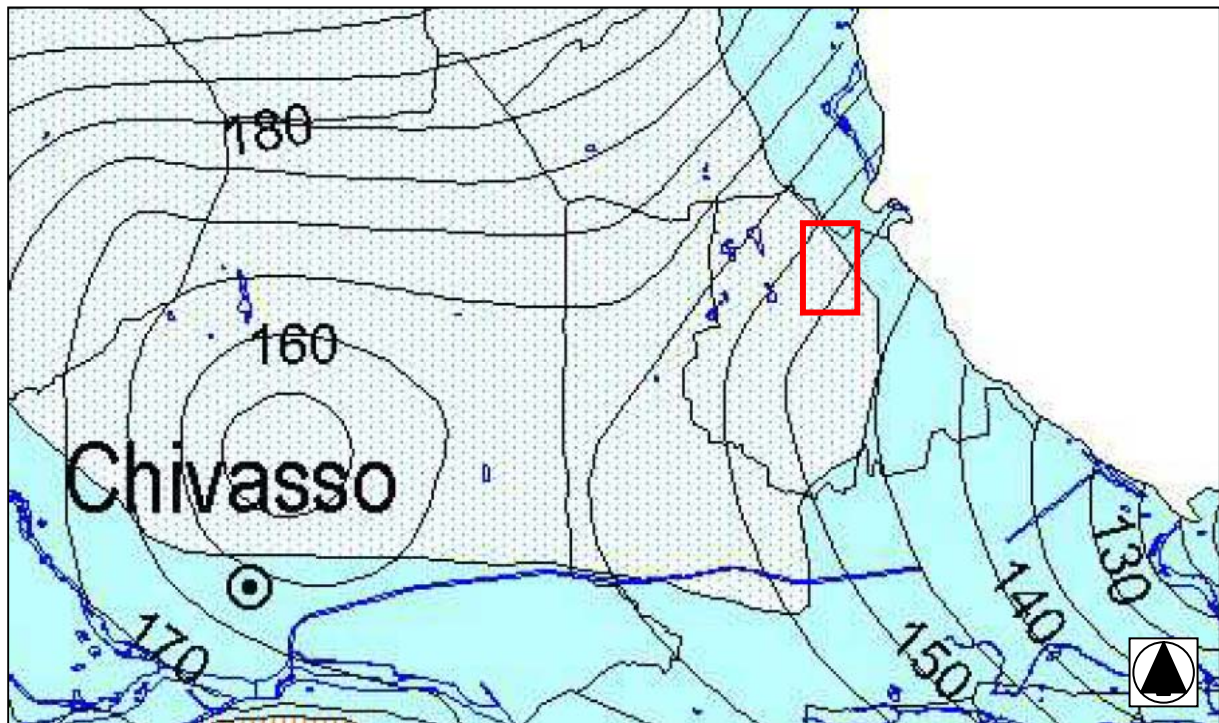


Figura 10 – Stralcio della carta della base dell'acquifero superficiale del settore di pianura della Provincia di Torino. Area puntinata in azzurro – depositi fluviali prevalentemente ghiaiosi debolmente alterati (Pleistocene medio); azzurro – depositi fluviali prevalentemente ghiaiosi poco o per nulla alterati e depositi lacustri torbosi (Pleistocene superiore – Olocene). Le linee in nero indicano l'andamento della base dell'acquifero superficiale e i numero indicano la quota in m s.l.m. (il rettangolo rosso indica l'area di progetto) (Bortolami, De Luca, & Filippini, 2002)

Il deflusso della falda libera è desunto su base bibliografica (De Luca, Masciocco, Bove, Destefanis, Ossella, & Tonussi, 2004) e l'andamento riferito all'estate 2002 indica una direzione prevalente verso SE con drenaggio da parte del fiume Dora Riparia. Rispetto alle attuali quote del piano di coltivazione (mediamente posto a 185 m s.l.m.) la soggiacenza della falda è di circa 10 m dal piano campagna.



Figura 11 – Livello della falda libera per l'area di progetto (rettangolo rosso) Le linee in azzurro rappresentano le isopieze con equidistanza pari a 5 m. (De Luca, Masciocco, Bove, Destefanis, Ossella, & Tonussi, 2004)

6. Inquadramento geotecnico

Al fine di procedere alla caratterizzazione geotecnica delle formazioni alluvionali si fa riferimento ai risultati delle indagini condotte per progetti in aree limitrofe a quella di studio.

L'esame delle informazioni disponibili presso la Banca Dati Geotecnica dell'ARPA Piemonte ha permesso di individuare alcuni dati di prove SPT condotte nel corso dell'esecuzione di sondaggi in settori limitrofi all'area di cava Figura 12.

I dati delle prove sono riportati in Tabella 2.

Codice Perforazione	Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
107245	3.00	16	21	30	51
107245	4.50	15	18	43	61
107245	7.50	17	33	40	73
107245	9.00	18	36	33	69
107245	10.50	16	21	30	51
107245	12.00	20	26	29	55
107245	15.00	5	7	11	18
107245	18.00	16	22	38	60
107246	3.00	10	13	15	28
107246	12.00	18	19	23	42

Relazione geotecnica del sito

Codice Perforazione	Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
107246	15.00	18	21	27	48
107246	18.00	21	22	19	41
107246	21.00	16	21	28	49
107246	24.00	15	22	27	49
107244	1.50	7	9	11	20
107244	3.00	10	11	13	24
107244	4.50	12	10	12	22
107244	6.00	21	31	30	61
107244	9.00	13	18	24	42
107244	12.00	15	21	26	47
107244	15.00	13	18	21	39
107244	18.00	16	21	29	50
107244	21.00	30	36	25	61
107244	24.00	7	15	11	26
107244	25.50	11	16	10	26
107244	27.00	7	15	21	36
1317	3.00	5	10	12	22
1317	5.00	12	18	36	54
1317	7.00	24	25	35	60
1317	11.00	13	21	26	47
1317	13.00	21	27	36	53
1317	17.00	15	15	21	36
1317	19.00	20	21	26	47
1318	5.00	4	3	6	9
1318	7.00	18	24	24	48
1318	9.00	16	26	30	56
1318	11.00	14	22	23	45
1318	13.00	20	38	28	66
1318	15.00	19	32	21	53
1318	19.00	21	24	25	49
1318	21.00	19	20	39	59
1315	3.00	5	12	26	38
1315	5.00	7	16	23	39
1315	7.00	20	34	39	73
1315	11.00	13	14	14	28
1315	13.00	17	29	24	53
1315	17.00	2	3	3	6
1315	19.00	16	19	22	41
270	5.00	12	13	13	26
270	7.00	15	9	15	24
270	10.00	10	12	15	27
104370	4.00	30	33	31	64

Codice Perforazione	Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
104370	8.50	15	19	37	56
104370	11.00	11	19	37	54
104371	11.50	8	21	27	48
104372	12.00	40	35	45	80
104373	4.50	10	24	47	71
104373	6.00	10	30	37	67
104373	9.00	19	25	47	72

Tabella 2 – Risultati delle prove STP realizzate a diverse profondità per i sondaggi considerati per la caratterizzazione geotecnica dei terreni.

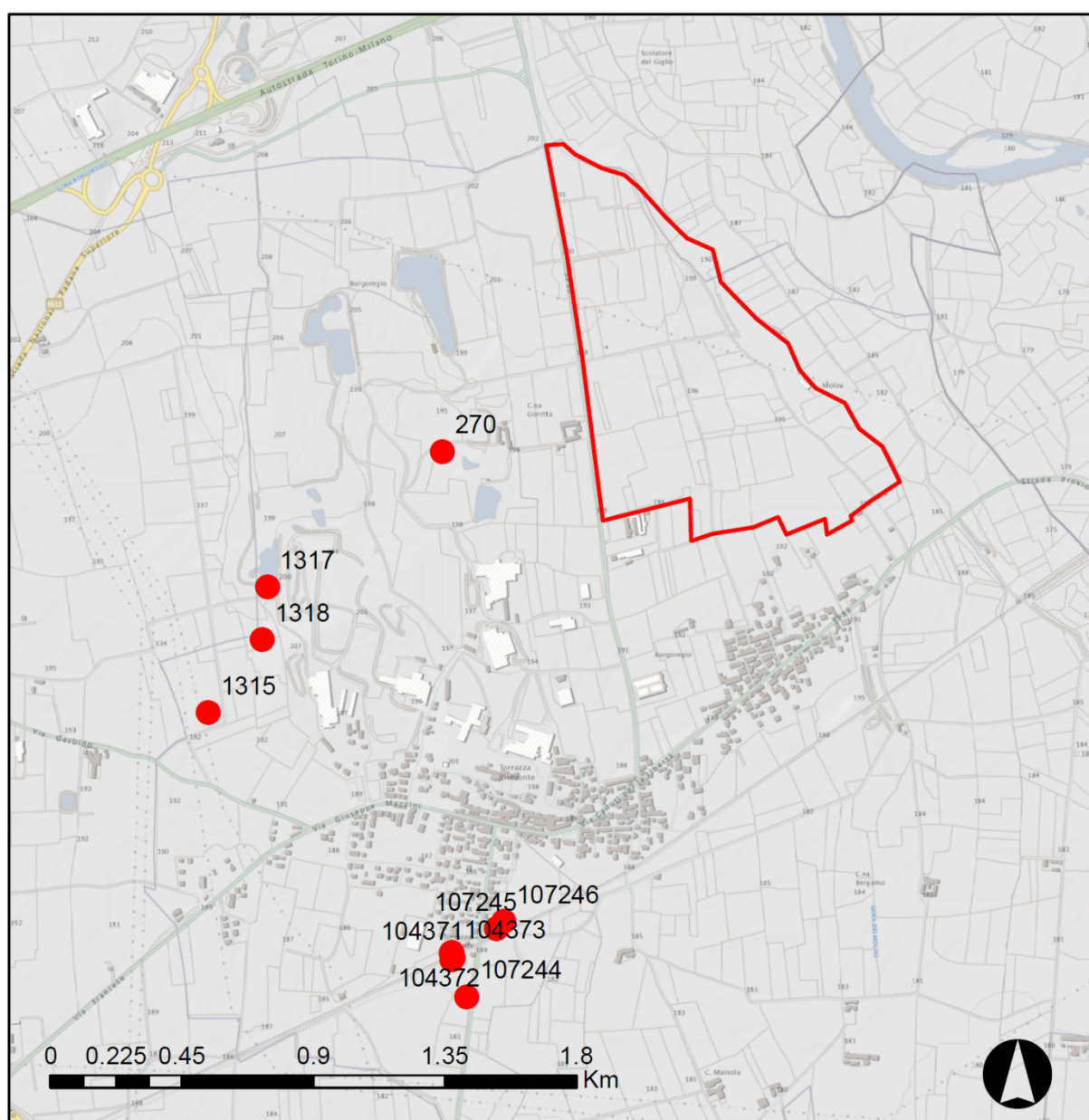


Figura 12 – Ubicazione dei sondaggi considerati per la valutazione dei risultati delle prove SPT (fonte: <http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/>)

Sulla base dei dati delle prove SPT sono stati ricavati i valori caratteristici del terreno. Per ridurre il grado di incertezza dei parametri sono stati confrontati i risultati ottenuti mediante l'applicazione di differenti metodi (Certaro, 2007):

- 1) Gibbs & Holtz (densità relativa) in combinazione con il metodo di Schmertmann;
- 2) Metodo diretto – Owasaki e Iwasaki;
- 3) Metodo diretto – Peck-Hanson e Thornburn;
- 4) Metodo diretto Japanese National Railway.

6.1 Metodo indiretto: combinazione Gibbs&Holtz + Schmertmann

L'applicazione di questo approccio richiede in prima analisi il calcolo della densità relativa D_r dei terreni in funzione della profondità degli strati e del valore N_{spt} . La metodologia è indicata in terreni sabbiosi con granulometria variabile da fine a grossolane. La densità relativa è calcolata secondo la seguente relazione:

$$D_r = 21 \cdot \sqrt{\frac{N'_{spt}}{\sigma'_{vo} + 0,7}} \quad (\text{eq. 1})$$

dove N'_{spt} è il numero di colpi medio nello strato considerato e σ'_{vo} è la pressione efficace nello strato considerato. La pressione efficace è stata calcolata considerando un peso specifico medio dei terreni pari a 2.100 kg/m^3 .

I valori ottenuti sono riportati in Tabella 3.

Come si può osservare la densità relativa dei materiali è pari a circa 75% ($\pm 24\%$). Questo valore è quindi applicato alla formula di Schmertmann per le ghiaie:

$$\varphi = 38 + 0,08 \cdot D_r \quad (\text{eq. 2})$$

dove φ è l'angolo di attrito espresso in $^\circ$.

I valori ottenuti per l'angolo di attrito sono riportati in Tabella 3 e sono caratterizzati da un valore medio pari a 44° .

I valori medi ottenuti con questa combinazione di metodi sono coerenti con i **valori caratteristici, rispettivamente $D_r=74.3\%$ e $\Phi=43,9^\circ$, ricavabili dalla formula seguente:**

$$V_c = m - \left(\frac{1,64}{\sqrt{n}} \right) * \sigma \quad (\text{eq. 3})$$

ove:

- m è il valore medio di tutti i dati disponibili,
- σ è la deviazione standard,
- n è il numero di dati disponibili.

6.2 Metodo diretto – Owasaki e Iwasaki

Il metodo è indicato per le sabbie da medie a grossolane sino a debolmente ghiaiose e si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi = 15 + \sqrt{20 \cdot N_{spt}} \quad (\text{eq. 4})$$

I valori ottenuti per l'angolo di attrito sono riportati in Tabella 3 e sono caratterizzati da un valore medio pari a 37°. Questo valore è coerente con il valore caratteristico di 36,7°, ricavabile dall'equazione 3 definita nel paragrafo precedente.

6.3 Metodo diretto – Peck-Hanson e Thornburn

Il metodo è indicato per le sabbie:

$$\varphi = 27,2 + 0,28 \cdot N_{spt} \quad (\text{eq. 4})$$

I valori ottenuti per l'angolo di attrito sono riportati in Tabella 3 e sono caratterizzati da un valore medio pari a 39,5°. Questo valore è coerente con il valore caratteristico di 39,3°, ricavabile dall'equazione 3 definita precedentemente.

6.4 Metodo diretto – Japanese National Railway

Il metodo è indicato per sabbie medio-grossolane fino a ghiaiose con profondità minime >2m dal p.c.:

$$\varphi = 20 + 0,3 \cdot N_{spt} \quad (\text{eq. 4})$$

I valori ottenuti per l'angolo di attrito sono riportati in Tabella 3 e sono caratterizzati da un valore medio pari a 33°. Questo valore è coerente con il valore caratteristico di 32,9°, ricavabile dall'equazione 3 definita precedentemente.

Relazione geotecnica del sito

Codice	Profondità (m)	Nspt	Falda (m dal pc)	σ'_{vo} (kPa)	N'spt	Dr (%) (Gibbs & Holtz, 1957)	ϕ (Owasaky & Iwasaki)	ϕ (Peck-Hanson & Thornburn)	ϕ (Japanese National Railway)	ϕ (Schmertmann)
107245	3	51	6	63	51		39.66	41.48	35.30	
107245	4.5	61	6	94.5	61		42.25	44.28	38.3	
107245	6	rifiuto	6							
107245	7.5	73	6	157.5	44	95.56	45.09	47.64	41.9	45.64
107245	9	69	6	189	42	89.93	44.17	46.52	40.7	45.19
107245	10.5	51	6	220.5	33	76.99	39.66	41.48	35.3	44.16
107245	12	55	6	252	35	76.75	40.72	42.60	36.5	44.14
107245	15	18	6	315	16.5	49.66	28.43	32.24	25.4	41.97
107245	18	60	6	378	37.5	71.01	42.00	44.00	38	43.68
107246	3	28	5	63	28	96.35	32.49	35.04	28.4	45.71
107246	6	rifiuto	5							
107246	9	rifiuto	5							
107246	12	42	5	252	28.5	70.62	37.10	38.96	32.6	43.65
107246	15	48	5	315	31.5	69.82	38.83	40.64	34.4	43.59
107246	18	41	5	378	28	62.31	36.80	38.68	32.3	42.99
107246	21	49	5	441	32	63.41	39.11	40.92	34.7	43.07
107246	24	49	5	504	32	60.62	39.11	40.92	34.7	42.85
107244	1.5	20	7	31.5	20	93.22	29.32	32.80	26	45.46
107244	3	24	7	63	24	89.21	30.97	33.92	27.2	45.14
107244	4.5	22	7	94.5	22	76.80	30.17	33.36	26.6	44.14
107244	6	61	7	126	61		42.25	44.28	38.3	
107244	7.5	rifiuto	7							
107244	9	42	7	189	28.5	72.52	37.10	38.96	32.6	43.80
107244	10.5	rifiuto	7							
107244	12	47	7	252	31	70.90	38.55	40.36	34.1	43.67
107244	15	39	7	315	27	62.48	36.19	38.12	31.7	43.00

Relazione geotecnica del sito

Codice	Profondità (m)	Nspt	Falda (m dal pc)	σ'_{vo} (kPa)	N'spt	Dr (%) (Gibbs & Holtz, 1957)	Φ (Owasaky & Iwasaki)	Φ (Peck-Hanson & Thornburn)	Φ (Japanese National Railway)	Φ (Schmertmann)
107244	18	50	7	378	32.5	65.12	39.39	41.20	35	43.21
107244	21	61	7	441	38	67.21	42.25	44.28	38.3	43.38
107244	24	26	7	504	20.5	47.30	31.75	34.48	27.8	41.78
1317	3	22	20	63	22	85.41	30.17	33.36	26.6	44.83
1317	5	54	20	105	54		40.46	42.32	36.2	
1317	7	60	20	147	60		42.00	44.00	38	
1317	9	rifiuto	20							
1317	11	47	20	231	47	82.98	38.55	40.36	34.1	44.64
1317	13	53	20	273	53	82.55	40.20	42.04	35.9	44.60
1317	15	rifiuto	20							
1317	17	36	20	357	36	60.98	35.24	37.28	30.8	42.88
1317	19	47	20	399	47	66.48	38.55	40.36	34.1	43.32
1318	5	9	23	105	9	47.62	23.62	29.72	22.7	41.81
1318	7	48	23	147	48	98.77	38.83	40.64	34.4	45.90
1318	9	56	23	189	56	97.65	40.98	42.88	36.8	45.81
1318	11	45	23	231	45	81.20	37.98	39.80	33.5	44.50
1318	13	66	23	273	66	92.12	43.46	45.68	39.8	45.37
1318	15	53	23	315	53	77.92	40.20	42.04	35.9	44.23
1318	17	rifiuto	23							
1318	19	49	23	399	49	67.88	39.11	40.92	34.7	43.43
1318	21	59	23	441	59	71.36	41.75	43.72	37.7	43.71
1315	3	38	20	63	38		35.87	37.84	31.4	
1315	5	39	20	105	39	99.14	36.19	38.12	31.7	45.93
1315	7	73	20	147	73		45.09	47.64	41.9	
1315	9	rifiuto	20							
1315	11	28	20	231	28	64.05	32.49	35.04	28.4	43.12

Relazione geotecnica del sito

Codice	Profondità (m)	Nspt	Falda (m dal pc)	σ'_{vo} (kPa)	N'spt	Dr (%) (Gibbs & Holtz, 1957)	ϕ (Owasaky & Iwasaki)	ϕ (Peck-Hanson & Thornburn)	ϕ (Japanese National Railway)	ϕ (Schmertmann)
1315	13	53	20	273	53	82.55	40.20	42.04	35.9	44.60
1315	15	rifiuto	20							
1315	17	6	20	357	6	24.89	21.49	28.88	21.8	39.99
1315	19	41	20	399	41	62.09	36.80	38.68	32.3	42.97
270	5	26	17	105	26	80.94	31.75	34.48	27.8	44.48
270	7	24	17	147	24	69.84	30.97	33.92	27.2	43.59
270	10	27	17	210	27	65.21	32.12	34.76	28.1	43.22
104370	2.5	rifiuto	7							
104370	4	64	7	84	64		42.98	45.12	39.2	
104370	5.5	rifiuto	7							
104370	8.5	56	7	178.5	35.5	81.88	40.98	42.88	36.8	44.55
104370	11	54	7	231	34.5	76.35	40.46	42.32	36.2	44.11
104370	14	rifiuto	7							
104371	2	rifiuto	7							
104371	4	rifiuto	7							
104371	5.5	rifiuto	7							
104371	7	rifiuto	7							
104371	9	rifiuto	7							
104371	11.5	48	7	241.5	31.5	72.20	38.83	40.64	34.4	43.78
104372	2.5	rifiuto	8							
104372	4	rifiuto	8							
104372	5.5	rifiuto	8							
104372	7.5	rifiuto	8							
104372	12	80	8	252	47.5	86.19	46.64	49.60	44	44.89
104372	14	rifiuto	8							
104373	3	rifiuto	8							

Relazione geotecnica del sito

Codice	Profondità (m)	Nspt	Falda (m dal pc)	σ'_{vo} (kPa)	N'spt	Dr (%) (Gibbs & Holtz, 1957)	ϕ (Owasaky & Iwasaki)	ϕ (Peck-Hanson & Thornburn)	ϕ (Japanese National Railway)	ϕ (Schmertmann)
104373	4.5	71	8	94.5	71		44.63	47.08	41.3	
104373	6	67	8	126	67		43.70	45.96	40.1	
104373	7	rifiuto	8							
104373	9	72	8	189	43.5	87.77	44.86	47.36	41.6	45.02
104373	12	rifiuto	8							

Tabella 3 – Valori delle prove SPT per i sondaggi considerati nella caratterizzazione geotecnica dei terreni; valori dell'angolo di attrito ϕ ottenuti a seguito dell'applicazione delle differenti metodologie illustrate nel testo

7. Criteri di definizione della geometria del cumulo

La scelta della geometria del cumulo è basata sui seguenti fattori:

- 1) contesto geomorfologico dell'area
- 2) distribuzione degli impianti operanti presso l'area di cava
- 3) individuazione nel corso dei sopralluoghi di aree di pregio naturalistico
- 4) layout del progetto del polo logistico intermodale come trasmesso da COGEFA Spa nel mese di luglio 2012.

Il sito di coltivazione corrisponde al margine E di un sistema di terrazzi (sviluppati con direzione circa NW-SE) la cui origine è associata all'attività erosiva del fiume Dora Baltea a carico dei sedimenti fluvio-glaciali del MIS6 (Riss). Sulla base di questo principio il cumulo, sviluppandosi a partire dal margine W della cava, va a riproporre un volume asportato dall'attività di coltivazione che originariamente terminava con un orlo di scarpata fluviale.

Presso l'area operano al momento impianti per il trattamento e recupero di materiali inerti. E' stato scelto di non interferire con le aree ove sono ubicati tali strutture al fine di garantire per quanto possibile il proseguimento delle attività in essere presso il sito.

Nel corso dei sopralluoghi condotti presso il sito sono stati individuati alcuni settori interessati da processi di rinaturalizzazione spontanea e che per tale motivo sono stati esclusi dalla individuazione delle aree presso cui realizzare il cumulo con i materiali di scavo.

Sulla base del layout del progetto di polo logistico intermodale inviato dalla proprietà dell'area di cava, sono state individuate le aree che non interferiscono con le strutture in progetto.

A seguito di queste considerazioni è stato definito un cumulo con volume di circa 850.000 m³. Il bilancio degli inerti del progetto della NLTL indica che il volume di materiale da destinare al sito di Torrazza P.te è pari a circa 610.020 m³. La differenza tra i due volumi (circa 240.000 m³) è mantenuta al fine di garantire un margine di sicurezza atto a gestire eventuali variazioni nel processo di utilizzo dei materiali di scavo in fase realizzativa.

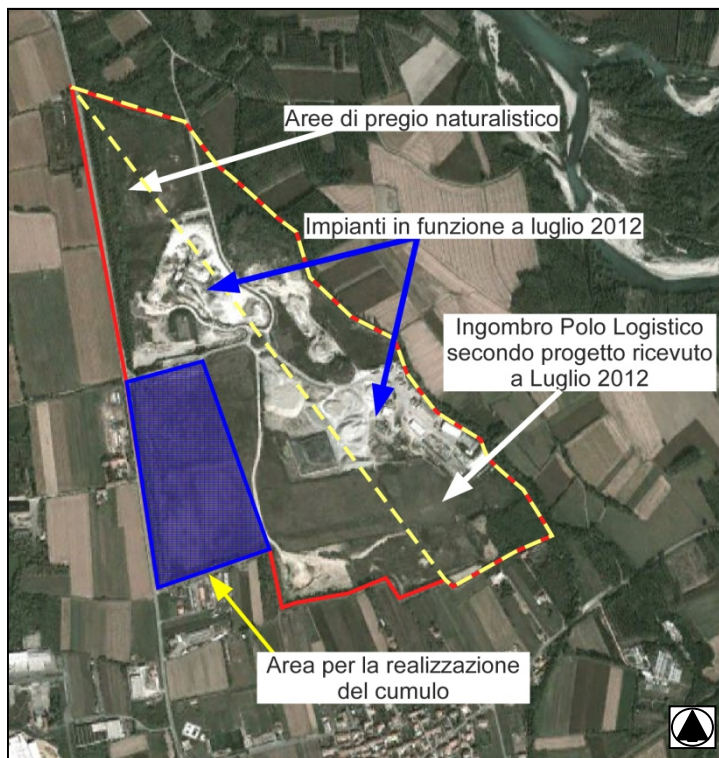


Figura 13 – Criteri seguiti per la definizione del cumulo presso la cava della società COGEFA spa nel comune di Torrazza P.te

8. Caratterizzazione sismica dei terreni

Sulla base dei valori di velocità $V_{s,30}$ (variabili tra 382 e 387 m/s) ottenuti con l'indagine geofisica P9 di tipo MASW (riportata in allegato 1) eseguita da LTF nel periodo novembre-dicembre 2012 e vista l'omogeneità dei valori di velocità con la profondità e l'assenza del substrato sismico ($V_s > 800$ m/sec), il terreno su cui sarà realizzato il cumulo può essere attribuito alla categoria sismica B; tuttavia data la prossimità dei valori ottenuti con il valore limite inferiore della classe B ($V_{s,30}$ uguale a 360 m/sec), cautelativamente possiamo considerare i terreni come appartenenti alla categoria C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

Per la realizzazione delle verifiche di stabilità sul cumulo di materiale di marino, in considerazione del fatto che il materiale che verrà messo a deposito sarà di tipo prevalentemente limoso e limoso-sabbioso (Cl3a), cautelativamente consideriamo che il futuro cumulo possa essere classificato come appartenente alla categoria di sottosuolo C, in analogia con i risultati della MASW per i depositi quaternari.

Di conseguenza, mediante l'utilizzo del foglio di calcolo *Spettri-NTCver.1.0.3.xls* fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e sulla base del D.M. 14 gennaio 2008 sono stati individuati i parametri sismici riportati nella seguente tabella.

Parametro	Valore	Descrizione
Coordinate UTM ED50	7,973	Longitudine
	45,218	Latitudine
Località	C.na Goretta	
Comune	Torrazza Piemonte	
Provincia	Torino	
zona sismica	4	DGR 12 dic. 2011, n. 4-3084
V_n	50	Vita nominale opera
Classe d'uso	II	Classe d'uso
C_u	1	Coefficiente classe d'uso
V_r	50	Vita di riferimento
P_{vr}	10%	Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
T_r	475	Tempo di ritorno
a_g	0,040	Accelerazione massima al sito
F_o	2,657	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
T_c	0,270	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
Cat Suolo	C	Categoria sottosuolo (tab. 3.2.II)
β_s	0,200	Coeff. di riduzione (tab. 7.11.I)
S_s	1,500	Amplificazione stratigrafica (tab. 3.2.V)
S_t	1,000	Amplificazione topografica (tab. 3.2.VI)
S	1,500	eq. 7.11.5
a_{max} (m/sec ²)	0,589	eq. 7.11.5

Parametro	Valore	Descrizione
Kh	0,012	eq. 7.11.3
Kv	0,006	eq. 7.11.4

Tabella 4 – Risultati della la caratterizzazione sismica del cumulo nell'area di progetto

I parametri Kh e Kv sono quindi utilizzati per la valutazione della sollecitazione sismica in fase di esecuzione delle verifiche di stabilità.

9. Verifica della stabilità del cumulo

Con riferimento agli elaborati progettuali, la verifica di stabilità globale è stata effettuata utilizzando l'applicativo di calcolo Slide 5.025 ed utilizzando il metodo GLE di Morgenstern con le seguenti ipotesi al contorno:

- per la verifica di stabilità globale sono state ipotizzate superfici a geometria circolare;
- in ragione della presenza di un sistema di drenaggio delle acque superficiali e di dreni sub orizzontali non è prevista la formazione di una falda all'interno del cumulo. E' stata però ipotizzata la presenza di una falda con livello coincidente con il piano di appoggio del cumulo;
- sono considerate le spinte sismiche orizzontali e verticali;
- le verifiche di stabilità sono state condotte utilizzando i seguenti parametri geotecnici:
 - depositi fluvioglaciali: $\varphi = 33^\circ$ (media dei valori di φ ottenuti con il metodo *Japanese National Railway*); $c = 0 \text{ kN/m}^2$; $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$;
 - cumulo: $\varphi = 30^\circ$; $c' = 0$; $\gamma' = 20 \text{ kN/m}^3$.

I parametri adottati per il cumulo in progetto sono definiti considerando la composizione media del marino in esubero, che sarà costituito da materiali appartenenti alla classe C13a, mediamente in percentuale pari al 58% del totale, e alla classe C12, con percentuale media del 42% (rif. PD2C3BTS32010). Sulla base dei dati di letteratura (Jamiołkowski & Pasqualini, 1976) sono stati pertanto assunti parametri geotecnici proposti.

Il calcolo è stato eseguito ai sensi del DM 14/01/2008, agli stati limite di Vita (SLV) con l'approccio 1 combinazione 2 (A2-M2-R2). Pertanto il pendio è stabile se i coefficienti di sicurezza sono superiori a 1,1.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 5 – Coefficienti parziali previsti per le azioni o per l'effetto delle azioni previste con l'approccio 1 combinazione 2 (Tabella 6.2.1 delle NTC 2008). Il rettangolo rosso indica i coefficienti parziali considerati per le verifiche di stabilità.

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coazione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_f	1,0	1,0

Tabella 6 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno previsti con l'approccio 1 combinazione 2 (Tabella 6.2.II delle NTC 2008). Il rettangolo rosso indica i coefficienti parziali considerati per le verifiche di stabilità.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

Tabella 7 – Coefficienti parziali le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo (Tabella 6.8.I delle NTC 2008).

9.1 Analisi di stabilità

La verifica è stata condotta per le tre sezioni indicate nella planimetria del sito (rif. PD2C3BTS30047):

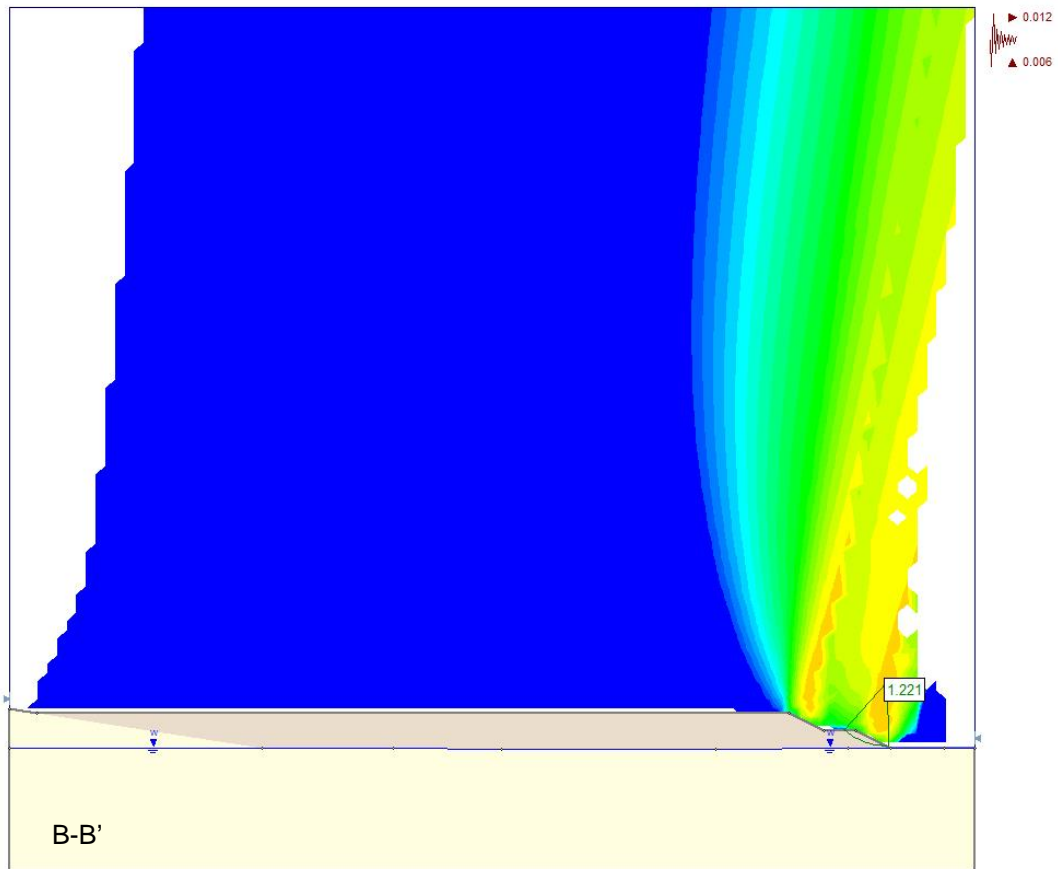
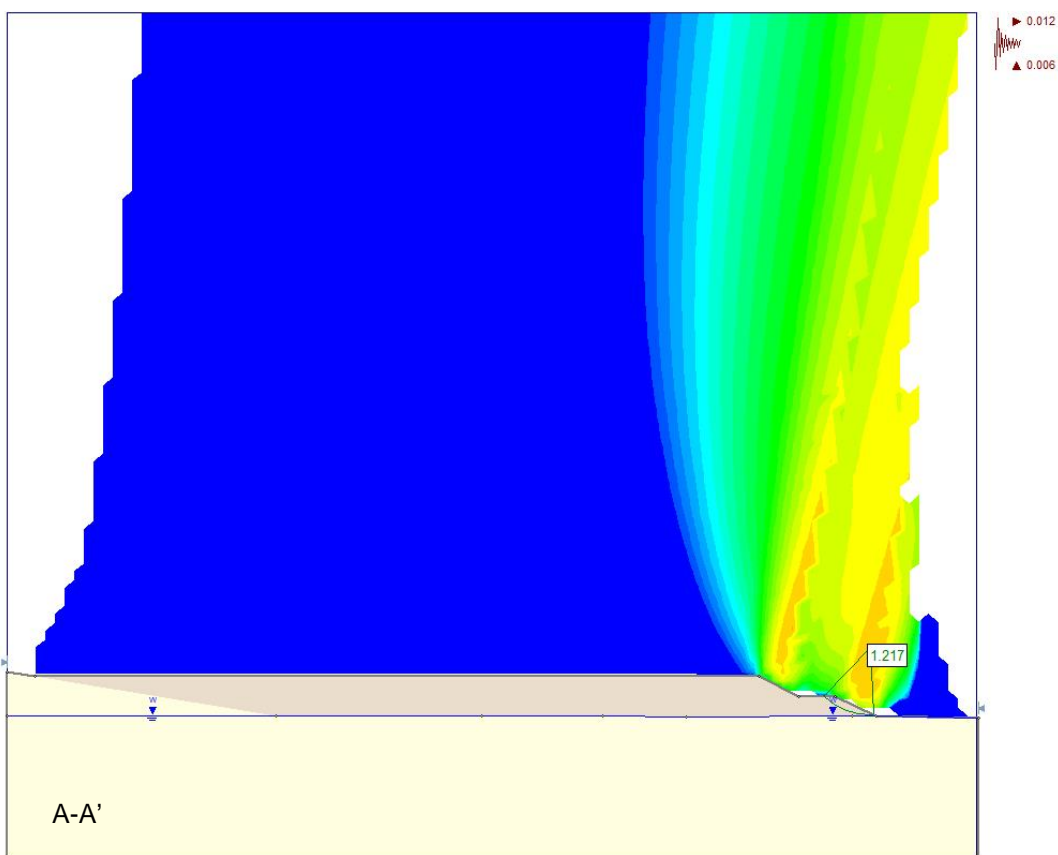
- Sezione AA';
- Sezione BB';
- Sezione CC'.

I risultati della verifica di stabilità sono riassunti nella tabella seguente, dove sono indicati i fattori di sicurezza più bassi per le sezioni in esame. Le sezioni considerate risultano verificate.

Sezione	Fs
AA'	1,217
BB'	1,221
CC'	1,185

Tabella 8 – Valori minimi del fattore di sicurezza per le tre sezioni considerate

La rappresentazione grafica delle verifiche è riportata nella figura seguente.



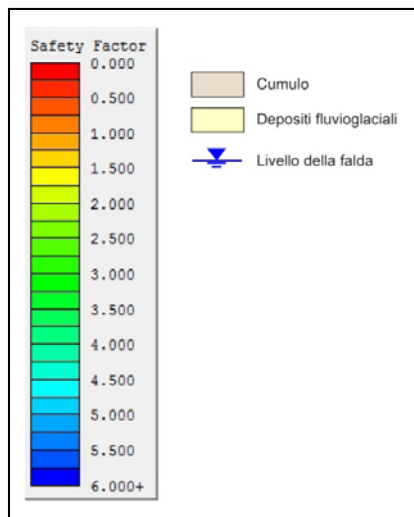
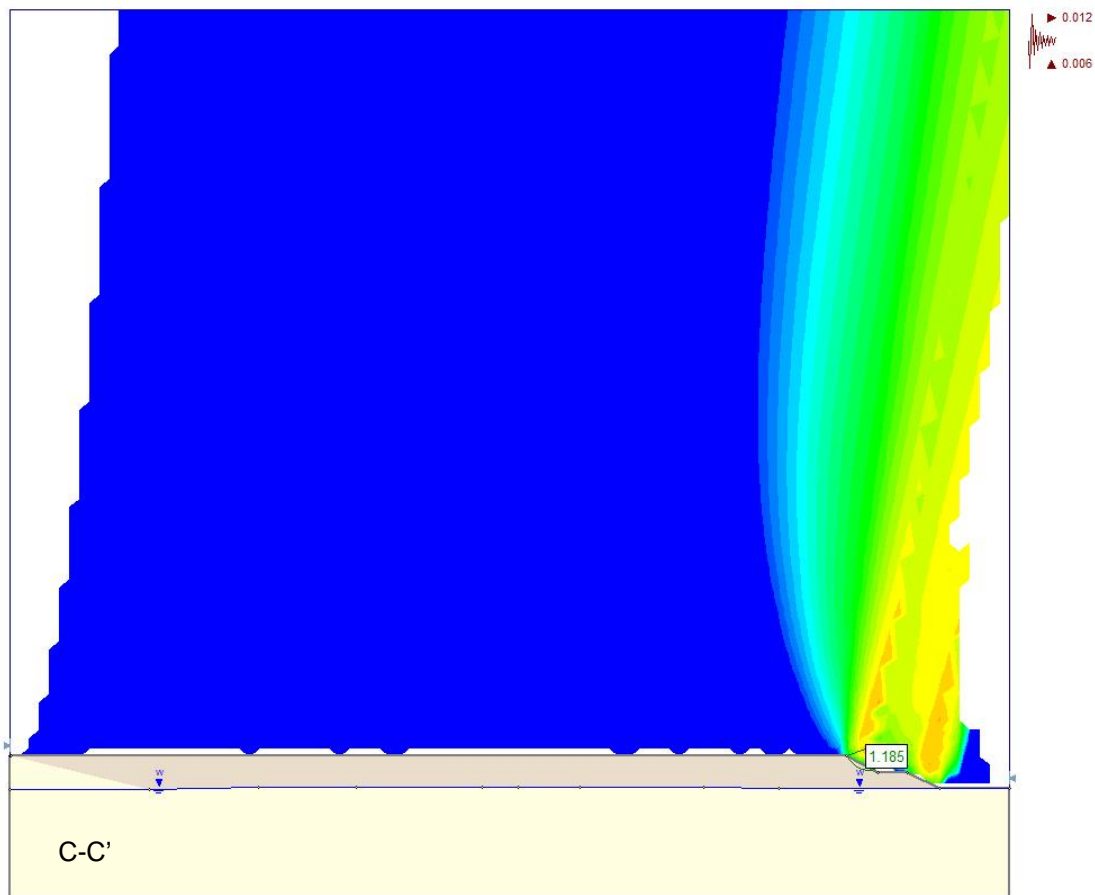


Figura 14 – Rappresentazione grafica dei risultati delle verifiche di stabilità eseguite per le tre sezioni rappresentative della geometria del cumulo da realizzarsi con i materiali di scavo

10. Verifica della capacità portante del terreno di fondazione

In base al D.M. 14/01/2008 per il calcolo della capacità portante è stato adottato l'approccio 2 (A1+M1+R3).

Per la valutazione della pressione limite (ql) in condizioni dinamiche è stata utilizzata la formula di HANSEN:

$$q_l = c N_c S_c D_c I_c G_c B_c + \gamma D N_q S_q D_q I_q G_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma S_\gamma D_\gamma I_\gamma G_\gamma$$

in cui:

ql pressione limite (kpa)

B larghezza della fondazione (m)

D profondità del piano di posa (m)

N_q, N_γ, N_c coefficienti funzione dell'angolo di attrito interno

$S_{c,q,\gamma}$ fattori forma

$D_{c,q,\gamma}$ fattori di profondità

$I_{c,q,\gamma}$ fattori di inclinazione del carico

$G_{c,q,\gamma}$ fattori di inclinazione del pendio

$B_{c,q,\gamma}$ fattori di inclinazione del piano di fondazione

γ, γ' peso specifico del terreno, rispettivamente soprastante e sottostante del piano di posa (kN/m^3)

c coesione (kPa)

La falda è stata considerata coincidente con il piano campagna.

L'inclinazione del piano di posa è stata considerata pari a 0° .

La pressione ammissibile dal terreno è stata verificata considerando l'area di appoggio del cumulo sul piazzale di cava che misura 90.500 m^2 circa. I parametri caratteristici del terreno di appoggio corrispondono a quelli definiti per il basamento. Per i calcoli è stato considerato il peso complessivo del cumulo stimato in $1.693.144 \text{ t}$, corrispondenti a circa $16.604.074 \text{ kN}$.

Ai sensi del D.M. 14/01/2008 (approccio 2), applicando alla pressione limite calcolata un coefficiente di sicurezza pari a 2,3, si ottiene la pressione ammissibile (Q_{amm}) riportata nella tabella seguente.

Approccio A1+M1+R3

SITO	B (m)	L (m)	P (m)	PW (m)	Peso spec.		phi (°)	c (kPa)	eB (m)	eL (m)	lpf (°)	lp (°)	Contr.c (kPa)	Contr.q (kPa)	Contr. γ (kPa)	Plimite (kPa)	F (-)	Pamm (kPa)	
					Sopra (KN/m^3)	Sotto													
Torrazza	167	541	0	0	11.2	0	33	0	27.83	90.16	0	0	0.000	0.000	6905.10	6905.100	2.3	3002.21	Ed < Rd verificato

Tabella 9 – Pressioni ammissibili l'opera di fondazione calcolata secondo l'approccio 2 (fattore di sicurezza 2,3)

I risultati ottenuti indicano che la pressione ammissibile è superiore a quella esercitata dal carico applicato.

11. Dimensionamento delle opere di gestione delle acque piovane

Le opere di drenaggio previste lungo la superficie del cumulo, per la regimazione delle acque superficiali, sono distinte in tre categorie:

- 5) canalette di drenaggio perimetrali in roccia mediamente lavorata: sezione trapezoidale con base minore 0,66 m, base maggiore 2 m, altezza 1 m e inclinazione delle sponde 56°;
- 6) canalette di drenaggio lungo le berme, alla base delle scarpate in roccia mediamente lavorata: sezione rettangolare con base 1 m, profondità 0,5 m;
- 7) pozzetti di laminazione in calcestruzzo posti all'intersezione tra le canalette perimetrali e quelle lungo le berme: altezza 1,5 m, base quadrata di lato 2 m.
- 8) vasca di sedimentazione per la raccolta delle acque del pendio e tubazione a sezione circolare in calcestruzzo per il recapito delle acque nel corpo idrico ricettore Roggia dei Molini.

Per prevenire la formazione di una falda all'interno del cumulo è prevista la realizzazione di dreni sub-orizzontali posti alla base delle scarpate con lunghezza di circa 25 m.

La topografia attuale dell'area è caratterizzata per una debole pendenza verso SSE, con un dislivello medio tra il settore N e quello S di circa 4-5 m. Le canalette perimetrali e quelle lungo le berme drenano l'acqua verso il margine S del cumulo, in corrispondenza del pozzetto di laminazione posto al vertice SE.

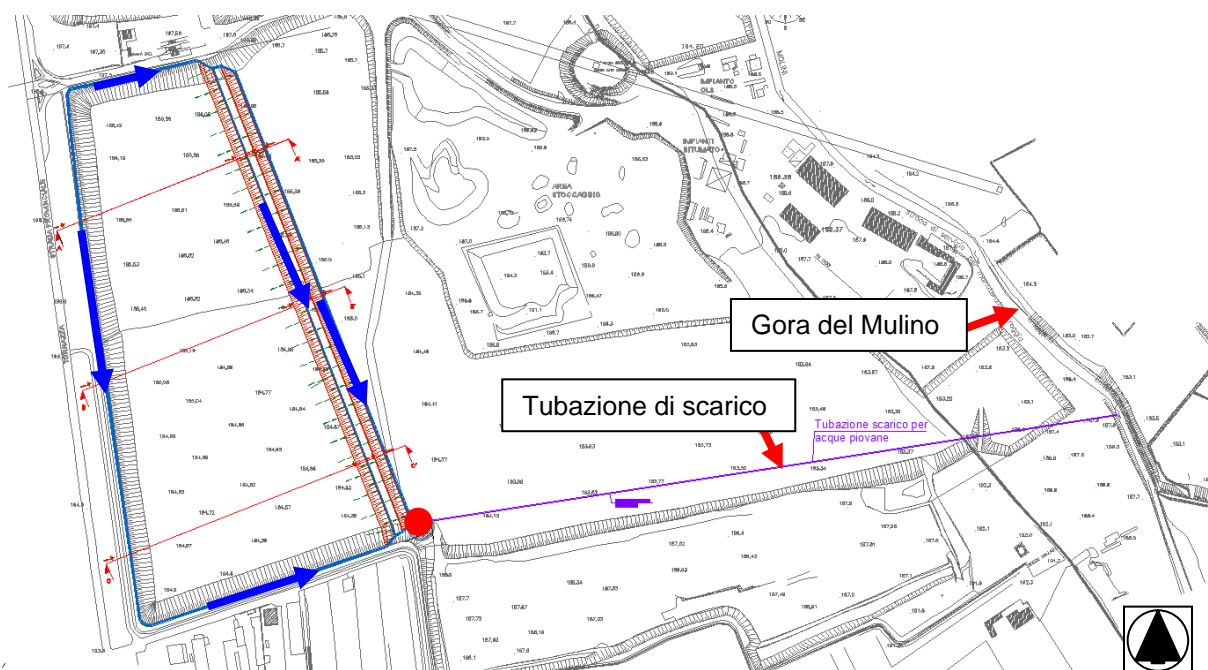


Figura 15 – Schema di deflusso delle acque di precipitazione lungo le canalette (frecche blu) e punto di raccolta (circolo rosso) prima della vasca di laminazione collegata alla tubazione di scarico per il recapito delle acque nella Roggia dei Molini

Il dimensionamento delle opere di gestione acque piovane è articolato nelle seguenti fasi:

- 4) Analisi idrologica dell'area di progetto;
- 5) Calcolo della portata massima di progetto;

- 6) Verifica in moto uniforme delle sezioni di deflusso delle opere di drenaggio e smaltimento acqua in progetto.

11.1 Analisi idrologica

L'analisi idrologica è condotta in accordo con le indicazioni della “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica” (Allegato 1 del PAI). In base alla direttiva la previsione delle piogge intense in una determinata area è definita attraverso la curva di probabilità pluviometrica associata a un dato tempo di ritorno e che definisce valori di altezza di precipitazione in funzione della durata dell'evento.

La curva è definita dalla seguente formula:

$$h(t) = a t^n \quad (\text{eq. 1});$$

i cui parametri a ed n sono riferiti ad uno specifico tempo di ritorno.

A tal fine sono considerati i valori dei coefficiente a ed n relativi all'area di interesse, e corrispondenti alle celle definite dalla direttiva PAI, su un reticolo di 2 km di lato, ed indicate nella tabella seguente.

Cella	Coord. E UTM	Coord. N UTM	a 20	n 20	a 100	n 100	a 200	n 200
BG95	417000	5011000	46,46	0,258	58,7	0,252	63,97	0,25
BG96	417000	5009000	46,39	0,262	58,89	0,254	64,28	0,252
BG97	417000	5007000	46,50	0,263	59,34	0,254	64,90	0,252
BH95	419000	5011000	46,92	0,253	59,38	0,247	64,73	0,246
BH96	419000	5009000	47,07	0,255	59,91	0,248	65,44	0,246
BH97	419000	5007000	47,42	0,256	60,73	0,247	66,46	0,244

Tabella 10 – Valori di riferimento considerati per la determinazione dei parametri a ed n delle linee segnalatrici per l'area di progetto

In base all'interpolazione in ambiente GIS dei dati riportati sono stati definiti i valori dei parametri a ed n per l'area di progetto in riferimento ai tempi di ritorno 20 anni, 100 anni e 200 anni.

Parametro	Tr 20 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
a	47,46	60,51	66,12
n	0,25	0,24	0,24

Tabella 11 – Valori dei parametri delle curve di probabilità pluviometrica per l'area di progetto riferiti ai tempi di ritorno considerati nello studio

I dati morfometrici del bacino di raccolta sono indicati nella tabella seguente.

Bacino di raccolta			
Superficie del Bacino	S	km ²	0,11
Lunghezza percorso idraulico principale	L	km	0,8
Altitudine massima del percorso idraulico	Hmax	(m s.l.m.)	196,6
Altitudine minima del percorso idraulico	H0	m (s.l.m.)	184,1
Pendenza media del percorso idraulico	P	(m/m)	0,01

Altitudine massima del bacino	Hmax	m (s.l.m.)	196,6
Altitudine sezione considerata	H0	m (s.l.m.)	184,4
Altitudine media bacino	Hm	m (s.l.m.)	190,3
Dislivello medio bacino	Hm -H0	m	5,95

Tabella 12 – Dati morfometrici del bacino di raccolta delle acque piovane

Sulla base di questi dati viene calcolato il tempo di corrivazione del bacino di raccolta sulla base della formula di Giandotti:

$$Tc = \frac{4\sqrt{S}+1,5L}{0,8\sqrt{Hm-H0}} \quad (\text{eq. 2})$$

Il tempo di corrivazione del bacino A è pari a 2,25 ore.

Considerando il tempo di corrivazione come la durata della pioggia critica i valori relativi agli scenari di progetto sono indicati nella tabella seguente.

	Tr 20 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
<i>h (mm)</i>	58,15	73,54	80,36

Tabella 13 – Valori di precipitazione calcolati per il bacino di raccolta

11.2 Calcolo delle portate di progetto

Le portate di progetto sono calcolate a partire dalle precipitazioni definite per i tre scenari di riferimento secondo il metodo razionale, che definisce la portata di piena ad una data sezione come il risultato della seguente equazione:

$$Qc = \frac{c S h}{3,6 Tc} \quad (\text{eq. 3})$$

dove h è la precipitazione di calcolata al punto precedente e c è il coefficiente di deflusso che in questo caso è definito pari a 0,2.

In base ai valori definiti per i due bacini di raccolta le portate di progetto per i tempi di ritorno considerati sono indicate nella tabella seguente.

Valore di portata	Q (m³/s)
Portata massima attesa (Tr 20 anni)	0,21
Portata massima attesa (Tr 100 anni)	0,27
Portata massima attesa (Tr 200 anni)	0,30

Tabella 14 – Valori delle portate di progetto per il dimensionamento delle canalette perimetrali di scolo delle acque meteoriche

11.3 Verifica delle sezioni delle canalette in condizioni di moto uniforme

11.3.1 Canalette perimetrali

In condizioni di moto uniforme la velocità media V_m è legata alle caratteristiche delle canalette dalla formula di Manning:

$$V_m = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/3} \quad (\text{eq. 4})$$

dove R è il raggio idraulico, dato dal rapporto tra la superficie della sezione S ed il perimetro bagnato P ; I è la pendenza dell'alveo (m/m) e n è il coefficiente di scabrezza di Manning, i cui

valori variano in funzione della natura della superficie delle canalette. Per il caso in esame è considerata una canaletta in pietrame di roccia a media lavorazione, per la quale il valore di n è posto pari a 0,05 (Caivano, 2003).

L'area della sezione bagnata cambia in funzione del tirante idraulico (H_t) che è fatto variare tra 0,01 m e 1 m, con passo 0,01 m, ottenendo così 100 valori di velocità media $V_m(H)$. Il prodotto della velocità media per l'area bagnata fornisce il valore della portata $Q(H)$.

La sezione è verificata quando per $Q_c \approx Q(H_t)$ il tirante idraulico determina una sezione bagnata (A) compatibile (uguale o inferiore) con quella della canaletta in progetto (pari a $1,32 \text{ m}^2$).

I calcoli effettuati per le canalette sono stati condotti considerando i seguenti parametri: sezione trapezoidale (base minore $b = 0,66 \text{ m}$; inclinazione delle pareti $\alpha = 56^\circ$; profondità massima della canaletta $z = 1,0 \text{ m}$; pendenza del fondo alveo $i = 0,47$ riferita alla pendenza dell'ultimo tratto della canaletta immediatamente a monte della sezione di chiusura).

I risultati per $Q_c \approx Q(H_t)$, con Q_c riferita ai tempi di ritorno considerati, sono indicati nella tabella seguente.

	Parametro	Valore
Tr 20 anni	Portata critica Q_c	0,22 m^3/s
	Tirante idraulico H_t	0,11 m
	Velocità V_m	2,70 m/s
	Portata $Q(H_t)$	0,23 m^3/s
	Area bagnata (A)	0,08 $\text{m}^2 < 1,32 \text{ m}^2$
	La sezione è verificata	
Tr 100 anni	Parametro	Valore
	Portata critica Q_c	0,27 m^3/s
	Tirante idraulico H_t	0,13 m
	Velocità V_m	2,96 m/s
	Portata $Q(H_t)$	0,30 m^3/s
	Area bagnata (A)	0,10 $\text{m}^2 < 1,32 \text{ m}^2$
La sezione è verificata		
Tr 200 anni	Parametro	Valore
	Portata critica Q_c	0,30 m^3/s
	Tirante idraulico H_t	0,13 m
	Velocità V_m	2,96 m/s
	Portata $Q(H_t)$	0,30 m^3/s
	Area bagnata (A)	0,10 $\text{m}^2 < 1,32 \text{ m}^2$
La sezione è verificata		

Tabella 15 – Valori calcolati per la sezione delle canalette poste lungo i margini del cumulo con pendenza $i = 0,47$

Nell'ipotesi di considerare la pendenza media della canaletta posta lungo il margine est del cumulo, caratterizzata da una pendenza dell'alveo $i = 0,004$, si ottengono i risultati riportati nella tabella seguente.

	Parametro	Valore
Tr 20 anni	Portata critica Q_c	0,22 m^3/s
	Tirante idraulico H_t	0,44 m
	Velocità V_m	0,50 m/s
	Portata $Q(H_t)$	0,22 m^3/s
	Area bagnata (A)	0,44 $\text{m}^2 < 1,32 \text{ m}^2$
	La sezione è verificata	
Tr 100 anni	Parametro	Valore
	Portata critica Q_c	0,27 m^3/s
	Tirante idraulico H_t	0,50 m

	Velocità Vm	0,53 m/s
	Portata Q(H _t)	0,28 m ³ /s
	Area bagnata (A)	0,53 m ² <1,32 m ²
	La sezione è verificata	
Tr 200 anni	Parametro	Valore
	Portata critica Qc	0,30 m ³ /s
	Tirante idraulico H _t	0,52 m
	Velocità Vm	0,54 m/s
	Portata Q(H _t)	0,30 m ³ /s
	Area bagnata (A)	0,55 m ² <1,32 m ²
	La sezione è verificata	

Tabella 16 – Valori calcolati per la sezione delle canalette poste lungo i margini del cumulo con pendenza $i = 0,004$

Al fine di prevenire l'eventuale deposito di materiale lungo la canaletta dovranno prevedersi attività di ispezione ed eventuale pulizia per il periodo durante di consolidamento degli interventi di inserimento ambientale.

11.3.2 Canaletta lungo la berma intermedia

Le canalette lungo le berme drenano verso le canalette perimetrali il volume di precipitazione che interessa la scarpata, la superficie del cumulo a monte e raccolgono eventuali acque di infiltrazione dai dreni sub-orizzontali posti alla base delle scarpate.

La verifica delle dimensioni di progetto è calcolata pertanto verificando le condizioni di deflusso per la canaletta posta a valle della scarpata intermedia del cumulo, in base ai seguenti parametri: sezione rettangolare (base B = 1,0 m; profondità = 0,5 m; pendenza del fondo alveo $i = 0,004$; $n = 0,02$). Le portate di progetto sono calcolate in base ad un di corrivazione di 0,65 ore e una superficie del bacino di raccolta di 90.000 m².

I risultati per $Q_c \approx Q(H_t)$, con Q_c riferita ai tre scenari di riferimento, sono indicati nella tabella seguente.

Tr 20 anni	Parametro	Valore
	Portata critica Qc	0,18 m ³ /s
	Tirante idraulico H _t	0,22 m
	Velocità Vm	0,90 m/s
	Portata Q(H _t)	0,19 m ³ /s
	Area bagnata (A)	0,22 m ² <0,5 m ²
La sezione è verificata		
Tr 100 anni	Parametro	Valore
	Portata critica Qc	0,23 m ³ /s
	Tirante idraulico H _t	0,25 m
	Velocità Vm	0,96 m/s
	Portata Q(H _t)	0,24 m ³ /s
	Area bagnata (A)	0,25 m ² <0,5 m ²
La sezione è verificata		
Tr 200 anni	Parametro	Valore
	Portata critica Qc	0,26 m ³ /s
	Tirante idraulico H _t	0,27 m
	Velocità Vm	0,98 m/s
	Portata Q(H _t)	0,26 m ³ /s
	Area bagnata (A)	0,27 m ² <0,5 m ²
La sezione è verificata		

Tabella 17 – Valori calcolati per la sezione delle canalette poste alla base della scarpata intermedia del cumulo

Al fine di prevenire l'eventuale deposito di materiale lungo la canaletta dovranno prevedersi attività di ispezione ed eventuale pulizia per il periodo durante di consolidamento degli interventi di inserimento ambientale.

11.3.3 Sistema di scarico delle acque

Le acque drenate dal cumulo, passano in una vasca di laminazione da cui sono inviate verso la Gora del Mulino, che scorre lungo il margine est del sito di cava, mediante tubazione interrata a sezione circolare in calcestruzzo con diametro interno pari a 1,00 m, lunghezza di circa 563 m e pendenza $i = 0,002$. Per il caso in esame è considerata una canaletta in calcestruzzo, per la quale il valore di n è posto pari a 0,0125 (Caivano, 2003). Per i calcoli si considera una condotta a pelo libero.

La portata da smaltire è indicata nella tabella seguente.

Scenario	Q_{tot} (m ³ /s)
Portata massima attesa (Tr 20 anni)	0,21
Portata massima attesa (Tr 100 anni)	0,27
Portata massima attesa (Tr 200 anni)	0,30

Tabella 18 – Portate alla sezione di chiusura del bacino di raccolta del cumulo in progetto: Q_{tot}

Al fine di verificare la sezione della condotta sono prese in conto le relazioni tra la portata di progetto e quella massima (Q_0) che può defluire attraverso la sezione della condotta (A_0).

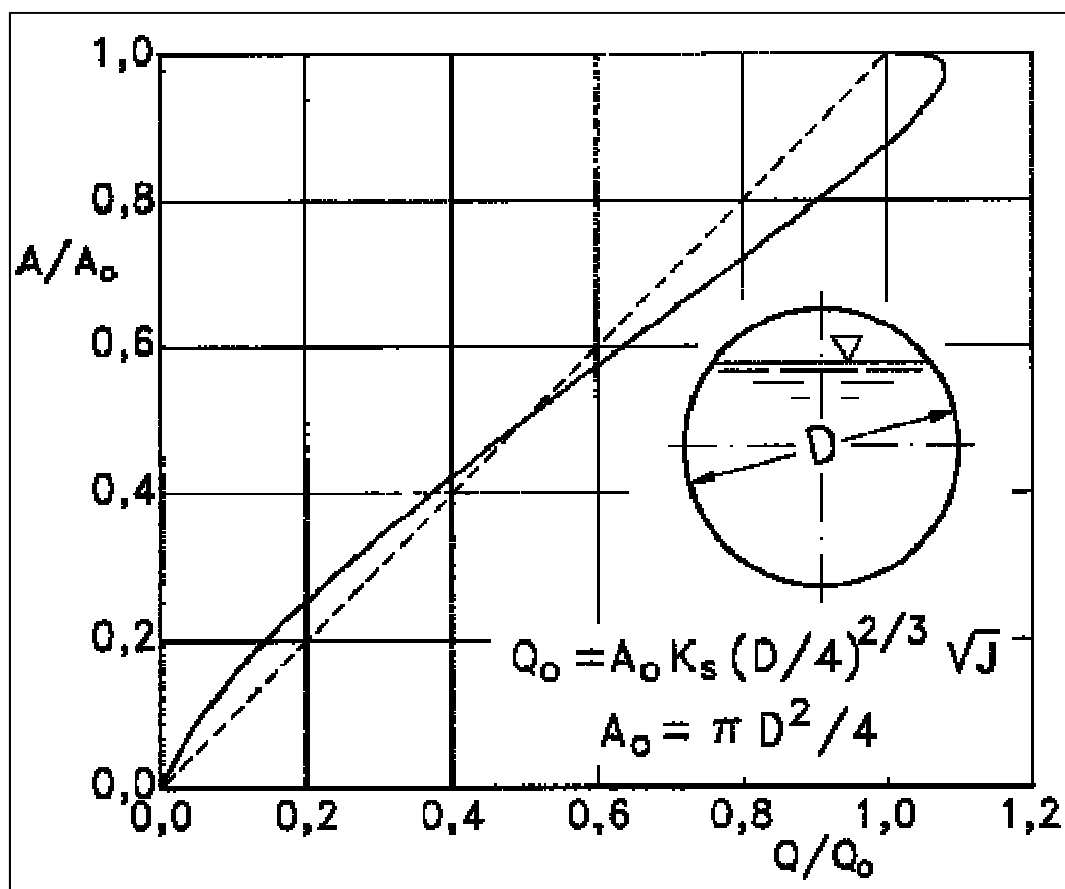


Figura 16 – Andamento della portata in funzione della sezione liquida in una condotta circolare. Q_0 (portata

che defluisce per un'area bagnata pari alla sezione della condotta Ao). Q e A sono la portata e l'area bagnata per la sezione liquida considerata

In base alle relazioni esposte la percentuale della sezione della condotta occupata dall'acqua per i tre scenari di riferimento sono riportati nella tabella seguente.

Lunghezza condotta (m)	700		
Diametro interno (m)	1,00		
n	0,0125		
i	0,002		
Ao (m²)	0,79		
Qo (m³/s)	1,12		
Scenario di riferimento	Tr 20 anni	Tr 100 anni	Tr 200 anni
Portata di progetto (m³/s)	0,21	0,27	0,30
Rapporto Q/Qo	0,19	0,24	0,27
Percentuale di riempimento %	29	33	35
Velocità di deflusso (m/s)	1,08	1,16	1,20

Tabella 19 – Parametri utilizzati per la verifica idraulica della condotta di scarico (parte superiore della tabella); risultati della verifica: percentuale di riempimento della sezione della condotta e velocità di deflusso in funzione delle portate di progetto

12. Conclusioni

Il presente elaborato è stato redatto al fine di determinare i parametri progettuali del cumulo di materiali di scavo in esubero rispetto ai fabbisogni determinati dalla realizzazione delle opere in progetto.

L'elaborato costituisce pertanto il documento per la progettazione geotecnica dell'intervento di recupero ambientale della cava di proprietà della Soc. COGEFA Spa, sita nel Comune di Torrazza P.te. L'intervento proposto consiste nella messa a dimora di materiale di scavo atta alla realizzazione di un cumulo articolato in due livelli di 5 m di altezza raccordati da un gradone, in appoggio agli attuali limiti di cava.

Nell'ambito del piano di utilizzo dei materiali di scavo (rif. **PD2C3BTS32009**), redatto ai sensi del DM 161 del 10/08/2012, l'area oggetto del presente studio rappresenta un **sito di destinazione** (art. 1, comma 1, lett. n del DM 161 del 10/08/2012). Il sito oggetto di studio interessa un'area soggetta ad attività estrattiva ubicata in località C.na Goretta, nel settore settentrionale del territorio comunale di Torrazza P.te sarà raggiunto via treno dalla piana di Susa, dopo un percorso di circa 82 km.

Al fine di valutare la compatibilità dell'intervento con il contesto geologico e geomorfologico dell'area è stato definito il quadro geologico, di pericolosità geomorfologica e il quadro idrogeologico: l'area di cava interessa una porzione del terrazzo di origine fluviale originatosi a seguito dell'attività del fiume Dora Baltea, che ha determinato il modellamento dei depositi fluvio-glaciali che caratterizzano l'area di cava. Oltre ai depositi fluvio-glaciali ghiaioso-sabbiosi wurmiani (MIS 2-4), sono presenti depositi argillosi (a W di C.na Goretta) di origine lacustre. Ad ovest del sito sono depositi alluvionali del reticolo idrografico principale: questi sono distinti in depositi alluvionali recenti ghiaioso-sabbiosi e depositi fluvio-glaciali o alluvionali medio-recenti, rappresentati da materiali sabbioso-limosi con lenti argillose. L'area di cava è adiacente ad un'area ad esondazione a pericolosità media o moderata (Em),

cartografata dal PAI. In base ai dati del PAI, l'area di cava risulta non ricade all'interno delle fasce fluviali o di altri dissesti areali.

Per quanto concerne l'assetto idrogeologico, per l'area di progetto l'acquifero di interesse è rappresentato dal *Complesso Superficiale* (depositi a granulometria ghiaioso-sabbiosa, con subordinate intercalazioni limoso-argillose, in genere di limitata estensione), che ospita una falda libera. Per l'area di progetto lo spessore stimato del Complesso Superficiale è di circa 50 m. Il deflusso della falda libera è verso SE con drenaggio da parte del fiume Dora Riparia. Rispetto alle attuali quote del piano di coltivazione (mediamente posto a 185 m s.l.m.) la soggiacenza della falda è di circa 10 m dal piano campagna.

La scelta della geometria del cumulo è basata sui seguenti fattori:

- contesto geomorfologico dell'area
- distribuzione degli impianti operanti presso l'area di cava
- individuazione nel corso dei sopralluoghi di aree di pregio naturalistico
- layout del progetto del polo logistico intermodale come trasmesso da COGEFA Spa nel mese di luglio 2012.

Sulla base del censimento degli elementi considerati nella definizione della geometria del cumulo, sono state individuate le aree che non interferiscono con le strutture esistenti, o in progetto, o con le aree di pregio naturalistico. In base a queste considerazioni è stato definito un cumulo con volume di circa 850.000 m³.

Sulla base della geometria definita per il cumulo in progetto sono state condotte le verifiche di stabilità lungo le tre sezioni (AA', BB' e CC') di riferimento (rif. PD2C3BTS30047), ai sensi del DM 14/08/2008, secondo l'approccio 1, combinazione 2 (A2+M2+R2). In questa configurazione il pendio è stabile se i coefficienti di sicurezza sono superiori a 1,1. I fattori di sicurezza minimi per le sezioni considerate sono risultati superiori a tale valore.

Per la verifica della capacità portante del terreno su cui sarà realizzato il cumulo e la valutazione della pressione limite (ql) in condizioni dinamiche è stata utilizzata la formula di HANSEN. In base al D.M. 14/01/2008 per il calcolo della capacità portante è stato adottato l'approccio 2 (A1+M1+R3). Ai sensi del D.M. 14/01/2008 (approccio 2), applicando alla pressione limite un coefficiente di sicurezza pari a 2,3, la pressione ammissibile è superiore a quella esercitata dal carico applicato.

Le opere di drenaggio previste lungo la superficie del cumulo, per la regimazione delle acque superficiali, sono distinte in tre categorie:

- 1) canalette di drenaggio perimetrali in roccia mediamente lavorata: sezione trapezoidale con base minore 0,66 m, base maggiore 2 m, altezza 1 m e inclinazione delle sponde 56°;
- 2) canalette di drenaggio lungo le berme, alla base delle scarpate in roccia mediamente lavorata: sezione rettangolare con base 1 m, profondità 0,5 m;
- 3) pozzetti di laminazione in calcestruzzo posti all'intersezione tra le canalette perimetrali e quelle lungo le berme: altezza 1,5 m, base quadrata di lato 2 m.
- 4) vasca di sedimentazione per la raccolta delle acque del pendio e tubazione a sezione circolare in calcestruzzo per il recapito delle acque nel corpo idrico ricevente Roggia dei Molini.

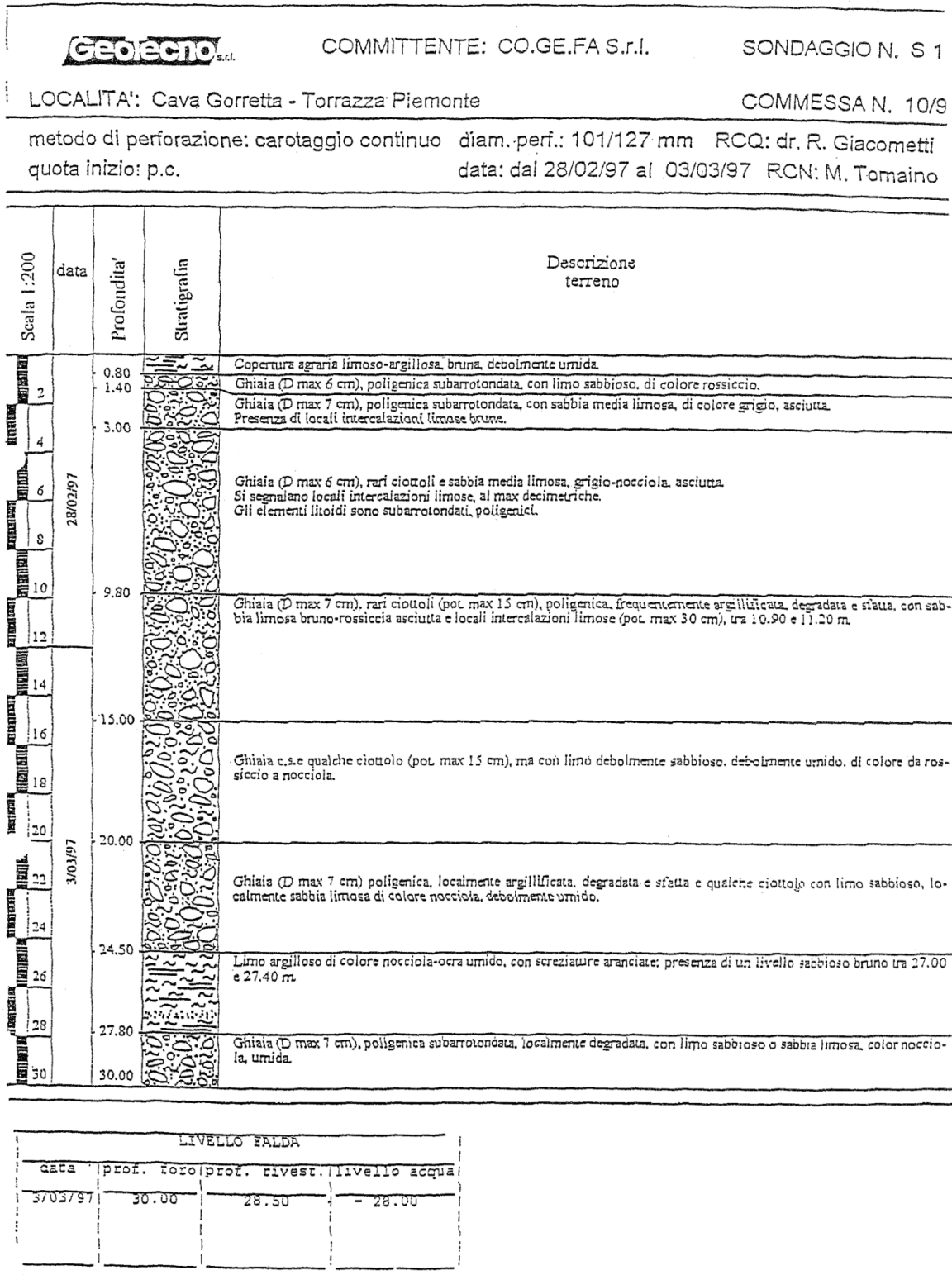
Per prevenire la formazione di una falda all'interno del cumulo è prevista la realizzazione di dreni sub-orizzontali posti alla base delle scarpate con lunghezza di circa 25 m. La topografia attuale dell'area è caratterizzata per una debole pendenza verso SSE, con un dislivello medio tra il settore N e quello S di circa 4-5 m. Le canalette perimetrali e quelle lungo le berme drenano l'acqua verso il margine S del cumulo, in corrispondenza del pozzetto di laminazione posto al vertice SE. L'analisi idrologica è condotta in accordo con le indicazioni della "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per la progettazione e le verifiche di compatibilità idraulica" (Allegato 1 del PAI). Sulla base delle portate di progetto calcolate, le sezioni dei manufatti elencati in precedenza risultano verificate.

13. Bibliografia

- Bortolami, G., De Luca, D., & Filippini, G. (2002). *Le acque sotterranee della pianura di Torino – Carta della base dell'acquifero superficiale. Note Illustrative*. Torino: Provincia di Torino.
- Bove, A., Destefanis, E., De Luca, D. A., Masciocco, L., Ossella, L., & Tonussi, M. (2004). *Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell'acquifero superficiale nel territorio della Provincia di Torino*. Torino: Regione Piemonte.
- Caivano, A. M. (2003). *Rischio idraulico e idrogeologico*. Roma: Epc Libri.
- Certaro, F. (2007). *Ingegneria geotecnica e geologia applicata* (Prima edizione ed.). Roma: EPC Libri.
- De Luca, D. A., Masciocco, L., Bove, A., Destefanis, E., Ossella, L., & Tonussi, M. (2004). *Carta delle isopiezometriche della superficie della falda idrica a superficie libera (estate 2002)*. Provincia di Torino. Torino: Regione Piemonte.
- Geostudio. (2009). *Cava di sabbia e ghiaia in località "C.na Goretta" dei Comuni di Torrazza Piemonte e Rondissone (TO). Relazione tecnico – illustrativa - ex L.R. n. 69/78*. Torino: COGEFA spa.
- Jamiolkowski, M., & Pasqualini, E. (1976). *Sulla determinazione e scelta dei parametri geotecnici che intervengono nelle verifiche di stabilità dei pendii naturali e artificiali*. Torino: Politecnico di Torino.
- Magnetti, R., & Rossello, E. (2006). *Ampliamento per la messa in sicurezza e recupero finale (Anno 2006) - Relazione geologica-tecnica*. Torino: Ing. Vito Rotunno srl.
- Morgenstern, N., & Price, V. (1967). A numerical method for solving the equations of stability of general slip surfaces. *Computer Journal*, 9, 388–393.
- Savasta, G. (2009). *Autorizzazione, messa in sicurezza e recupero finale della cava di serpentino sita in località "Truc Le Mura" - Relazione geologico-tecnica: verifiche gradoni sommitali di cava. Integrazioni dicembre 2009*. Torino: Ing. Vito Rotunno srl.
- Savasta, G. (2011). *Autorizzazione, messa in sicurezza e recupero finale della cava di serpentino sita in località "Truc Le Mura" - Relazione geologico-tecnica: verifiche gradoni sommitali di cava. Integrazioni giugno 2011*. Torino: Ing. Vito Rotunno srl.

14. Allegato 1

Stratigrafie dei sondaggi S1 e S2 (Geostudio, 2009).





COMMITTENTE: CO.GE.FA S.r.l.

SONDAGGIO N. 5

LOCALITA': Cava Gorretta - Torrazza piemonte

COMMESSA N. 10/

metodo di perforazione: carotaggio continuo diam. perf.: 101/127 mm RCQ: dr. R. Giacometti
 quota inizio: p.c. data: dal 04/03/97 al 05/03/97 RCN: M. Tomaino

Scala 1:200	data	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione terreno
		0.45		Copertura agraria limosa, bruna, e ghiaia (D max. 4 cm), poligenica subarrotondata.
2				Ghiaia (D max 7 cm), qualche ciottolo, poligenica subarrotondata, e sabbia media, da debolmente limosa a limosa, di colore grigio, asciutta. Presenza di rare intercalazioni limose di colore bruno-rossastro.
4				
6				
8	4/03/97	9.00		
10				
12				
14		12.50		Ghiaia (D max 7 cm), rari ciottoli poligenici, frequentemente alterati e/o sfatti, con limo sabbioso nocciola, asciutto; localmente, presenza di limo argilloso, di colore rossastro-nocciola.
16				Ghiaia (D max 7 cm) poligenica subarrotondata, con sabbia limosa grigia sciutta. Ghiaia (D max 6 cm) e limo sabbioso o sabbia limosa, di colore nocciola oca, con screziature varicolori, debolmente umido. Gli elementi litoidi sono frequentemente argillificati, alterati o degradati.
18		17.20		
20		18.00		
22	5/03/97	22.50		
24				
26				
28				Limo di colore nocciola con ghiaia (D max 3 cm) al tetto e al letto passante a limo argilloso, con intercalazioni di sabbia limosa da 24.00 a 24.60 m, di colore nocciola oca, umido.
30		29.00		Ghiaia (D max 4-5 cm) poligenica, subarrotondata, localmente degradata, con sabbia limosa, di colore nocciola oca, umida.
		30.00		

LIVELLO FALDA			
data	prof. foro	prof. elvest.	livello acqua
5/03/97	30.00	28.50	28.00

15. Allegato 2 Rapporto geofisico indagini MASW

LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

REVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE – REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO
CUP C11J05000030001

CAMPAGNE DE RECONNAISSANCES PAR MASW/ CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE MASW

CLASSIFICATION SISMIQUE DES TERRAINS PAR LA MASW – SECTEURS A L'AIR LIBRE ITALIE –
ZONE P9SITE DE TORRAZZA

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI CON IL METODO MASW – SETTORI ALL'APERTO ITALIA –
ZONA P9SITO DI TORRAZZA

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
	17.12.2012	Version préliminaire	RBR-Geo2X		
	27.01.2013	Versione italiana	RBR-Geo2X		
	15.03.2013	Versione finale	V.Métraux – Geo2X	P.Radogna - RBR	JENNY Jacques GEO2X W-GEOSOFT CH-1377-OLSENS TEL/FAX +41 21 881 48 00

CODE DOC	P	D	2	G	E	X	G	2	X	0	0	1	0	0
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	GEX	//	//	02	00	00	10	10
------------------------------	------------	----	----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

ECHELLE / SCALA



LTF sas – 1091 Avenue de la Boisse- BP 80631 – F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)
Tel : +33 (0)4 79 68 56 50 – Fax : +33 (0)4 79 68 56 75
RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952
Propriété LTF Tous droits réservés – Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

Ce projet
est cofinancé par
l'Union européenne
(DG-TREN)



Questo progetto
è cofinanziato
dall'Unione europea
(TEN-T)

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI CON IL METODO MASW – SETTORI ALL'APERTO ITALIA – ZONA P9 SITO DI TORRAZZA

Le società RBR Geophysics GmbH e Geo2X SA, per conto della Lyon-Turin Ferroviaria (LTF), hanno effettuato, nella zona P9 sito di Torrazza, l'acquisizione di tre profili di tipo Masw in data 27/11/2012.

Attraverso l'analisi ed il processing dei dati è stato ricostruito un grafico, che descrive l'andamento delle velocità (V_s) con la profondità, per ogni tiro di offset effettuato. Tali valori sono stati poi mediati, ed è stato fornito un valore medio di V_s caratterizzante la zona. L'elaborazione del profilo mediante la tecnica CMPCC permette la restituzione di un profilo bidimensionale dell'andamento delle V_s .

Il valore medio delle V_{s30} per i profili P9000, 9100 e 9200 è rispettivamente di 384 m/s, 387 m/s, 382 m/s. La buona omogeneità delle velocità e l'assenza, entro i trenta metri di profondità, del substrato sismico ($V_s > 800$ m/s) suggeriscono una classificazione del terreno di tipo B; essendo, però il valore medio prossimo al limite inferiore della categoria si suggerisce una classificazione del suolo di tipo C.

CLASSIFICATION SISMIQUE DES TERRAINS PAR LA MASW – SECTEURS A L'AIR LIBRE ITALIE – ZONE P9 SITE DE TORRAZZA

La société RBR Géophysique GmbH et Geo2X SA a réalisé pour le compte de Lyon-Turin Ferroviaria (LTF) trois profils de type MASW le 27/11/2012 sur le site P9 « Torrazza».

L'analyse et le traitement des données a permis de reconstruire un graphique qui décrit l'évolution de la vitesse (V_s) en fonction de la profondeur et de la distance. Ces valeurs ont ensuite été moyennées, de façon à fournir une valeur de la vitesse V_s caractérisant la zone.

L'application de la technique de CMPCC a permis de proposer un profil bidimensionnel de la tendance de V_s .

La valeur moyenne des V_{s30} des profils P9000, P9100 et P9200 est, respectivement, de 384 m/s, 387 m/s et 382 m/s. L'homogénéité des vitesses sur les trente mètres de profondeur de la section et l'absence de substratum sismique ($V_s > 800$ m/s) fait que le terrain reçoit la classification de type B. La proximité de ces valeurs avec la limite inférieur du type B suggère, par précaution, une classification en type C.

ACCORDO-QUADRO AC012 - LOTTO N° 3
CONTRATTO N° MS015
Zona P9 - Rapporto Geofisico



Dicembre 2012

Geo2XSA

Rue du Centre 6
CH-1277 Oulens-sous-Echallens
Switzerland
Phone/Fax +41 21 881 48 00
Mobile +41 76 383 75 72
Email : info@geo2x.com
www.geo2x.com



R.B.R. Geophysics GmbH
environmental and engineering geophysics

Muehlegasse 18
CH-6340 Baar - Switzerland
Phone +41 41 760 62 68
Mobile +41 79 243 92 79
Email : info@rbrgeophysics.ch
www.rbrgeophysics.com

Sommario

Sommario	1
Elenco Figure	2
Elenco Tabelle	2
1. Introduzione	4
2. Descrizione del metodo MASW	8
2.1. Principi	8
2.2. Acquisizione dei dati	9
2.3. Trattamento dati	10
3. Modalità standard per l'acquisizione e l'interpretazione dei dati	11
3.1. Strumentazioni utilizzate	11
3.2. parametri di registrazione	14
3.3. Trattamento dati	15
3.3.1. Sondaggio	17
3.3.2. Profilo	17
3.4. Assegnazione della categoria di sottosuolo	19
4. Sito di indagine P9	21
4.1. Profilo P9000	23
4.2. Profilo P9100	25
4.3. Profilo P9200	27
5. Conclusioni	29
1. Allegati	30
1.1. Profilo p9000 – tiri offset	30
1.2. Profilo p9000 – controllo di qualità della modellizzazione.	38
1.3. Profilo p9000 – sezione 2d	39
1.4. Profilo p9100 – tiri offset	40
1.5. Profilo p9100 – controllo di qualità della modellizzazione	48
1.6. Profilo p9100 – sezione 2d	49
1.7. Profilo p9200 – tiri offset	50
1.8. Profilo p9200 – controllo di qualità della modellizzazione	58
1.9. Profilo p9200 – sezione 2d	59
1.10. Contenuto del supporto digitale	60

Elenco Figure

Figura 1: Situazione generale della zona P9.....	6
Figura 2: Ubicazione dei tre profili della zona P9.....	7
Figura 3: Onde di Rayleigh.....	8
Figura 4: Fenomeno della dispersione.....	9
Figura 5: Esempio di picking della curva di dispersione.....	10
Figura 6: Esempio d'inversione della curva di dispersion (ProfiloVs30).....	10
Figura 7: Caduta del peso PEG-40.....	11
Figura 8: Unità d'acquisizione del sismografo Seistronix.....	12
Figura 9: Geofono 4.5 Hz.....	13
Figura 10: Geometria d'acquisizione e nomenclatura dei punti.....	14
Figura 11: Esempio di tiro raw-offset a 20 metri.....	15
Figura 12: Analisi spettrale e picking della curva di dispersione.....	16
Figura 13: Inversione della curva di dispersione e calcolo della Vs30.....	16
Figura 14: Geometria d'acquisizione; in giallo i geofoni, in blu i tiri.....	18
Figura 15: Common Mid-Point Cross Correlation gathers.....	18
Figura 16: Esempio di sezione Vs 2D interpolata a partire da 24 modelli di velocità profondità. I valori in profondità sono ottimizzati con le informazioni provenienti dai tiri di offset.....	19
Figura 17: Curve di dispersione dei CMP e controllo di qualità.....	19
Figura 18: Categorie di sottosuolo (Tab. 3.2 II - NTC 08).....	20
Figura 19: Categorie aggiuntive di sottosuolo (Tab. 3.2 III - NTC 08) secondo le quali si prescrive l'applicazione di metodi analitici per la definizione della risposta sismica locale.....	21
Figura 20: Ubicazione dei tre profili della zona P9.....	22
Figura 21: Analisi spettrale e inversione del tiro 9030.....	23
Figura 22: Profilo MASW 2D ottenuto mediante l'analisi dei 33 tiri.....	23
Figura 23: Analisi spettrale ed inversione del tiro 9132.....	25
Figura 24: Profilo MASW 2D ottenuto mediante l'analisi dei 33 tiri.....	25
Figura 25: Analisi spettrale ed inversione del tiro 9204.....	27
Figura 26: Profilo MASW 2D ottenuto mediante l'analisi dei 33 tiri.....	27
Figura 27: Schema di sintesi delle Vs riscontrate nei punti di acquisizione.....	29

Elenco Tabelle

Tabella 1: Sintesi delle geometrie e dei quantitativi eseguiti.....	4
Tabella 2: Posizione dei profili e del sondaggio. Coordinate in UTM 32 N - WGS 84.....	7
Tabella 3: Caratteristiche del sistema d'acquisizione Seistronic EX-12.....	12
Tabella 4: Specifiche dei geofoni.....	14
Tabella 5: Esempio di calcolo delle Vs30 medie.....	17
Tabella 6: Apici dei profili. Coordinate in UTM 32 N - WGS 84.....	21
Tabella 7: Progressi della missione.....	22
Tabella 8: Sintesi delle velocità Vs30 del profilo 9000.....	24
Tabella 9: Sintesi delle velocità Vs30 del profilo 9100.....	26
Tabella 10: Sintesi delle velocità Vs30 del profilo 9200.....	28

1. Introduzione

La presente relazione propone la sintesi delle indagini eseguite nella zona P9 sito di Torrazza (Figura 1). Essa si contestualizza nell'ambito degli studi di progettazione della TAV Lione Torino, nell'area di pertinenza italiana, le società **RBR Geophysics GmbH e Geo2X SA**, per conto della Lyon-Turin Ferroviaire, hanno effettuato una campagna di indagini geofisiche relative all'acquisizione di profili e sondaggi sismici di tipo MASW (onde di superficie).

Il contratto n°MS015 riferito all'accordo quadro AC012, Lotto 3, ha incaricato gli scriventi di eseguire le indagini relativamente a dieci siti per ciascuno dei quali sono state realizzate indagini Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW). Le indagini MASW sono eseguite con lo scopo di determinare l'andamento, nel sottosuolo, delle velocità delle onde Rayleigh (V_s), come è specificatamente richiesto dalle normative italiane vigenti in merito alla progettazione geotecnica sotto azione sismica (Capitoli 6 e 7 delle NTC 08).

I risultati pertanto forniscono, oltre all'interpretazione dei dati e alla modellazione geofisica in chiave delle V_s , il valore delle V_{s30} e la categoria di suolo.

I dati sono stati acquisiti mediante due differenti configurazioni; sondaggio e profilo; il primo è costituito da un dispositivo a 24 canali posti sul terreno con un metro di intertraccia; il secondo, invece, è stato acquisito con un dispositivo a 48 canali con due metri di distanza intergeofonica. Le due diverse modalità di acquisizione sono state applicate per ottenere una curva profondità-velocità, nel caso del sondaggio; ed una sezione 2D nel caso del profilo.

Nella zona P9 sono state eseguite le seguenti indagini MASW:

- 3 profili (48 canali a 2 metri di intertraccia); P9000 – P9100 – P9200

Tabella 1: Sintesi delle geometrie e dei quantitativi eseguiti

Tipo di dispositivo	Numero di Tracce	Intertraccia	Lunghezza	Numero di Tiri	Quantità
Profilo	48	2 m	94 m	33	3
Totale			282 m	99	3

La posizione dei tiri effettuati

- Profili MASW 9000, MASW 9100 e MASW 9200 con offset a metri -20, -15, -10, -5, 101, 106, 111, 116;

L'esecuzione delle indagini e la restituzione dei dati ottenuti è stata effettuata in ottemperamento delle vigenti normative italiane nella materia specifica:

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI (2009) - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Supplemento ordinario n. 27 alla GAZZETTA UFFICIALE 26-2-2009 Serie generale - n. 47

DECRETO MINISTERO INFRASTRUTTURE (2008) – Norme Tecniche per le Costruzioni. D.M. 14 gennaio 2008. S.O. n°30 G.U. 4 febbraio 2008, n° 29.

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 2005 - Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003. Ordinanza n. 3431 del 5 marzo 2005

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI (2003) - Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003. Ordinanza n. 3316 del 2 ottobre 2003

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI (2003) - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003.

DECRETO MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI 11 Marzo 1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. G.U. 1-6-1988, n. 127 suppl.

In Figura 1 è riportata l'ubicazione e la consistenza delle indagini effettuate, per il posizionamento in coordinate assolute, effettuato con GPS differenziale, si faccia riferimento alla Figura 2.

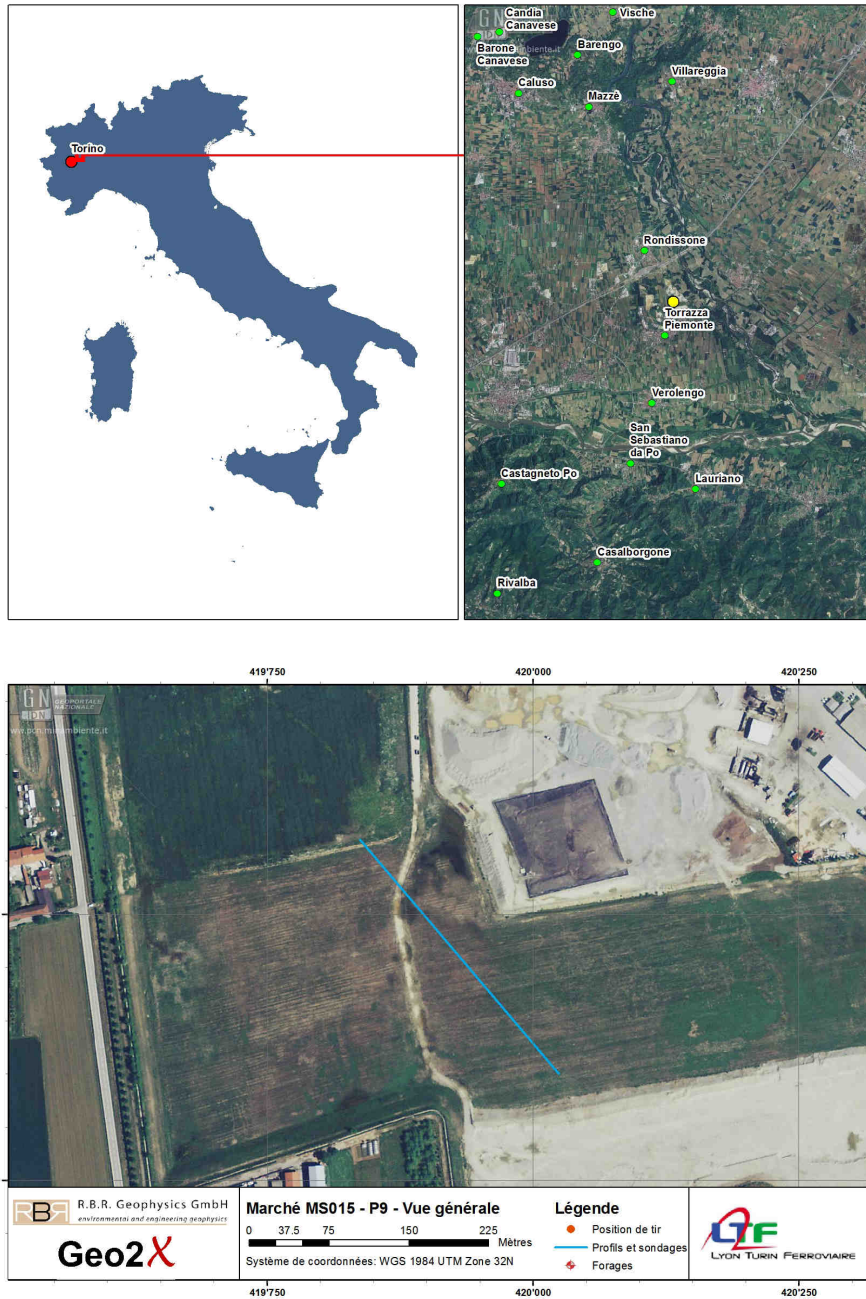


Figura 1: Situazione generale della zona P9.

Tabella 2: Posizione dei profili e del sondaggio. Coordinate in UTM 32 N - WGS 84

Id	X [m]	Y [m]
9001	420'037.30	5'008'585.00
9033	419'948.40	5'008'688.40
9101	419'975.50	5'008'658.60
9133	419'886.50	5'008'761.90
9201	419'912.00	5'008'731.40
9233	419'824.20	5'008'835.30

La figura seguente mostra la posizione dei profili acquisiti sull'immagine aerea.

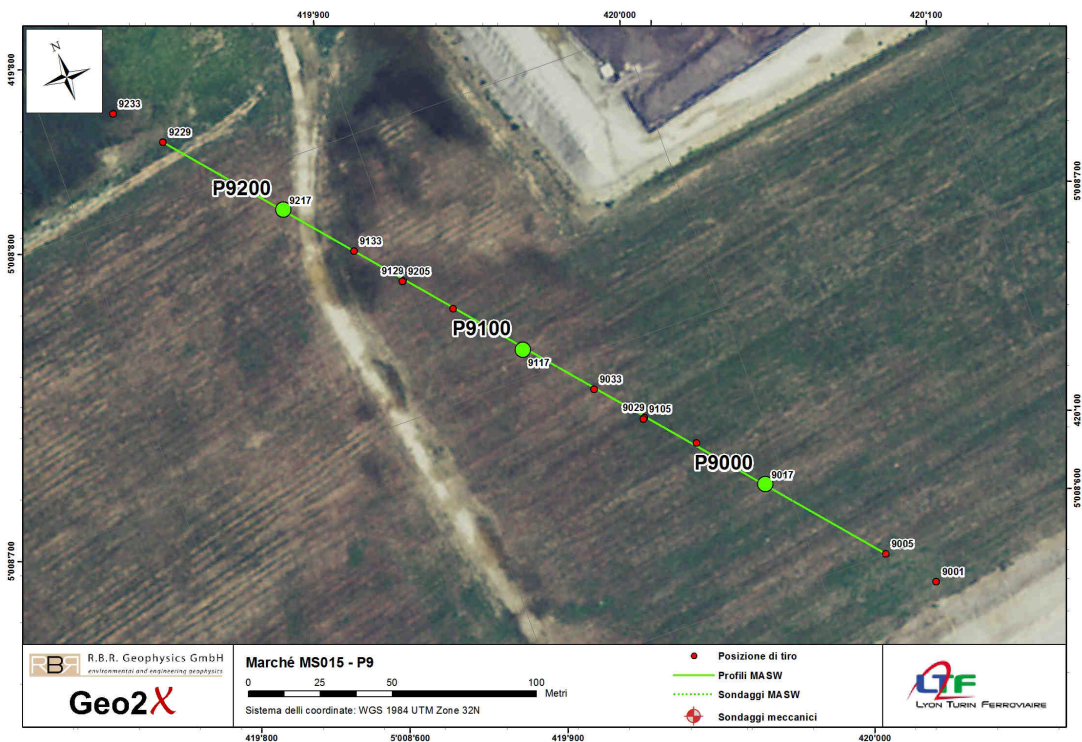


Figura 2: Ubicazione dei tre profili della zona P9

2. Descrizione del metodo MASW

Come riportato nell'introduzione lo scopo di questo lavoro ha riguardato l'esecuzione di queste due tipologie di indagine geofisica di superficie:

- I sondaggi MASW che restituiscono la curva profondità/velocità nel punto centrale del dispositivo d'acquisizione (1D)
- I profili MASW che restituiscono una sezione profondità/velocità lungo l'estensione del dispositivo d'acquisizione (2D);

Nei seguenti capitoli si sintetizzano, da un punto di vista concettuale e applicativo, le citate tecniche utilizzate descritte.

2.1. PRINCIPI

Il metodo geofisico MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica che permette di ricostruire un profilo di velocità delle onde S (V_s), mediante la misura delle onde di superficie (onde di Rayleigh Figura 3).

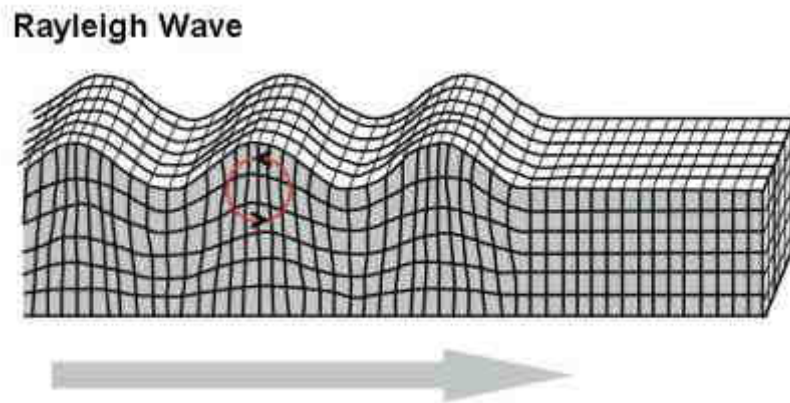


Figura 3: Onde di Rayleigh

Le onde di Rayleigh sono polarizzate su un piano verticale e si generano sulla superficie libera del mezzo quando questo viene sollecitato meccanicamente, in questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde stesse e l'ampiezza decresce esponenzialmente con la profondità. La velocità delle onde di Rayleigh è legata alla rigidità del terreno attraversato; in un terreno stratificato, tali onde, sono soggette al fenomeno della dispersione geometrica, ovvero, la velocità di fase è funzione della frequenza di propagazione (Figura 4).

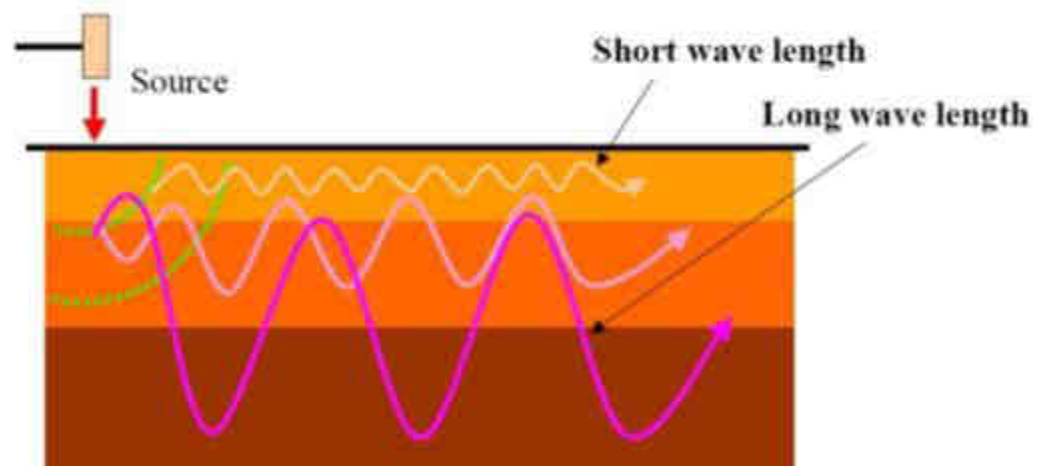


Figura 4: Fenomeno della dispersione

Le onde di superficie ad alta frequenza forniscono informazioni sugli strati più superficiali, mentre quelle a più bassa frequenza si propagano a più grande profondità.

2.2. ACQUISIZIONE DEI DATI

L'acquisizione dei dati sul terreno è stata eseguita con il seguente materiale:

- Sismografo Seistronix a 48 canali
- Geofoni verticali frequenza propria 4,5 Hz spazati minimo di un metro
- Sorgente: caduta del peso accelerato PEG-40, minimo 3 tiri sovrapposti per punto di scoppio.

I parametri d'acquisizione sono i seguenti:

- 2 secondi di registrazione
- Un campione ogni 0.5 millisecondi
- Nessun filtro è stato applicato sui dati, registrati in formato SEG-2

2.3. TRATTAMENTO DATI

Il trattamento dati viene effettuato mediante l'analisi spettrale del segnale sismico registrato (Figura 5). Vengono costruite le curve di dispersione, che legano la velocità di fase delle onde di superficie con la frequenza; tali curve sono alla base dell'inversione del profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo (Figura 6).

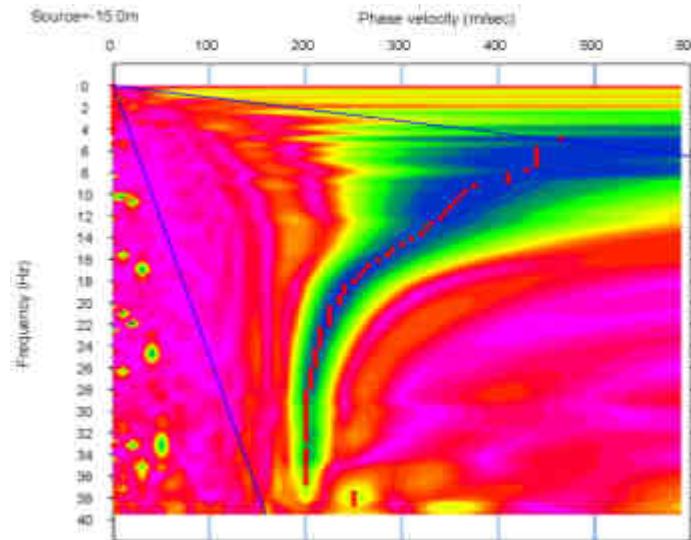


Figura 5: Esempio di picking della curva di dispersione

In fase di inversione possono essere posti dei vincoli sui risultati della sismica a rifrazione e dei limiti stratigrafici che essa può mettere in evidenza.

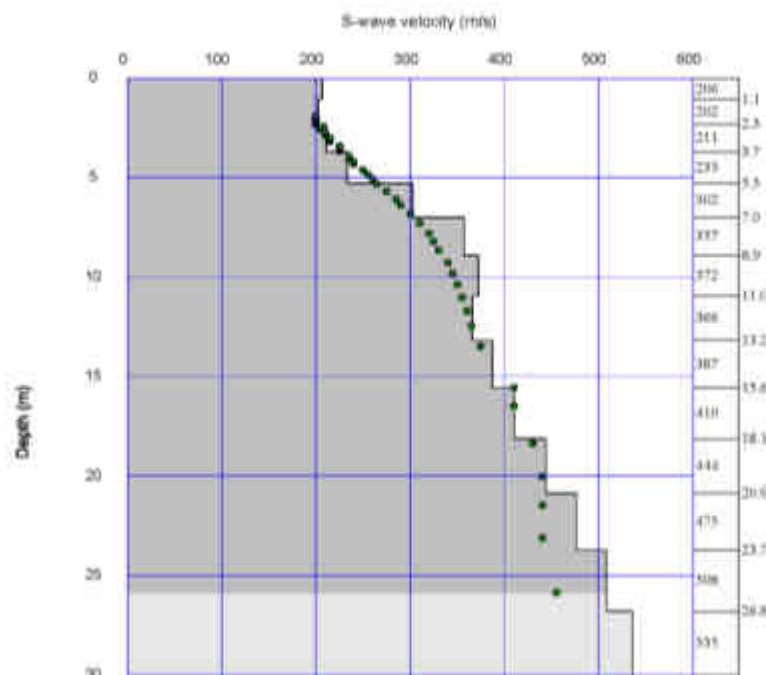


Figura 6: Esempio d'inversione della curva di dispersion (ProfiloVs30)

3. Modalità standard per l'acquisizione e l'interpretazione dei dati

3.1. STRUMENTAZIONI UTILIZZATE

Le indagini sono state effettuate con le strumentazioni di seguito riportate.

Sorgente di energizzazione

La caduta del peso accelerato PEG40 è stata utilizzata (Figura 7). Tale sorgente è sufficientemente potente per lavorare in contesti rumorosi (strade, veicoli, pedoni), come la zona circostante Susa, e permette, quindi, di mantenere un ottimo rendimento .

Una perfetta sincronizzazione tra la sorgente e il sismografo è necessaria ed il sistema utilizzato (sistema costituito da un circuito elettrico connesso al sismografo), ha permesso di mantenere una precisione ottimale nell'attivazione della registrazione.

Sismografo

E' stato impiegato come sistema di registrazione, il sistema di acquisizione EX-12 della Seistronix (Figura 8). Esso è composto da diverse unità di 12 tracce che possono essere assemblate per formare una linea fino a 3200 tracce attive. Per queste acquisizioni abbiamo lavorato con 2 unità per i sondaggi e 4 unità per i profili.

I dati sono stati registrati con un tempo di registrazione di 2 secondi ed un campionamento a 0,5 ms; la frequenza di Nyquist (la più alta frequenza registrabile senza il fenomeno dell'aliasing) è di 1000 Hz così che risulta essere largamente superiore alle frequenze registrate.

Ciascun file del formato SEG-2 ha un peso di 1Mo.



Figura 7: Caduta del peso PEG-40



Figura 8: Unità d'acquisizione del sismografo Seistronic

Tabella 3: Caratteristiche del sistema d'acquisizione Seistronic EX-12

GENERAL	
Number of Channels:	12 to 3,200. Can handle up to 600 channels per line in real-time at 2ms sample rate.
Controller:	Ethernet equipped laptop running Windows Vista/XP
Sample Intervals:	0.125, 0.25, .5, 1, 2 and 4 ms
Record Length:	4 ms - 64 sec, 2 ms - 32 sec, 1 ms - 16 sec, .5 ms - 8 sec, .25 ms - 4 sec, .125 ms - 2 sec
Noise Monitor:	Real-time, viewable between stacks.
Multiline Operation:	3,200 channels on up to 32 lines
CDP Operation:	Automatic or manual roll in single line operation, spread controlled by scripts in multiline operation.
Stacking:	Positive or negative vertical stack with unstack/restack
Cable:	8 pair, 12 takeout reversible cable
Max Box Interval:	1450ft
Max Line Interval:	1450ft, 2,900 feet with one repeater
Recording Format:	SEG-2, SEG-D 8038, SEG-D 8058
EX-12 ACQUISITION UNIT	
Channels:	12/box
A/D Resolution:	24 bits
Preamplifier Gain (PG):	12db, 24db, 36db or 48db, remotely selectable

Frequency Response:	.125ms: 2 - 3200 Hz, .25ms: 2 - 1650 Hz, .5 ms: 2 - 825 Hz, 1 ms: 2 - 412 Hz, 2 ms: 2 - 206 Hz, 4 ms: 2 - 103 Hz
Dynamic Range:	120db @ 2ms PG=12b, 118db @ 2ms PG=24db (typ)
Distortion (THD):	less than .002% at 25Hz, 2ms (typ)
Anti-Alias Filters:	4 ms 103 Hz, 2 ms 206 Hz, 1 ms 412 Hz, .5 ms 825 Hz,.25ms 1650 Hz .125ms 3300Hz
Test Oscillator:	10, 25, 50, 60, 100, 125, 200, 250 Hz or variable in 1Hz increments. Amplitude adjustable in 10 uV steps
Instrument Tests:	Internal digital tests, battery voltage, internal voltage check, crosstalk, amplifier pulse, timing verification, CMR, amplifier noise, dynamic range, gain & phase similarity, communications, and trigger verification
Spread Tests:	Geophone pulse, geophone similarity, geophone resistance, cable leakage
Operating Temp:	-40°C to 70°C

Geofoni

Sono stati impiegati geofoni la cui frequenza di risonanza è di 4,5Hz (Figura 9). Questi geofoni sono stati posizionati con una spaziatura di 2 metri per i profili ed ogni metro per i sondaggi. La maggior parte delle zone d'indagine è situata in aree asfaltate, di conseguenza è stato necessario effettuare dei fori, per assicurare un buon accoppiamento tra geofoni terreno.



Figura 9: Geofono 4.5 Hz

Tabella 4: Specifiche dei geofoni

Frequency	
Natural frequency (fn)	4.5Hz
Tolerance	+/-0.5Hz
Max. tilt angle for specified fn	10°
Typical spurious frequency	>160 Hz
Distortion	
Distortion	<=0.2%
Distortion measurement frequency	12 Hz
Max. tilt angle for distortion specification	Vertical
Coil Resistance	
Standard	395 ohm
Tolerance	+/-5%
Sensitivity	
Sensitivity	22.0 V/m/s (0.698 V/in/s)
Tolerance	+/-7.5%
Moving mass	11.2 g (0.395 oz)
Maximum coil excursion p.p.	1.52 mm (0.060 in)
Physical Characteristics	
Diameter	25.4 mm (1 in)
Height	33.0 mm (1.26 in)
Weight	86 g (3.03 oz)
Operating temperature range	-45°C to +100°C

Posizionamento GPS

Il posizionamento delle linee è stato effettuato con un GPS Trimble GeoExplorer 6000 Geo XH con precisione submetrica. Un post trattamento è stato effettuato ed ha permesso di ottenere coordinate con una precisione inferiore a dieci centimetri.

3.2. PARAMETRI DI REGISTRAZIONE

La geometria dei dispositivi e dei tiri varia tra profili e sondaggi. La figura seguente (Figura 10) presenta tali geometrie.

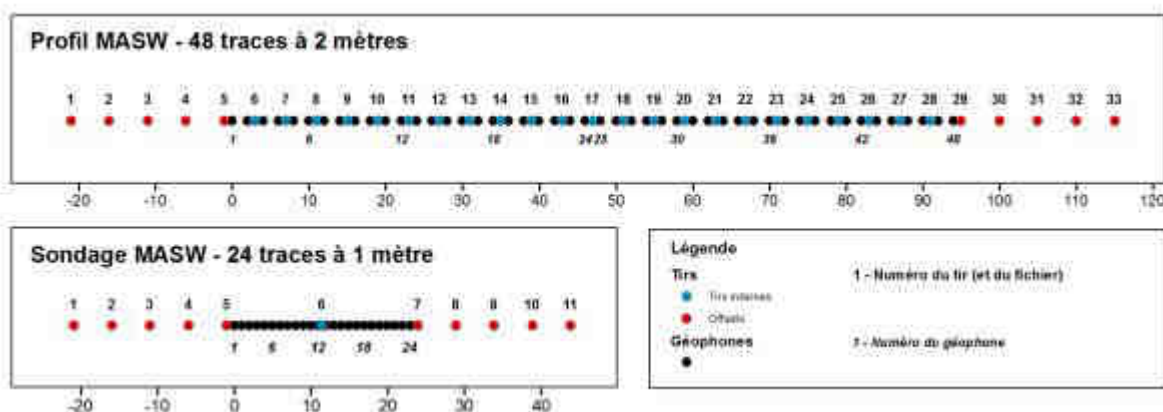


Figura 10: Geometria d'acquisizione e nomenclatura dei punti

Il dispositivo di acquisizione utilizzato per il profilo ha la seguente geometria:

48 tracce spaziate di due metri

23 tiri ogni 2 metri all'interno del dispositivo

10 tiri esterni al dispositivo (a metri -20, -15, -10, -5, -1, 95, 101, 106, 111, 116);

Il dispositivo di acquisizione utilizzato per il sondaggio ha la seguente geometria:

24 tracce spaziate di un metri

8 tiri esterni al dispositivo (-20, -15, -10, -5, 30, 35, 40, 45)

Le registrazioni sono fatte su due secondi ad una frequenza di 2000 Hz. Il tempo zero è calibrato per un tempo di reazione medio inferiore a un millisecondo. Tre colpi per ogni posizione di tiro sono stati sommati.

3.3. TRATTAMENTO DATI

Il trattamento dati è stato effettuato separatamente su ogni tiro di offset disponibile con 24 tracce per i sondaggi e 48 tracce per i profili.

Ciascuno degli otto tiri di offset è stato oggetto della seguente analisi:

- Analisi spettrale e picking della curva di dispersione a partire dal tiro raw (Figura 11, Figura 12)

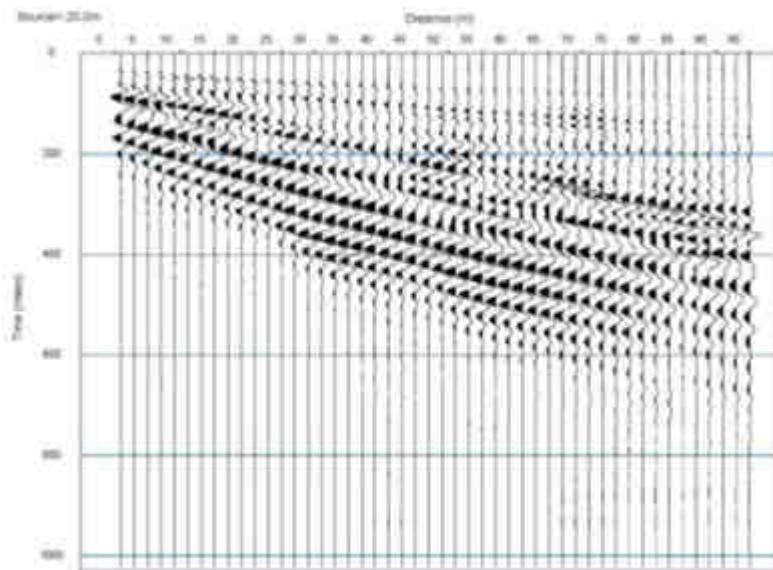


Figura 11: Esempio di tiro raw-offset a 20 metri

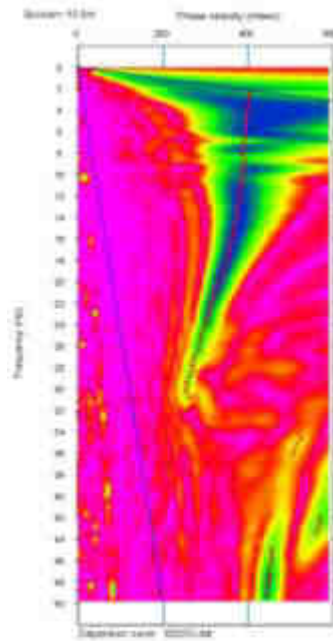


Figura 12: Analisi spettrale e picking della curva di dispersione

- Inversione della curva di dispersione (Figura 13)

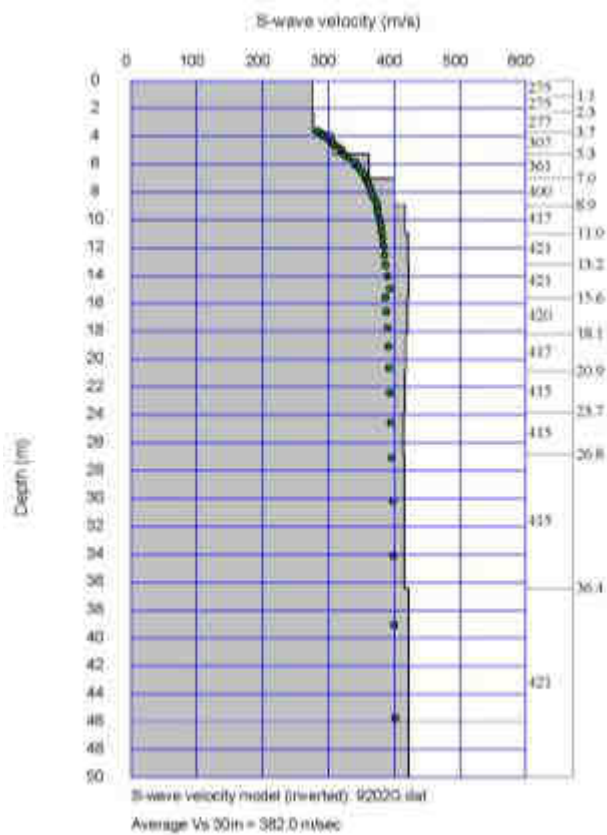


Figura 13: Inversione della curva di dispersione e calcolo della Vs30

- Calcolo del valore delle Vs30 (Tabella 5)

Con la modalità di acquisizione sopra descritta si ottengono nello stesso punto posto al centro del dispositivo, tra i il geofono 24 e 25 per i 48 canali e tra il 12 e il 13 in quello a 24 canali, 8 distinti valori di Vs30. Tali valori forniscono un'eccellente procedura per valutare la qualità del dato. Minore è la deviazione standard delle misure maggiore è la coerenza del modello sismico.

Il valore medio della Vs 30 che si fornisce al centro dello stendimento è pertanto pesato su ben 8 valori acquisiti in condizioni differenti (Tabella 5).

Il trattamento dati è stato realizzato con i moduli PickWin e WaveEq (Surface Wave Analysis) della suite Seisimager Geometrics. Il modulo Pickwin è stato impiegato per effettuare l'analisi spettrale, che mette in relazione le velocità di fase delle onde di superficie con la frequenza. Lo step successivo è la determinazione della curva di dispersione che viene effettuata con lo stesso modulo (Figura 12). Successivamente, mediante l'utilizzo del modulo WaveEq, si effettua l'inversione dei dati ed il calcolo del profilo di velocità delle Vs30 (Figura 13, Tabella 5)

Tabella 5: Esempio di calcolo delle Vs30 medie

P2000		
48 tracce, intertraccia 2 metri		
Tiro	Offset [m]	VS30 [m/s]
2001	-20	579.7
2002	-15	546.2
2003	-10	562.0
2004	-5	546.7
2030	101	553.2
2031	106	560.8
2032	111	550.2
2033	116	582.4
Media		560.2

3.3.1. Sondaggio

Per ogni sondaggio sono stati eseguiti 8 tiri di offset. Gli otto valori di Vs30 calcolati sono stati mediati per calcolare un valore rappresentativo dell'intero sondaggio (Tabella 5). Questo valore è da considerarsi localizzato al centro dello stendimento.

3.3.2. Profilo

L'analisi MASW bidimensionale è stata realizzata sui profili di 48 tracce spaziate di 2 metri. La geometria d'acquisizione comporta 33 tiri ripartiti come segue:

- 10 tiri di offset (di cui 2 end shot)
- 23 tiri nel dispositivo, un tiro ogni 4 metri
-

Il primo passo del trattamento dati 2D è costruire la geometria. Tale operazione è eseguita con il modulo PickWin dellasuite Seisimager della Geometrics. La Figura 14 mostra la geometria di acquisizione. I differenti CMP (Common Mid Point) sono calcolati a partire dalla geometria di acquisizione, il software prende in considerazione differenti combinazioni di geofoni. Da notare che la densità delle misure decresce con la profondità di investigazione (Figura 15).

Per ciascuno dei CMP si effettua l'analisi spettrale, il picking della curva di dispersione ed il calcolo di un modello velocità-profondità (Figura 16).

La Figura 17 mostra tutte le curve di dispersione calcolate, a questo punto è possibile effettuare un controllo di qualità dei dati, quindi eliminare i valori anomali e gli artefatti numerici.

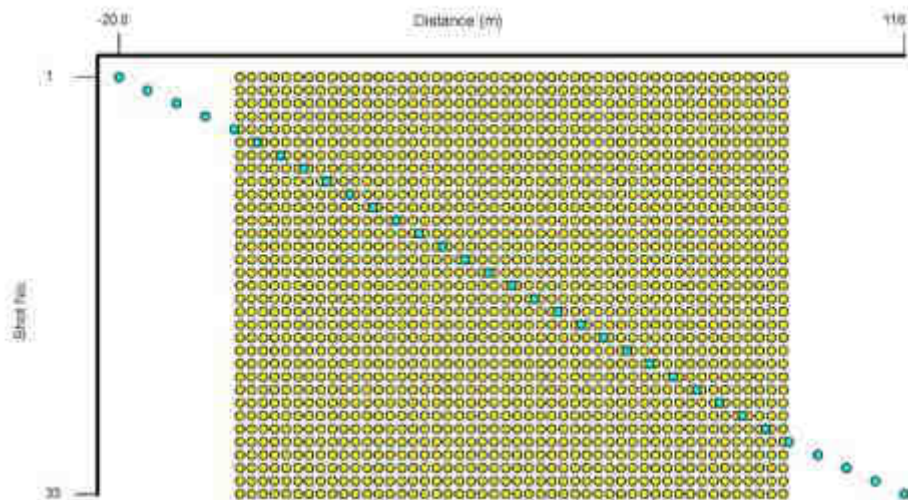


Figura 14: Geometria d'acquisizione; in giallo i geofoni, in blu i tiri

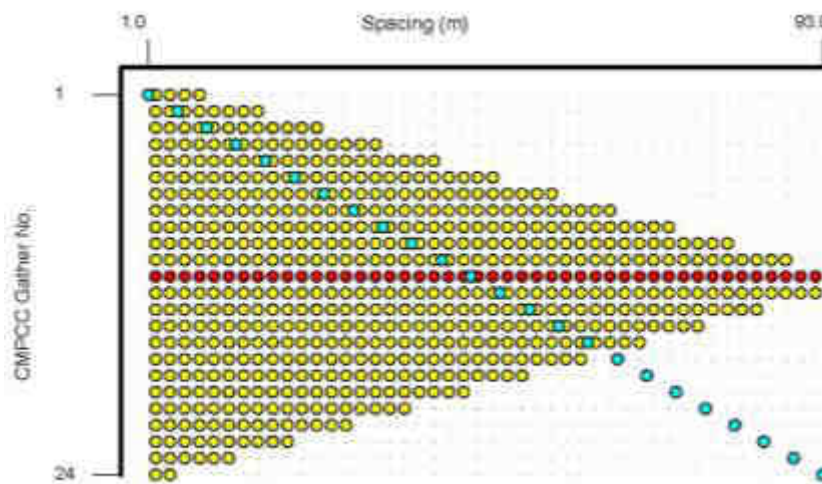


Figura 15: Common Mid-Point Cross Correlation gathers

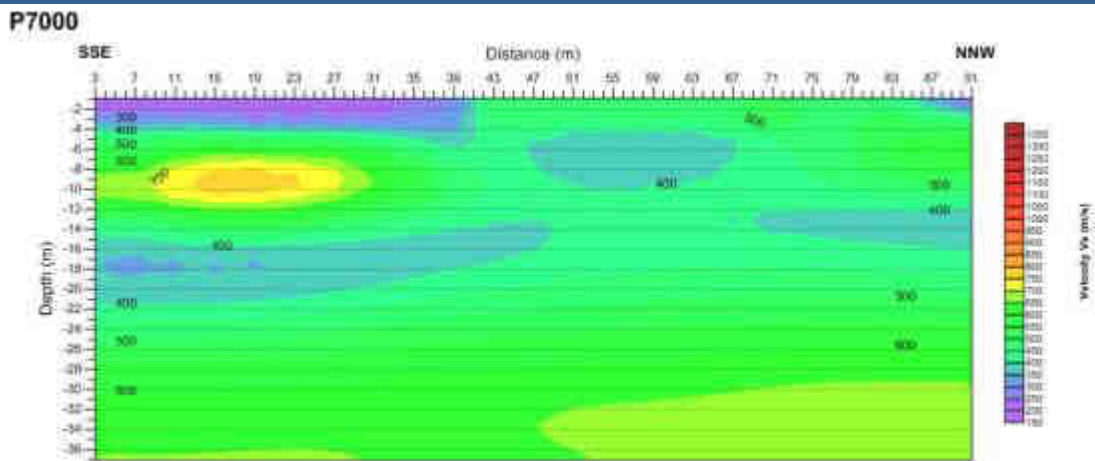


Figura 16: Esempio di sezione Vs 2D interpolata a partire da 24 modelli di velocità profondità. I valori in profondità sono ottimizzati con le informazioni provenienti dai tiri di offset.

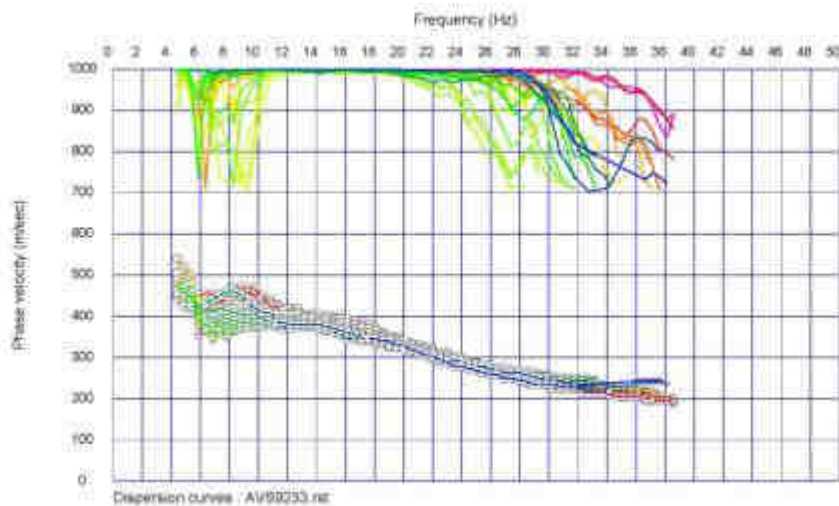


Figura 17: Curve di dispersione dei CMP e controllo di qualità

3.4. ASSEGNAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

La NTC 08, al § 3.2.2, in riferimento alle modalità di definizione dell'azione sismica di progetto, riferisce che *"si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III)".* Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità.

Nella circolare del 2 febbraio 2009 , n. 617, in relazione alle categorie di sottosuolo viene specificato quanto segue. *"Per l'identificazione della categoria di sottosuolo è fortemente raccomandata la misura della velocità di propagazione delle onde di Vs. In particolare, fatta salva la necessità di estendere le indagini geotecniche nel volume significativo di terreno interagente con l'opera, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$, definita*

mediante l'equazione (3.2.1) delle NTC. La velocità equivalente è ottenuta imponendo l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio in un terreno omogeneo equivalente, di spessore pari a 30 m, e nel terreno stratificato in esame, di spessore complessivo ancora pari a 30 m. Essa assume quindi valori differenti da quelli ottenuti dalla media delle velocità dei singoli strati pesata sui relativi spessori, soprattutto in presenza di strati molto deformabili di limitato spessore. Lo scopo della definizione adottata è quello di privilegiare il contributo degli strati più deformabili.

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]} \quad (\text{eq 3.2.1.})$$

Determinata pertanto la $V_{s,30}$ l'approccio semplificato consente di assegnare la categoria di suolo come riportato in Figura 18 e Figura 19

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT,30}$	$C_{u,30}$
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.</i>	> 800	-	-
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i>	360 - 800	> 50	> 250
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i>	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i>	< 180	< 15	< 70
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore ai 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido (con $V_{s,30} > 800$ m/s).</i>	Valori simili ai terreni di tipo C o D	Vedi C e/o D	Vedi C e/o D

Figura 18: Categorie di sottosuolo (Tab. 3.2 II - NTC 08)

S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30} > 100$ m/s) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	< 100	-	10 - 20
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti (sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica)	-	-	-

Figura 19: Categorie aggiuntive di sottosuolo (Tab. 3.2 III - NTC 08) secondo le quali si prescrive l'applicazione di metodi analitici per la definizione della risposta sismica locale

È opinione degli scriventi (e di molti autori in letteratura) che la pedissequa assegnazione della categoria in base al valore della $V_s 30$ è una procedura che può rappresentare poco oggettivamente la situazione reale senza che sia stato definito, nello specifico, il modello geologico tecnico e sismico.

Nella relazione l'assegnazione della categoria di suolo è effettuata sulla base del modello sismico ricostruito per mezzo dei sondaggi (1D) e profili (2D) delle V_s .

4. Sito di indagine P9

I dispositivi acquisiti sulla zona P9 sono tre. Tre profili da 48 tracce a due metri di interdistanza (9000, 9100 e 9200), i quali formano un profilo MASW di 282 metri. La tabella seguente ricapitola le coordinate di inizio e fine degli stendimenti.

Tabella 6: Apici dei profili. Coordinate in UTM 32 N - WGS 84

Id	Estremità stendimenti (m)	(X)	(Y)
PROFILO P9000	0	420024.1	5008600.1
	96	419961.4	5008673.1
PROFILO P9100	0	419961.0	5008672.7
	96	419899.1	5008746.4
PROFILO P9200	0	419898.7	5008746.3
	96	419837.1	5008820.1

La figura seguente mostra la posizione dei profili e del sondaggio acquisiti sull'immagine aerea.

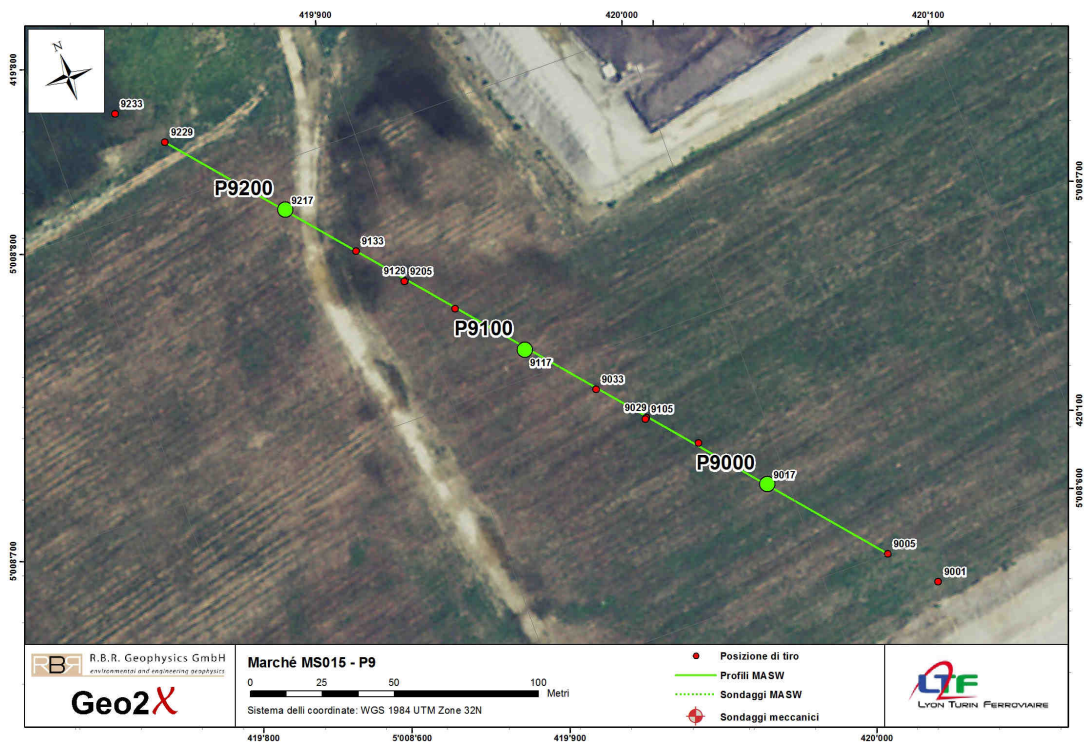


Figura 20: Ubicazione dei tre profili della zona P9

Il lavoro di terreno, durante la fase di acquisizione dati, si è svolto in condizioni meteorologiche caratterizzate dall'alternarsi di pioggia e schiarite.

Il cantiere si è sviluppato rispettando il cronoprogramma di Tabella 7

Tabella 7: Progressi della missione

Data	Realizzazione
27.11.2012, 08:45	Arrivo sul sito P9
27.11.2012, 11:45	Termine acquisizione profilo 300m
27.11.2012, 12:15	Partenza dalla zona dopo l'acquisizione

Qualità dei dati

La qualità dei dati si è rivelata molto buona. Il funzionamento ottimale della strumentazione, la condizione climatica e un basso livello di rumorosità ha reso l'analisi dei dati ottimale.

Topografia

La zona d'interesse presenta una topografia non articolata, di conseguenza si è proceduto al posizionamento dei soli tiri 1, 5, 17, 29, e 33 (Figura 20) per i profili.

4.1. PROFILO P9000

L'analisi spettrale di ciascuno degli otto tiri così come l'analisi mediante il metodo CMPCC (Common Midpoint Cross Correlation) sono presentati negli annessi 1.1 e 1.2. La figura seguente presentail tiro 9030 (offset 5 m).

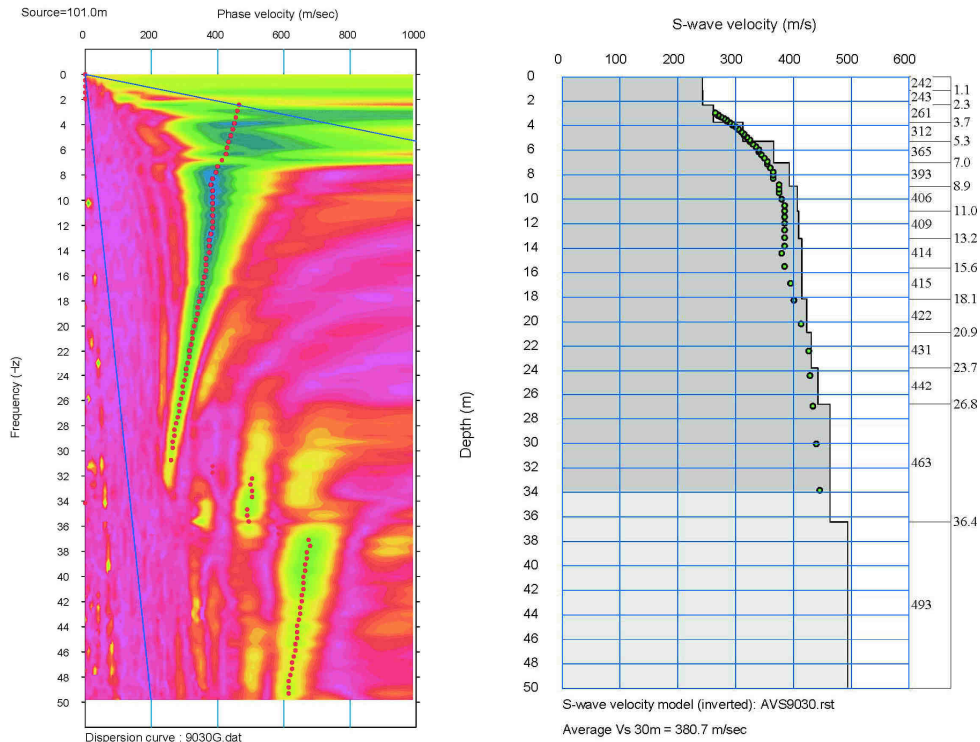


Figura 21: Analisi spettrale e inversione del tiro 9030

Il profilo bidimensionale ottenuto mediante il metodo CMPCC è presentato nell'immagine seguente e ugualmente nell'allegato 1.3.

P9000

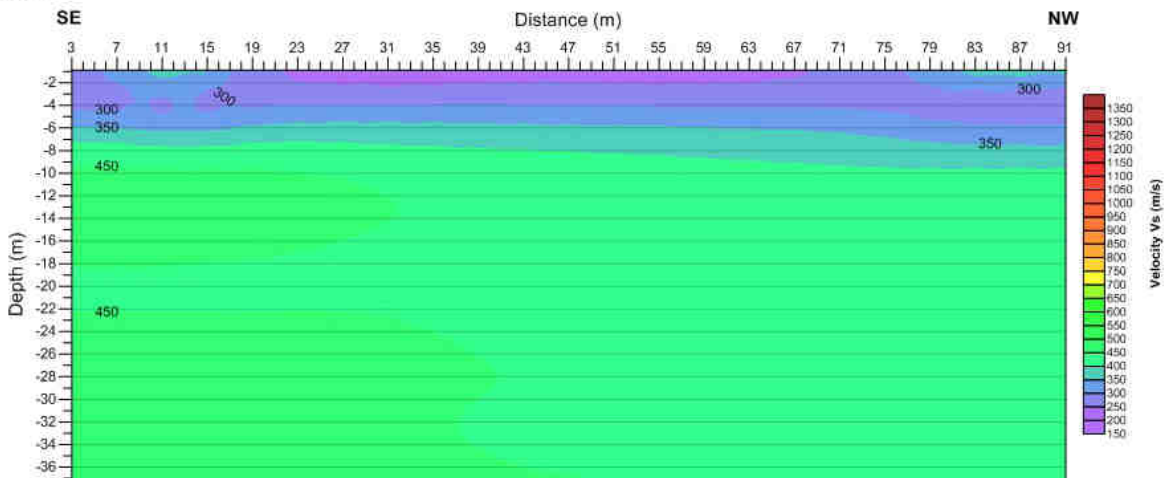


Figura 22: Profilo MASW 2D ottenuto mediante l'analisi dei 33 tiri

Questo profilo evidenzia una debole variazione laterale dei valori Vs. L'aumento progressivo e marcato delle velocità con la profondità può essere dovuto alla compattazione dei sedimenti di origine fluviale che riempiono il fondo della valle.

La seguente tabella illustra le Vs30 calcolate per gli 8 tiri e una media considerata come valore medio rappresentativo di questo sondaggio.

Tabella 8: Sintesi delle velocità Vs30 del profilo 9000

P9000		
48 tracce, inter-traccia 2 metri		
Tir	Offset [m]	VS30 [m/s]
9001	-20	388.2
9002	-15	381.2
9003	-10	393.7
9004	-5	385.5
9030	101	380.7
9031	106	375.8
9032	111	381.4
9033	116	387.4
Media		384.2
Deviazione standard		5.6

La bassa deviazione standard delle Vs30 ottenute dai differenti tiri è indicatrice di debole variazione laterale e di un trattamento dei dati coerente. La velocità Vs30 media del profilo P9000 è di 384.2 m/s.

4.2. PROFILO P9100

L'analisi spettrale di ciascuno degli otto tiri così come l'analisi mediante il metodo CMPCC (Common Midpoint Cross Correlation) sono presentati negli annessi 1.4 e 1.5. La figura seguente presenta il tiro 9132 (offset 15 m).

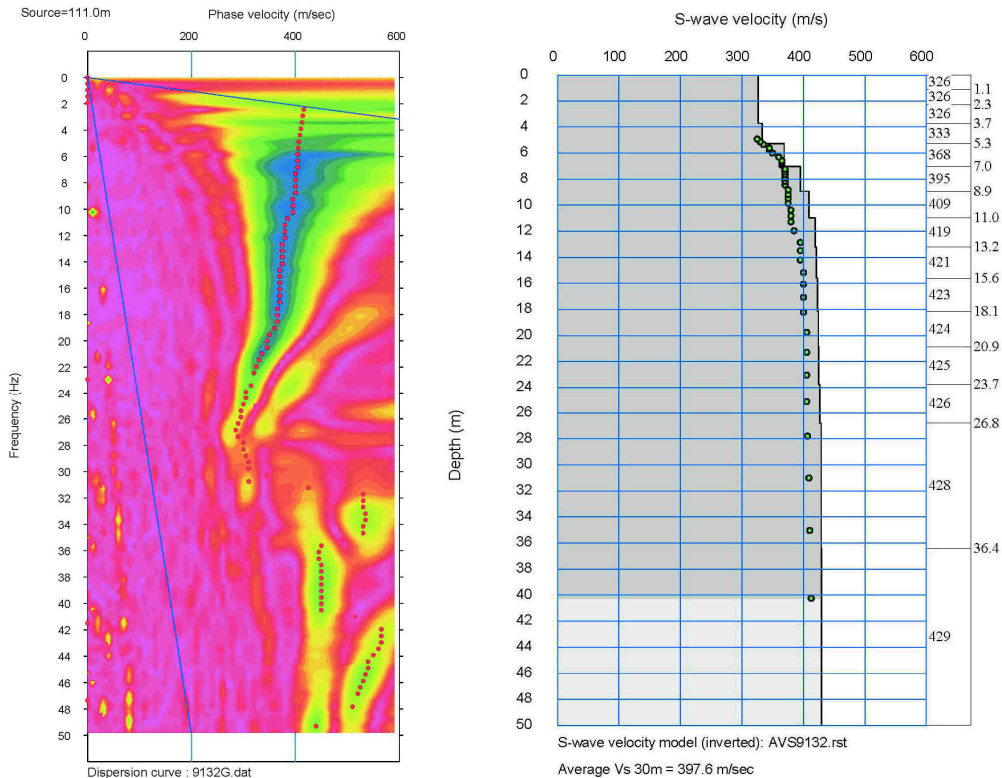


Figura 23: Analisi spettrale ed inversione del tiro 9132

Il profilo bidimensionale ottenuto mediante il metodo CMPCC è presentato nell'immagine seguente e ugualmente nell'allegato 1.6.

P9100

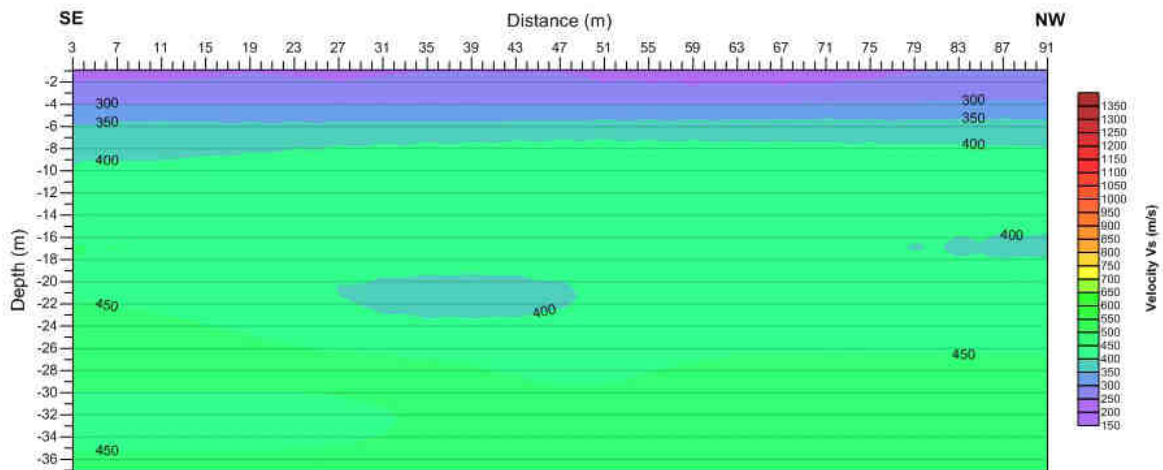


Figura 24: Profilo MASW 2D ottenuto mediante l'analisi dei 33 tiri

Questo profilo evidenzia una debole variazione laterale dei valori Vs. L'aumento progressivo e marcato delle velocità con la profondità può essere dovuto alla compattazione dei sedimenti di origine fluviale che riempiono il fondo della valle.

La seguente tabella illustra le Vs30 calcolate per gli 8 tiri e una media considerata come valore medio rappresentativo di questo sondaggio.

Tabella 9: Sintesi delle velocità Vs30 del profilo 9100

P9100		
48 tracce, inter-traccia 2 metri		
Tir	Offset [m]	VS30 [m/s]
9101	-20	392.2
9102	-15	387.4
9103	-10	379.2
9104	-5	383.0
9130	101	377.6
9131	106	383.8
9132	111	397.6
9133	116	397.4
Media		387.3
Deviazione standard		7.8

La bassa deviazione standard delle Vs30 ottenute dai differenti tiri è indicatrice di debole variazione laterale e di un trattamento dei dati coerente. La velocità Vs30 media del profilo P9100 è di 387.3 m/s.

4.3. PROFILO P9200

L'analisi spettrale di ciascuno degli otto tiri così come l'analisi mediante il metodo CMPCC (Common Midpoint Cross Correlation) sono presentati negli annessi 1.7 e 1.8. La figura seguente presenta il tiro 9204 (offset 15 m).

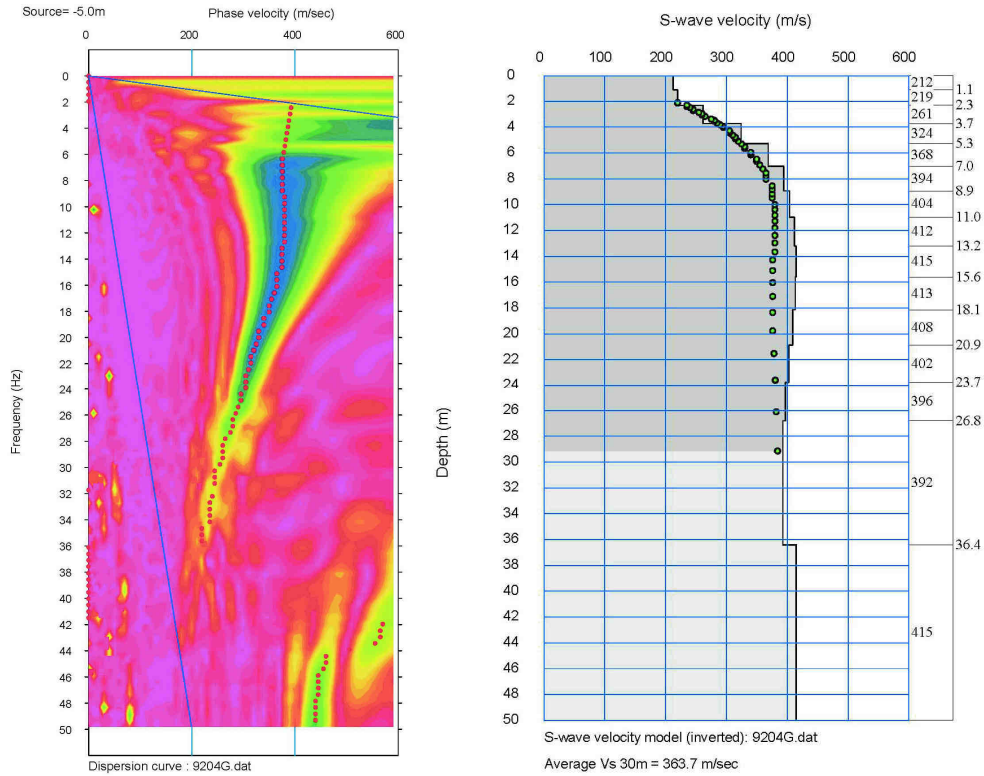


Figura 25: Analisi spettrale ed inversione del tiro 9204

Il profilo bidimensionale ottenuto mediante il metodo CMPCC è presentato nell'immagine seguente e ugualmente nell'allegato 1.9.

P9200

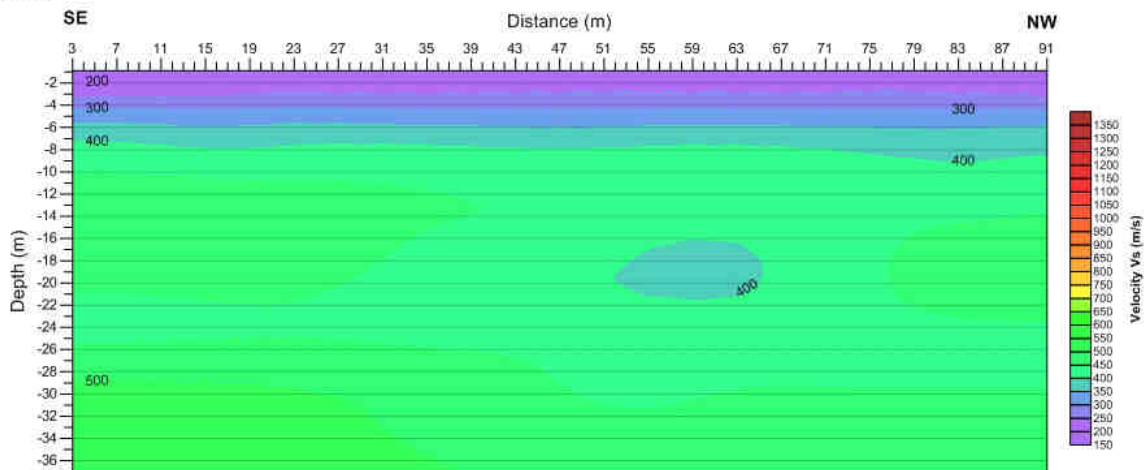


Figura 26: Profilo MASW 2D ottenuto mediante l'analisi dei 33 tiri

Questo profilo evidenzia una debole variazione laterale dei valori Vs. L'aumento progressivo e marcato delle velocità con la profondità può essere dovuto alla compattazione dei sedimenti di origine fluviale che riempiono il fondo della valle.

La seguente tabella illustra le Vs30 calcolate per gli 8 tiri e una media considerata come valore medio rappresentativo di questo sondaggio.

Tabella 10: Sintesi delle velocità Vs30 del profilo 9200

P9200		
48 tracce, inter-traccia 2 metri		
Tir	Offset [m]	VS30 [m/s]
9201	-20	375.5
9202	-15	382.0
9203	-10	394.5
9204	-5	363.7
9230	101	381.7
9231	106	376.3
9232	111	395.5
9233	116	390.2
Media		382.4
Deviazione standard		10.8

La bassa deviazione standard delle Vs30 ottenute dai differenti tiri è indicatrice di debole variazione laterale e di un trattamento dei dati coerente. La velocità Vs30 media del profilo P9200 è di 382.4 m/s.

5. Conclusioni

Nella zona P9 sono stati realizzati 3 profili di 94 metri.

L'analisi dei dati a permesso di calcolare la Vs ponderata su i primi 30 metri (Vs30) a partire dalla superficie topografica.:

Profilo 9000	384.2 m/s
Profilo 9100	387.3 m/s
Sondaggio 9200	382.4 m/s
Media	384.6 m/s

L'omogeneità delle velocità fino ai 30 m di profondità e l'assenza di velocità tipiche da bedrock fino a quella profondità indicherebbero una classificazione del suolo **ditipo B**, ma essendo il valore medio prossimo al limite inferiore della categoria si suggerisce una classificazione del suolo di **tipo C**.

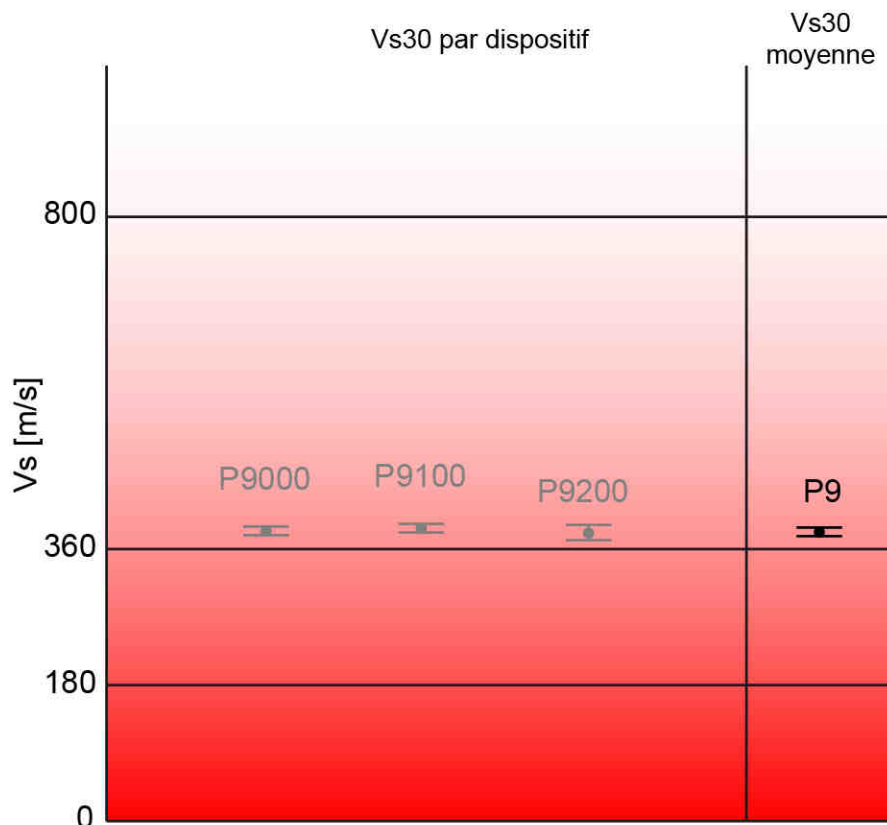
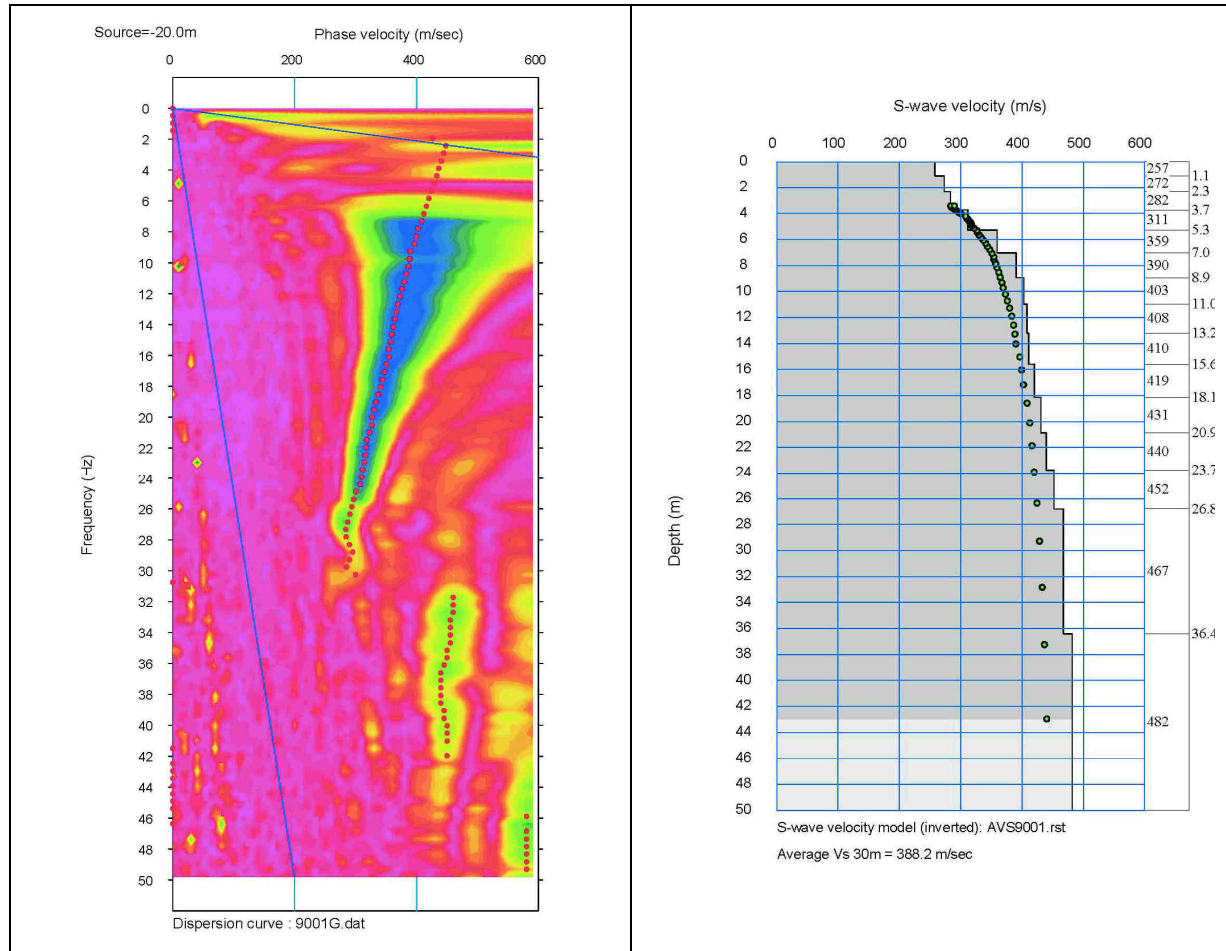


Figura 27: Schema di sintesi delle Vs riscontrate nei punti di acquisizione

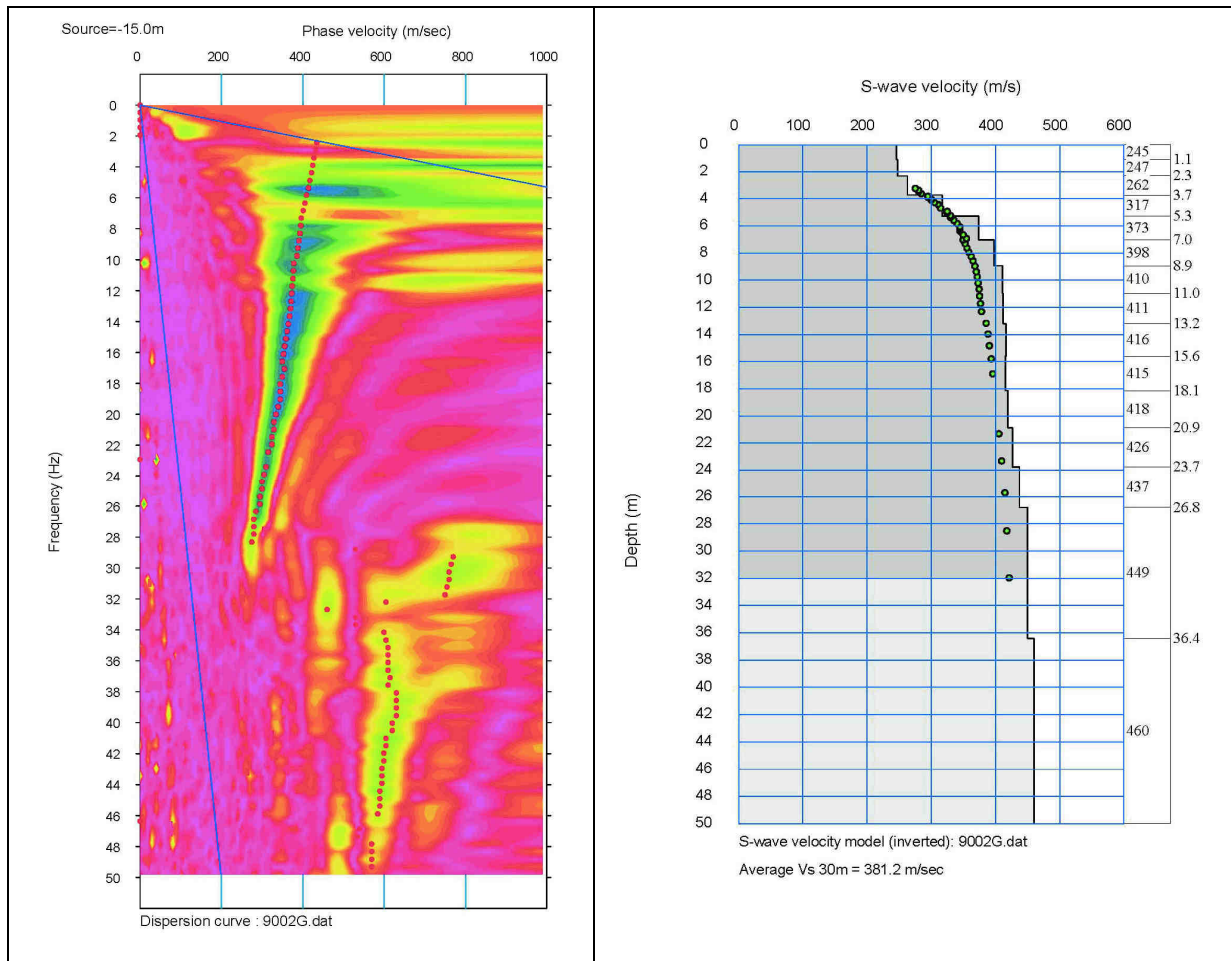
I dati sono stati approvati da un nostro geotecnico.

1. Allegati

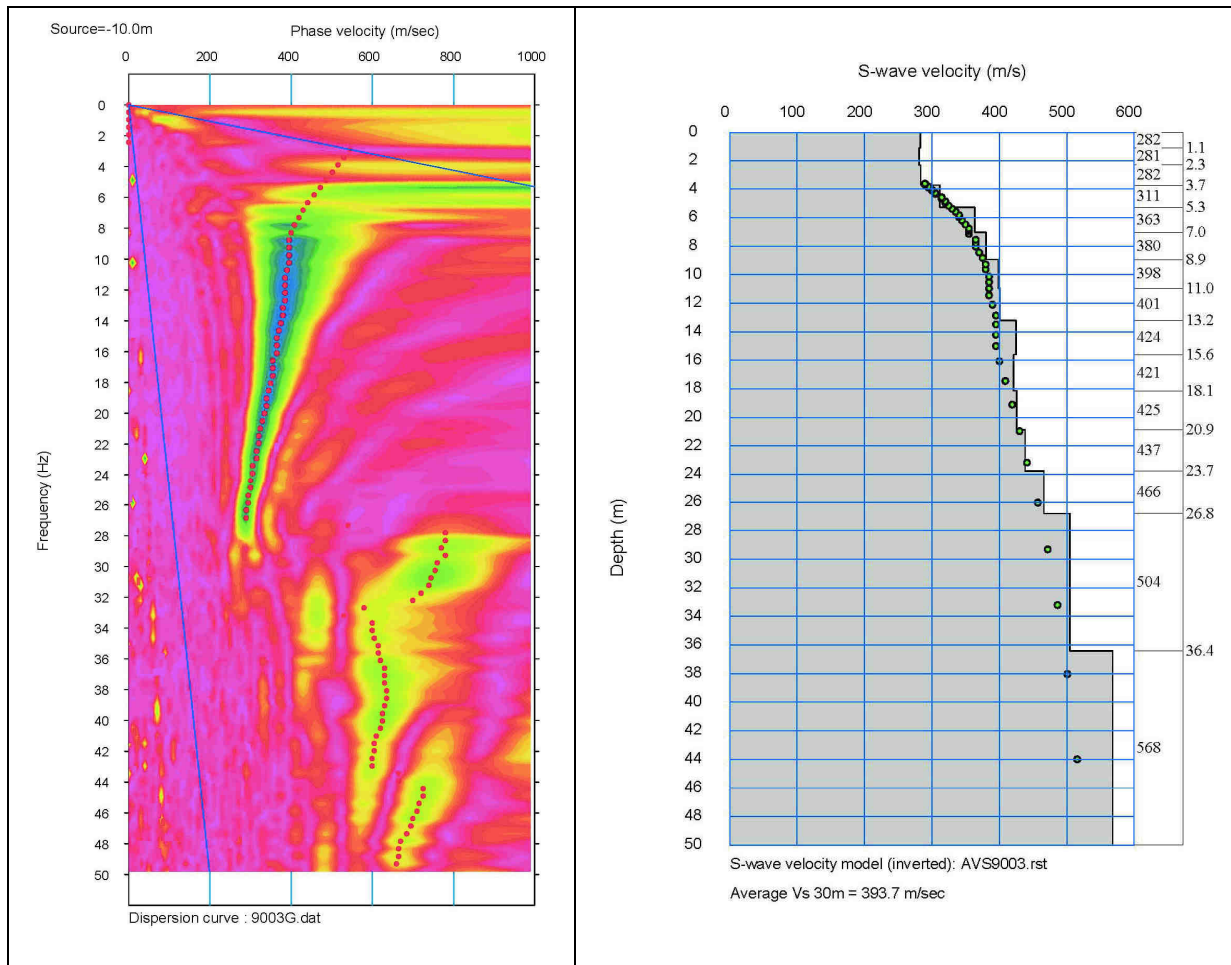
1.1. PROFILO P9000 – TIRI OFFSET



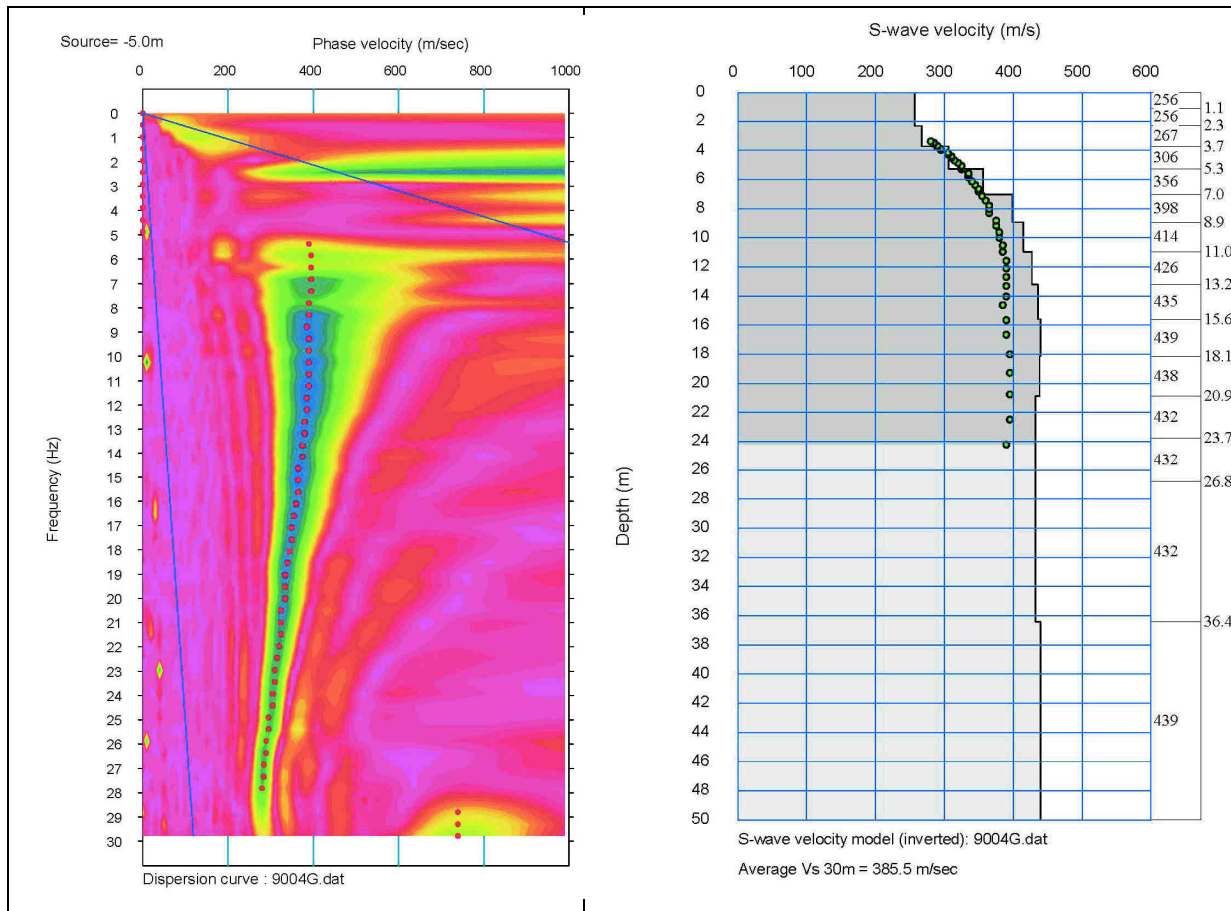
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9001



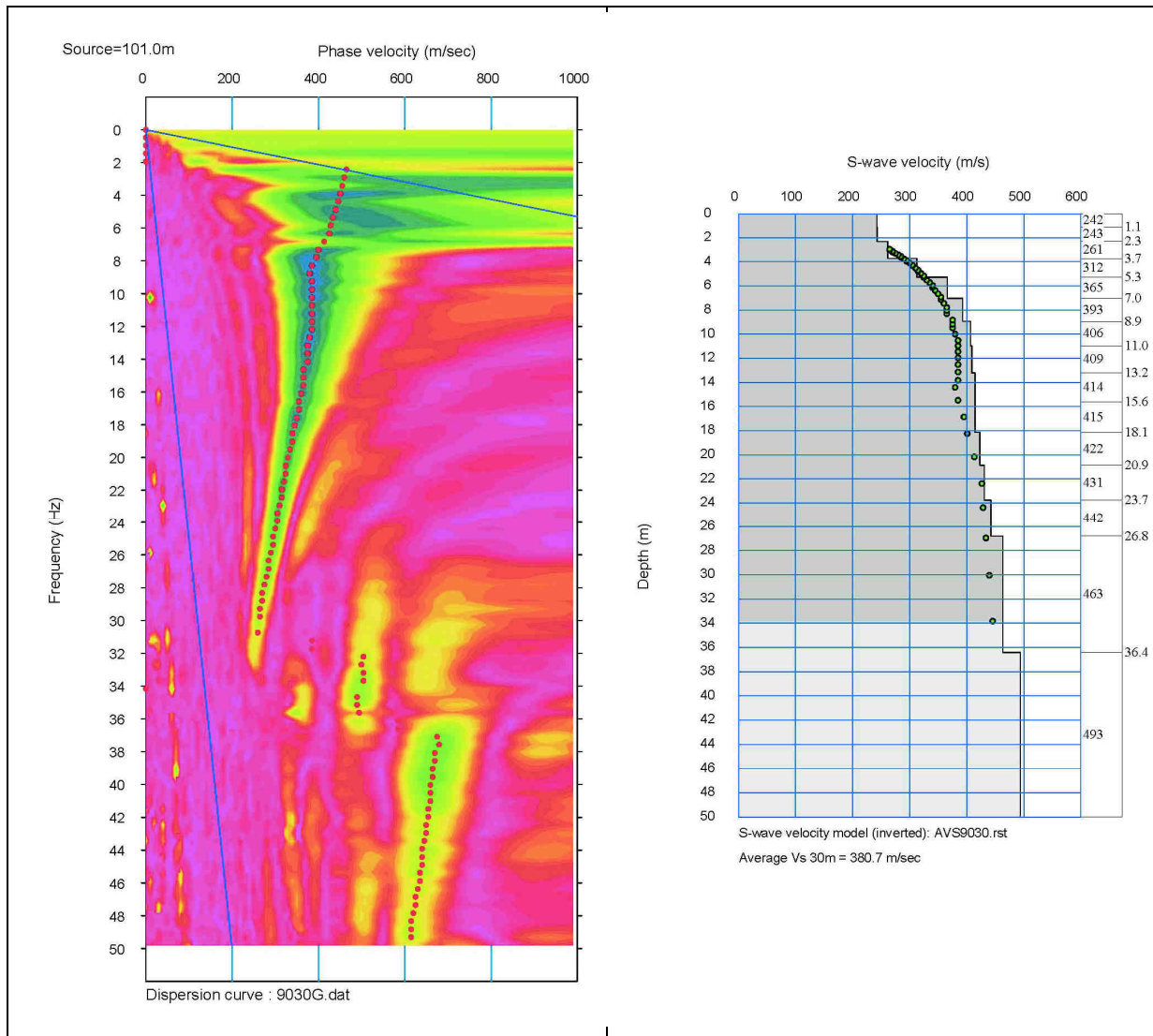
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro9002



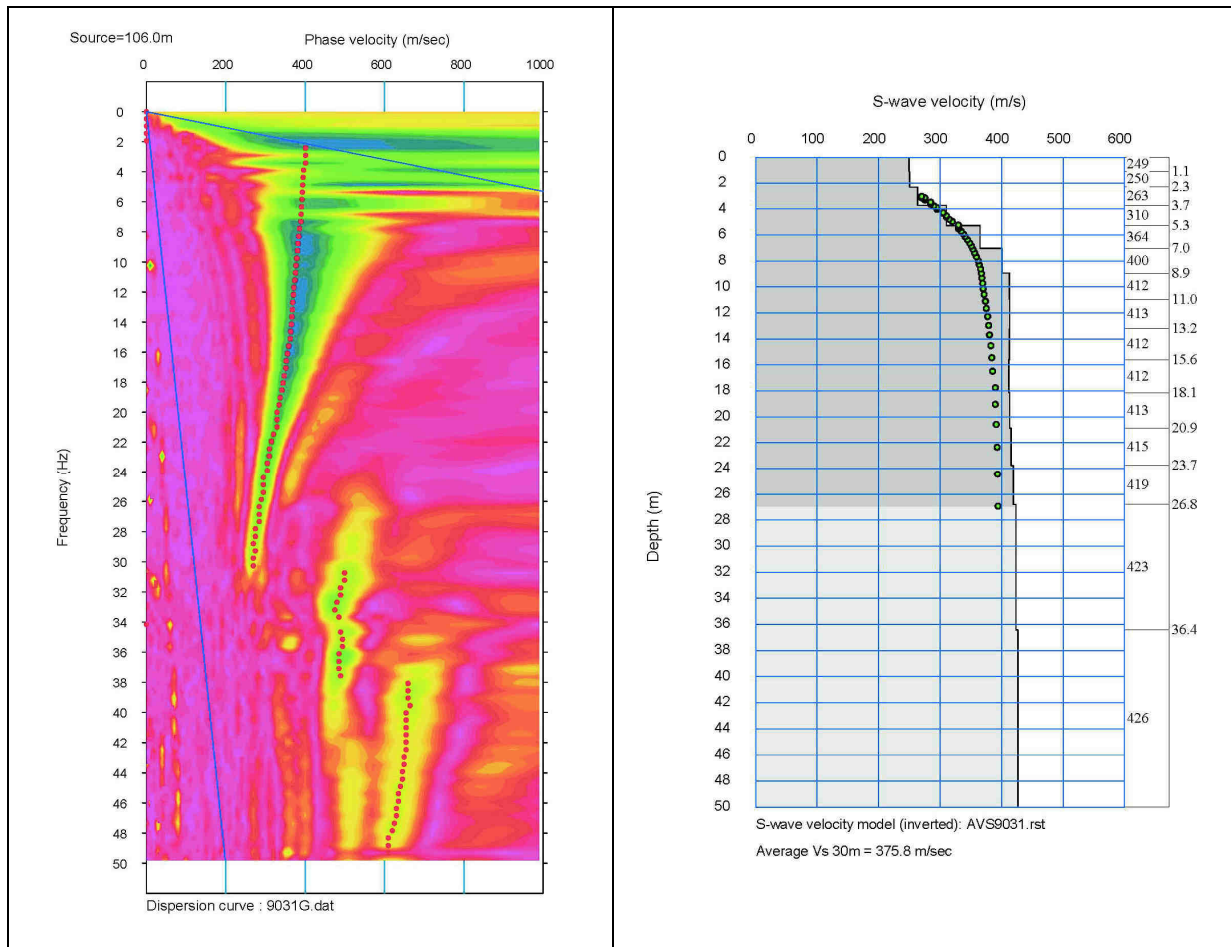
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro9003



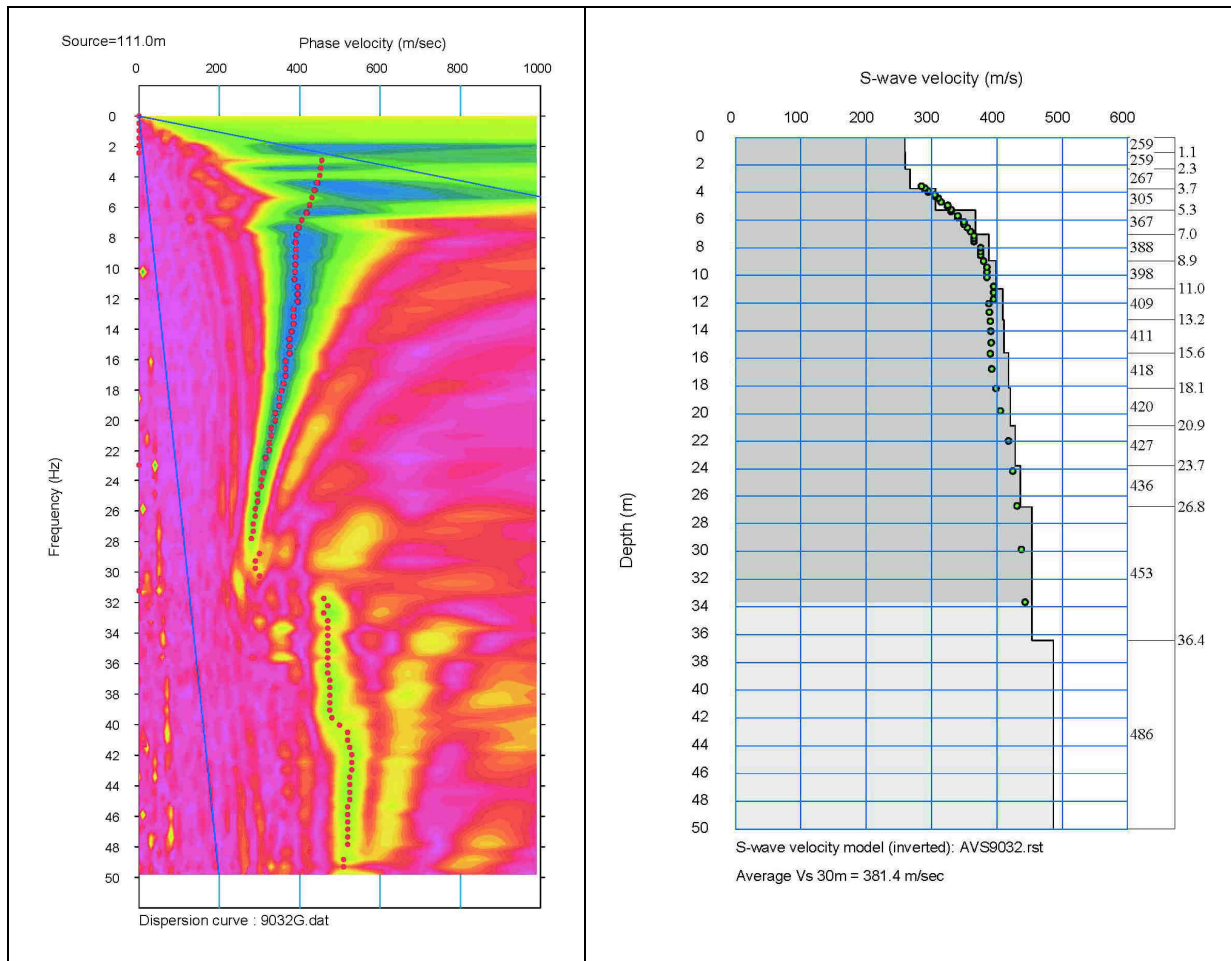
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9004



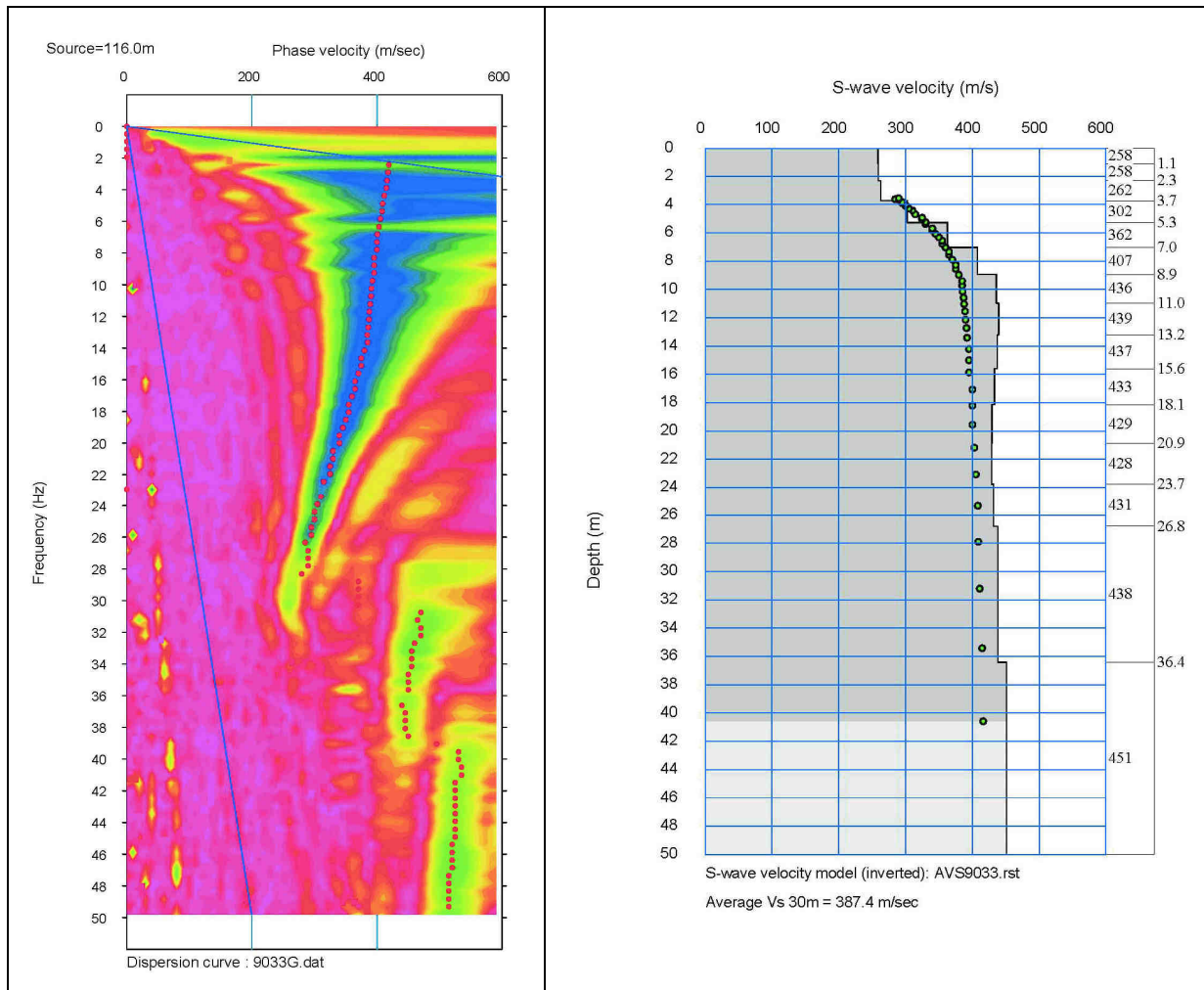
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9030



Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9031

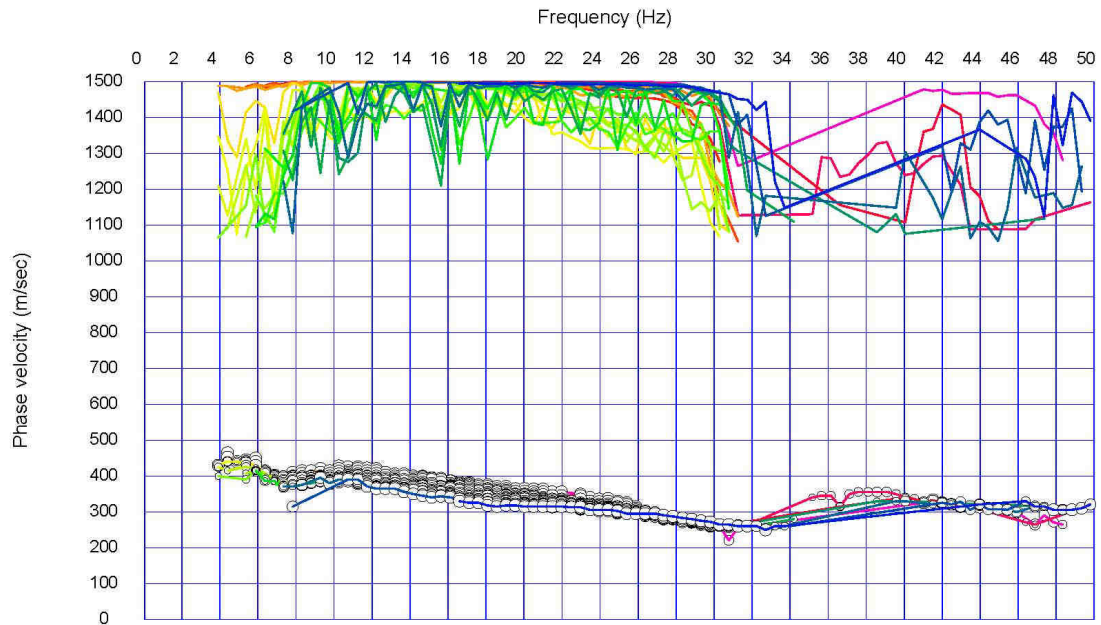


Analisi spettrale e modello di velocità del tiro9032



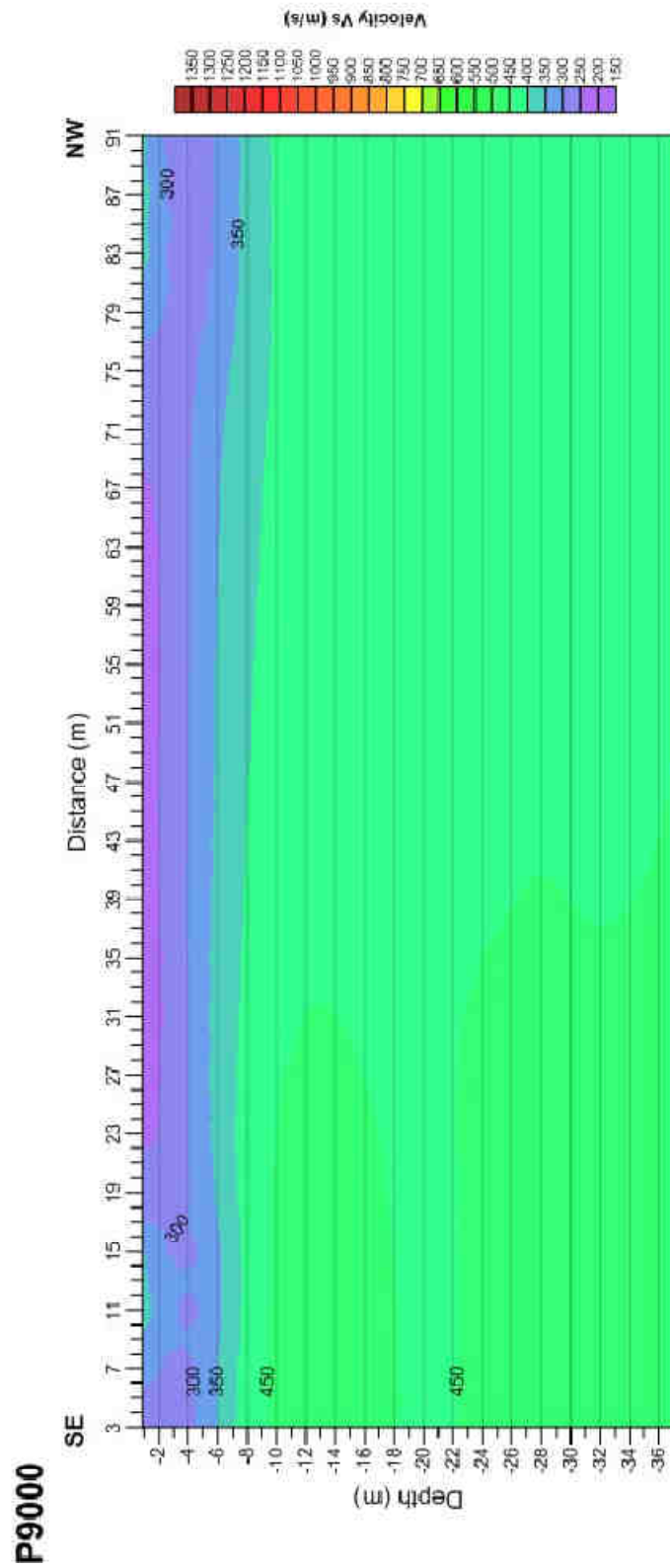
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro9033

1.2. PROFILO P9000 – CONTROLLO DI QUALITÀ DELLA MODELLIZZAZIONE.

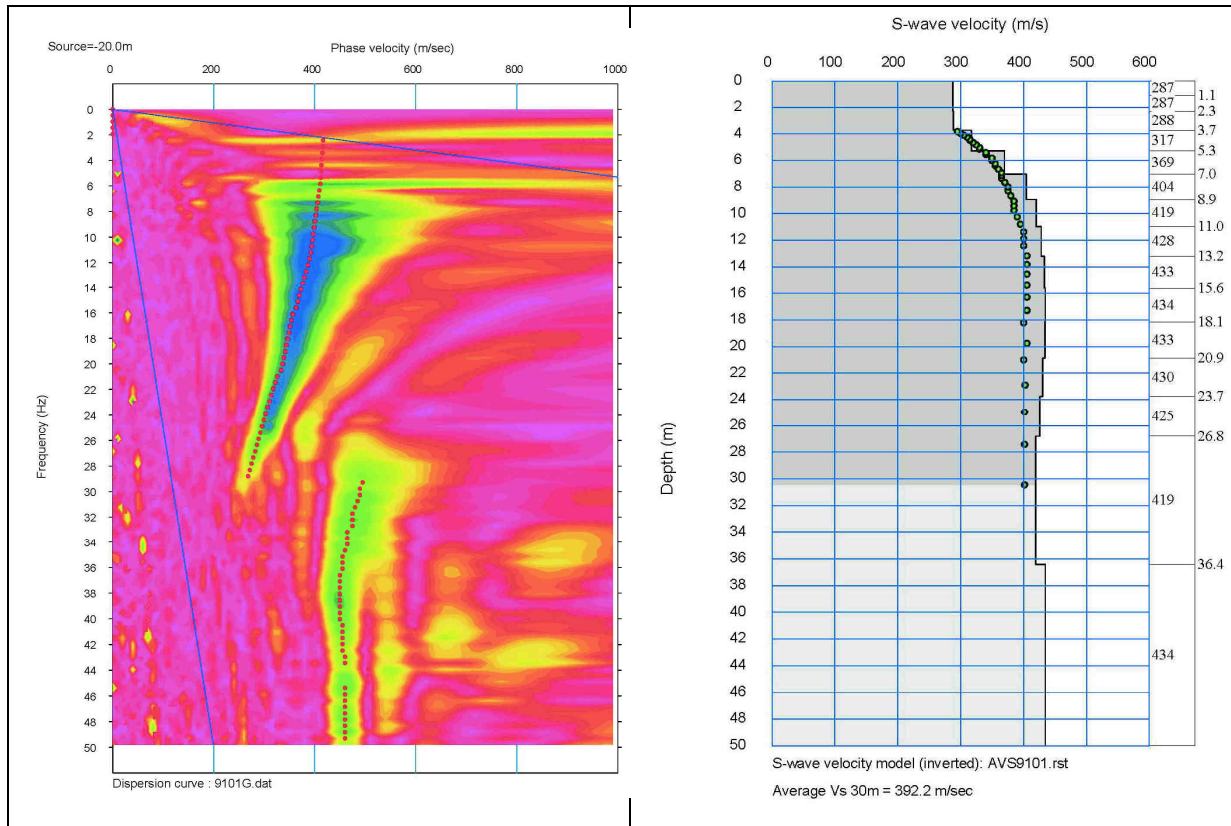


Curve di dispersione (curve inferiori) e qualità della modellizzazione dei CMP (in alto).

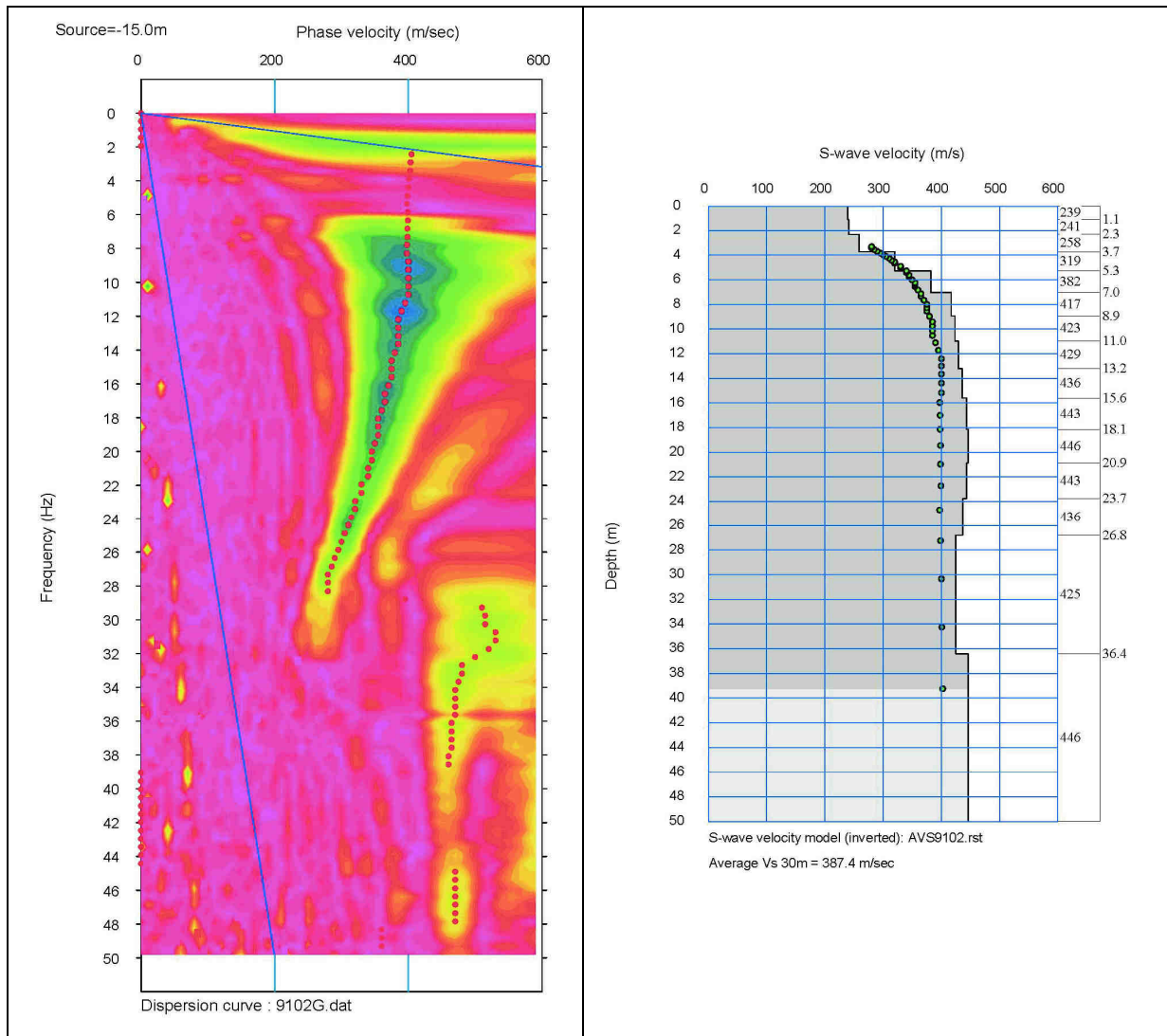
1.3. PROFILO P9000 – SEZIONE 2D



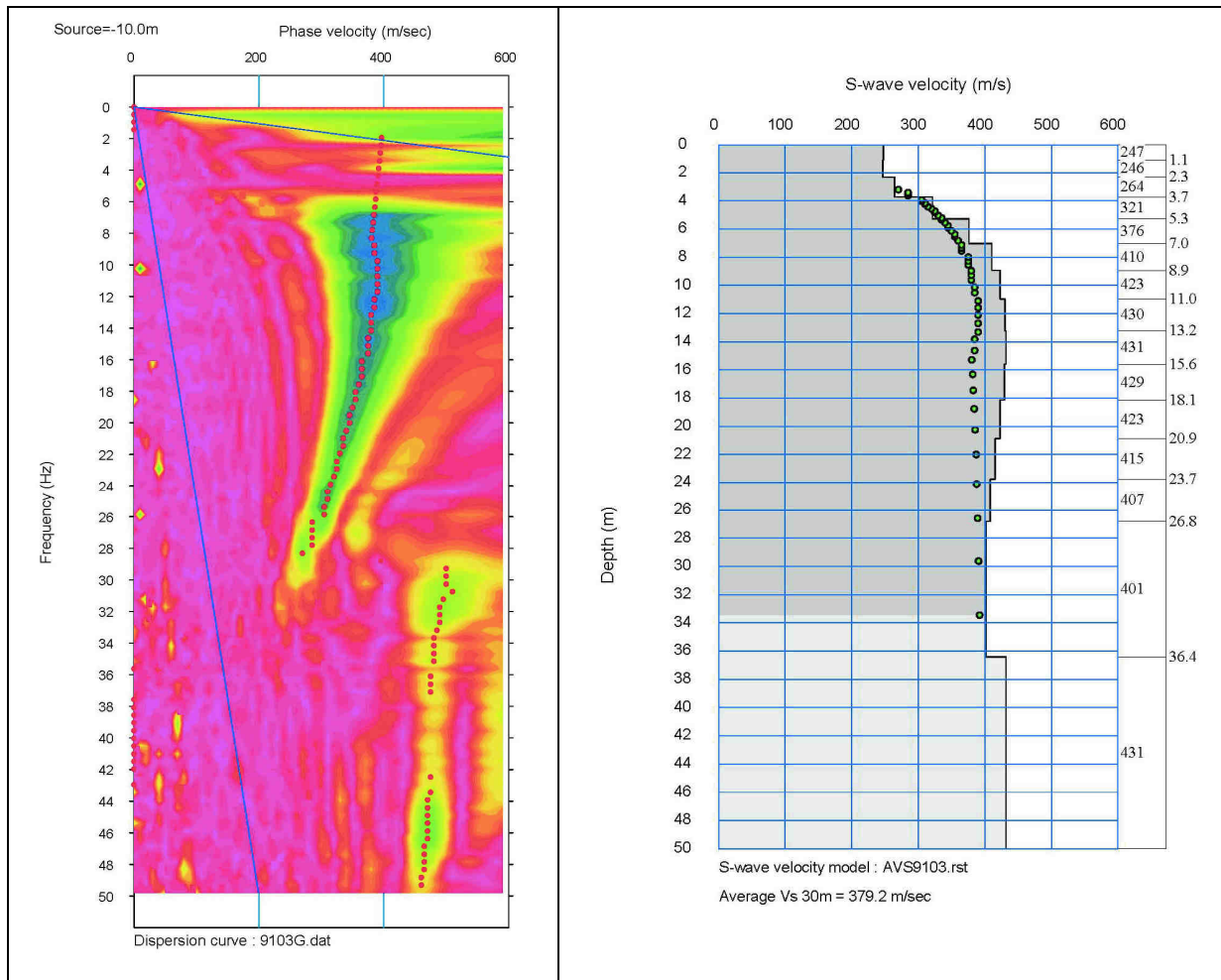
1.4. PROFILO P9100 – TIRI OFFSET



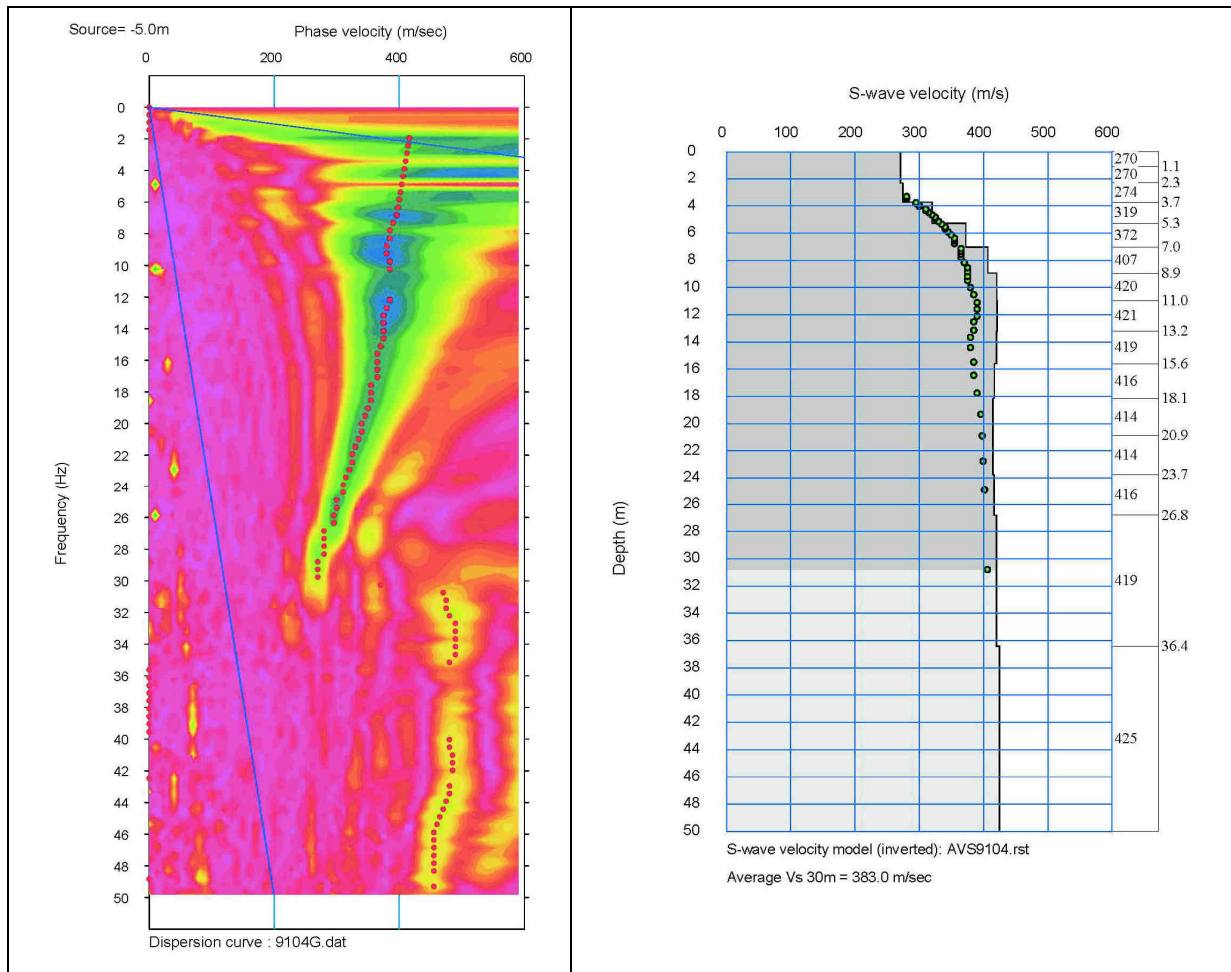
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9101



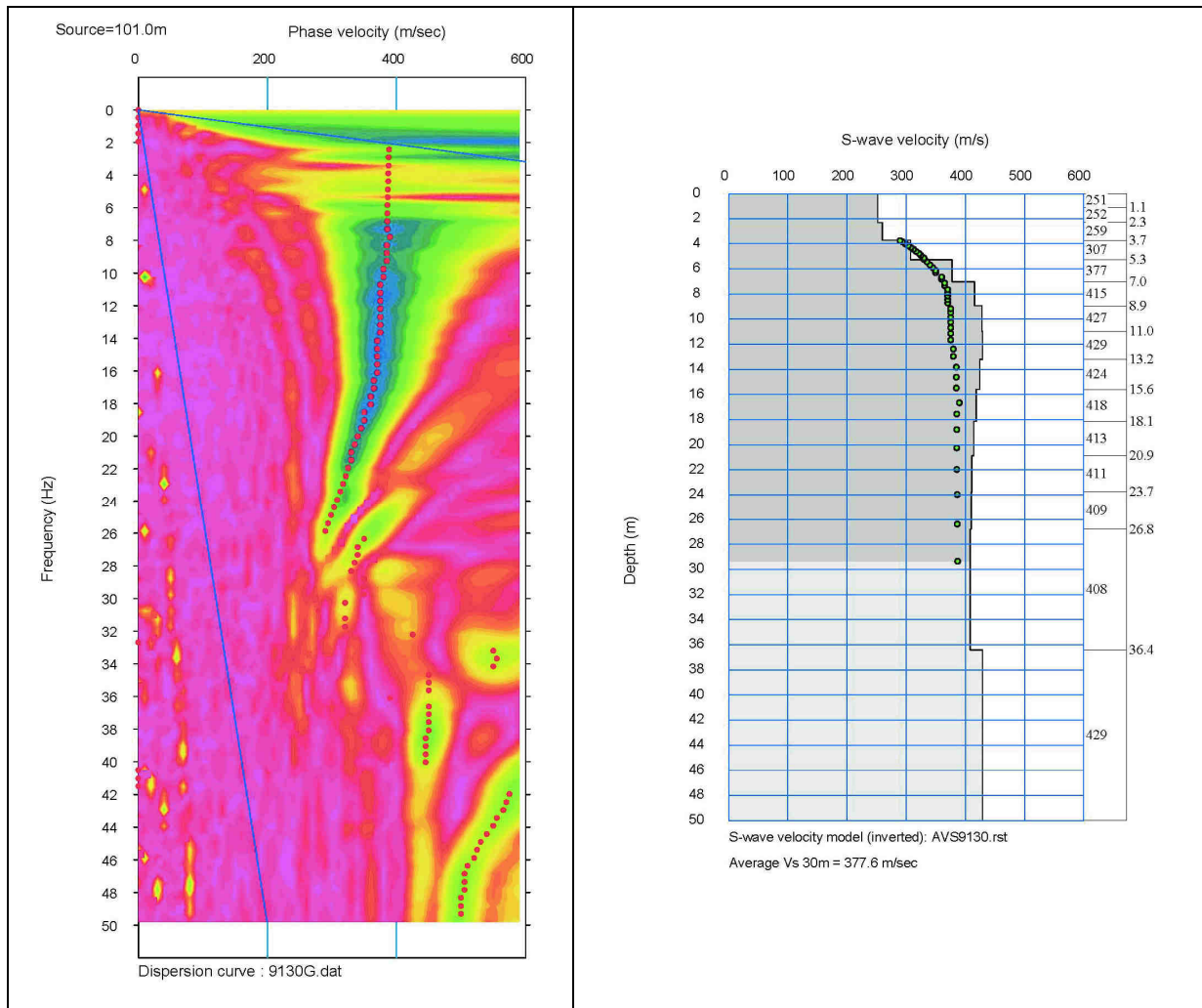
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9102



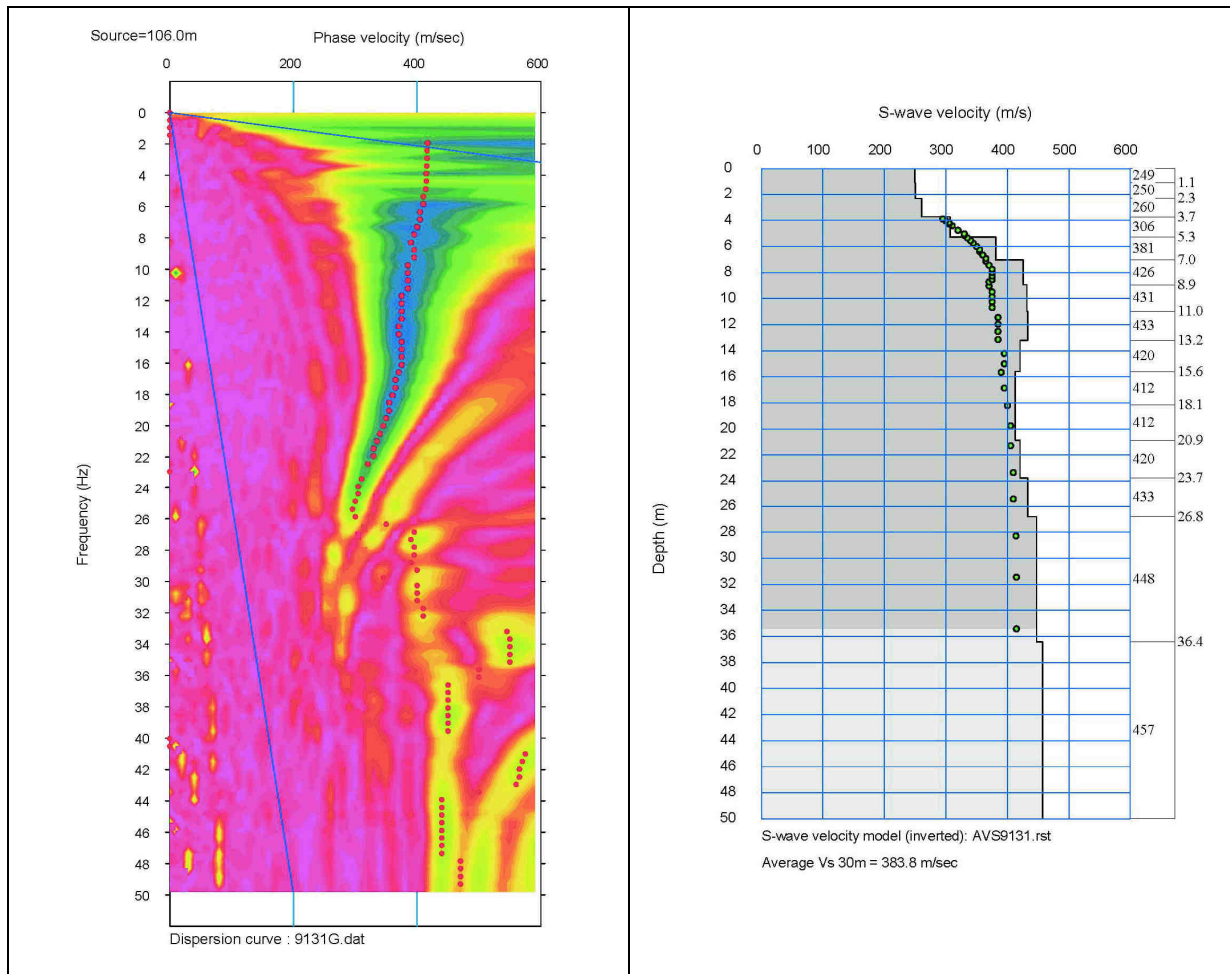
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9103



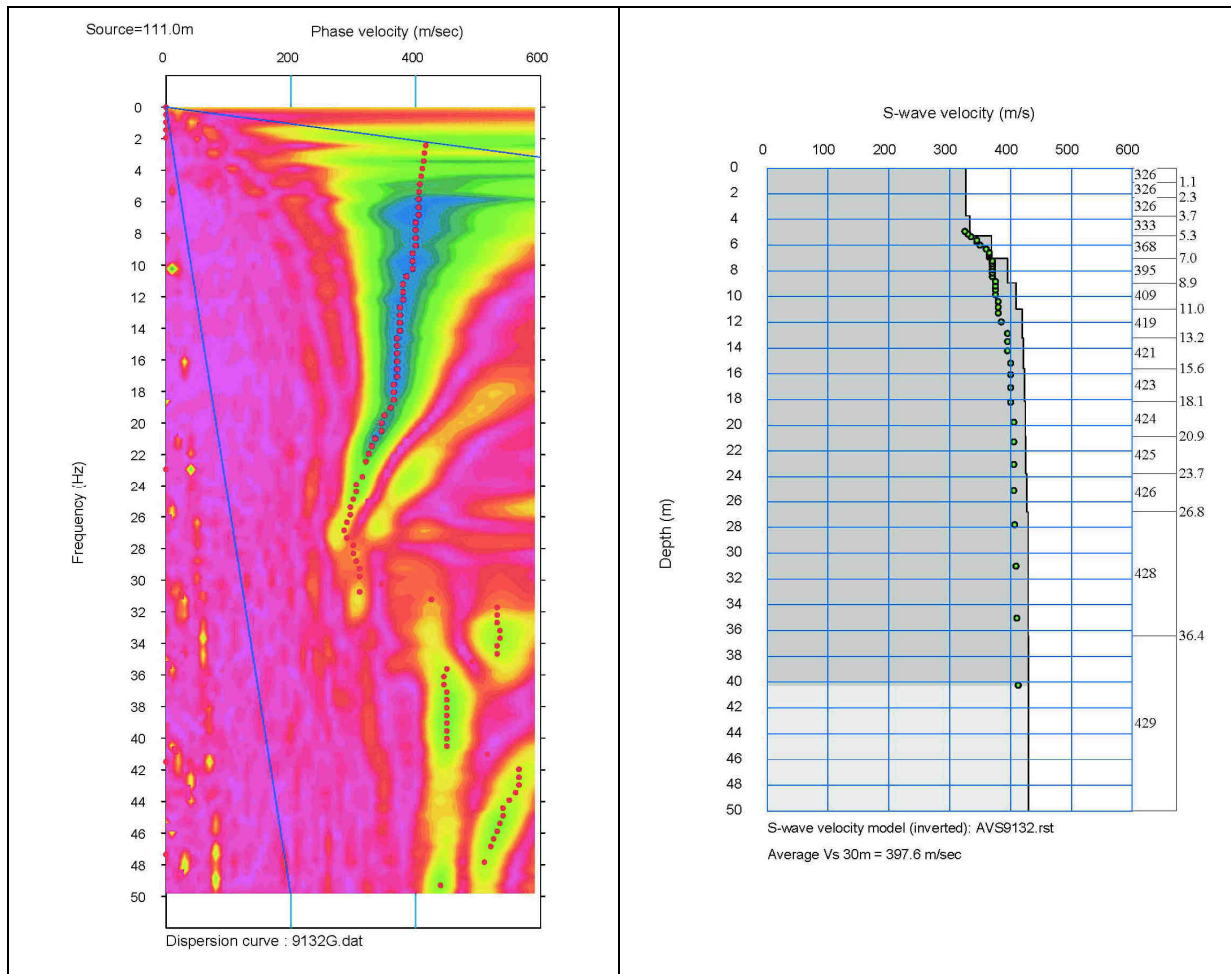
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9104



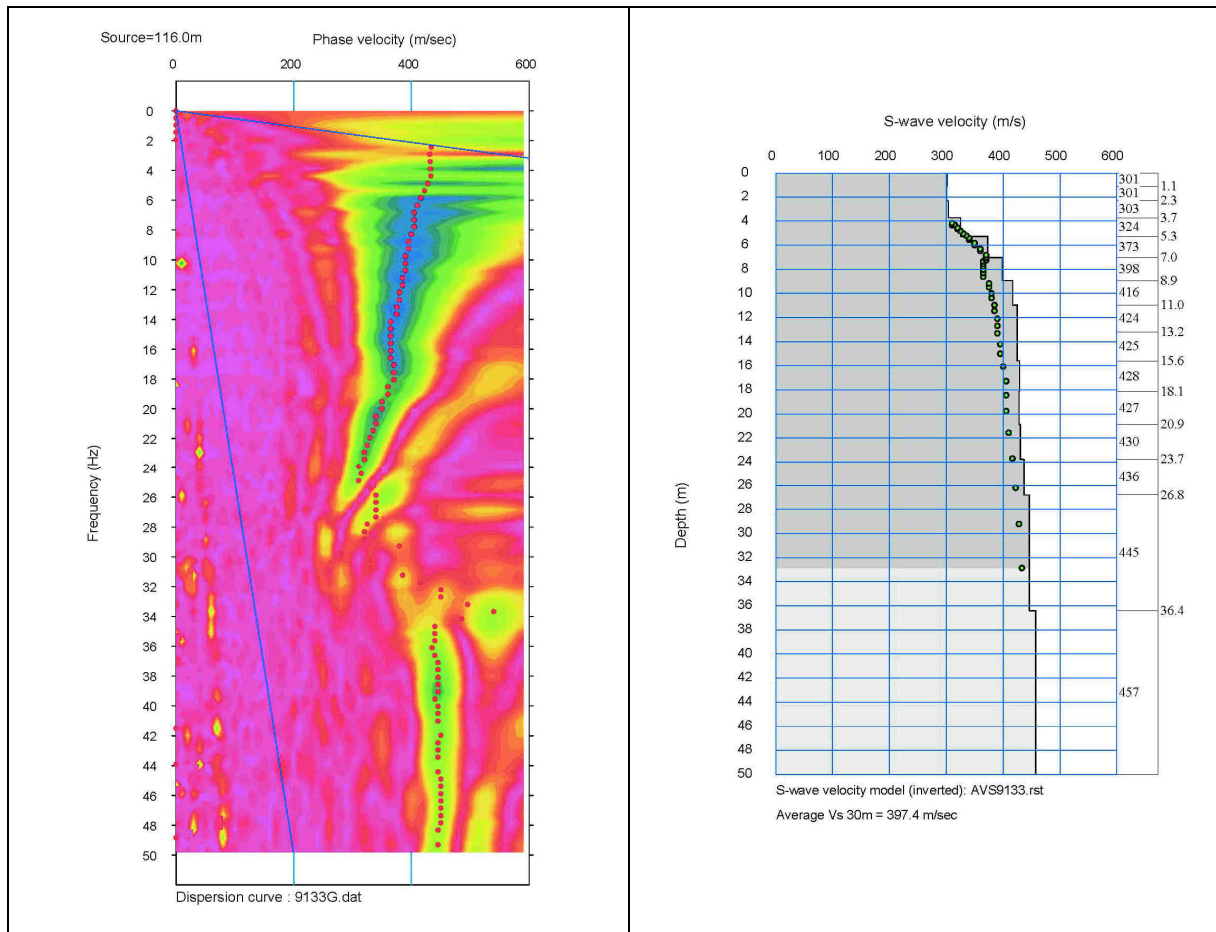
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9130



Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9131

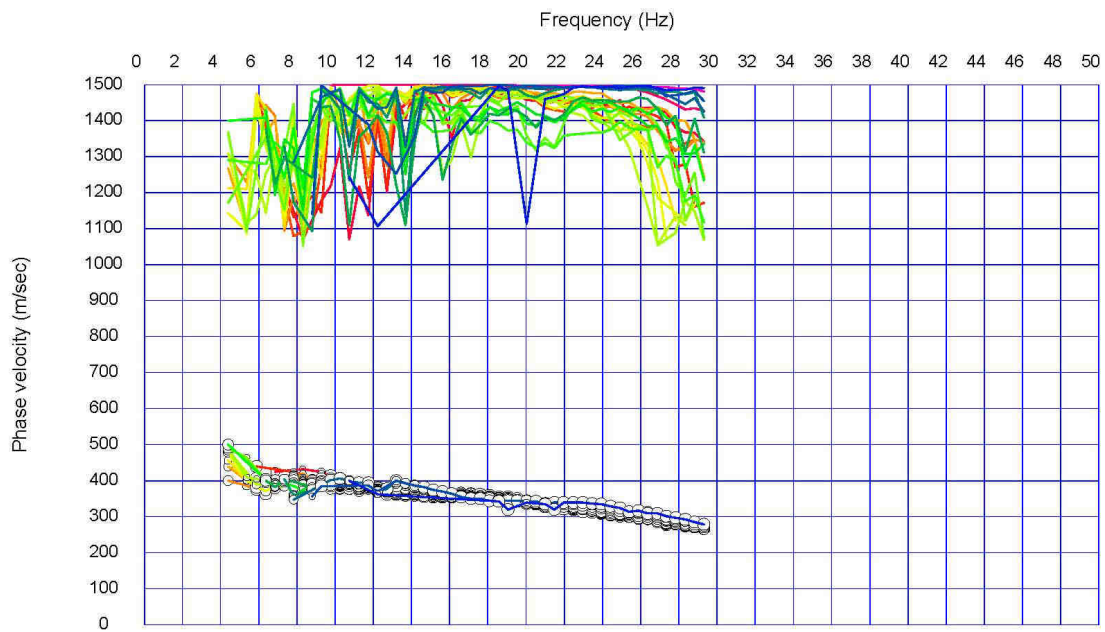


Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9132



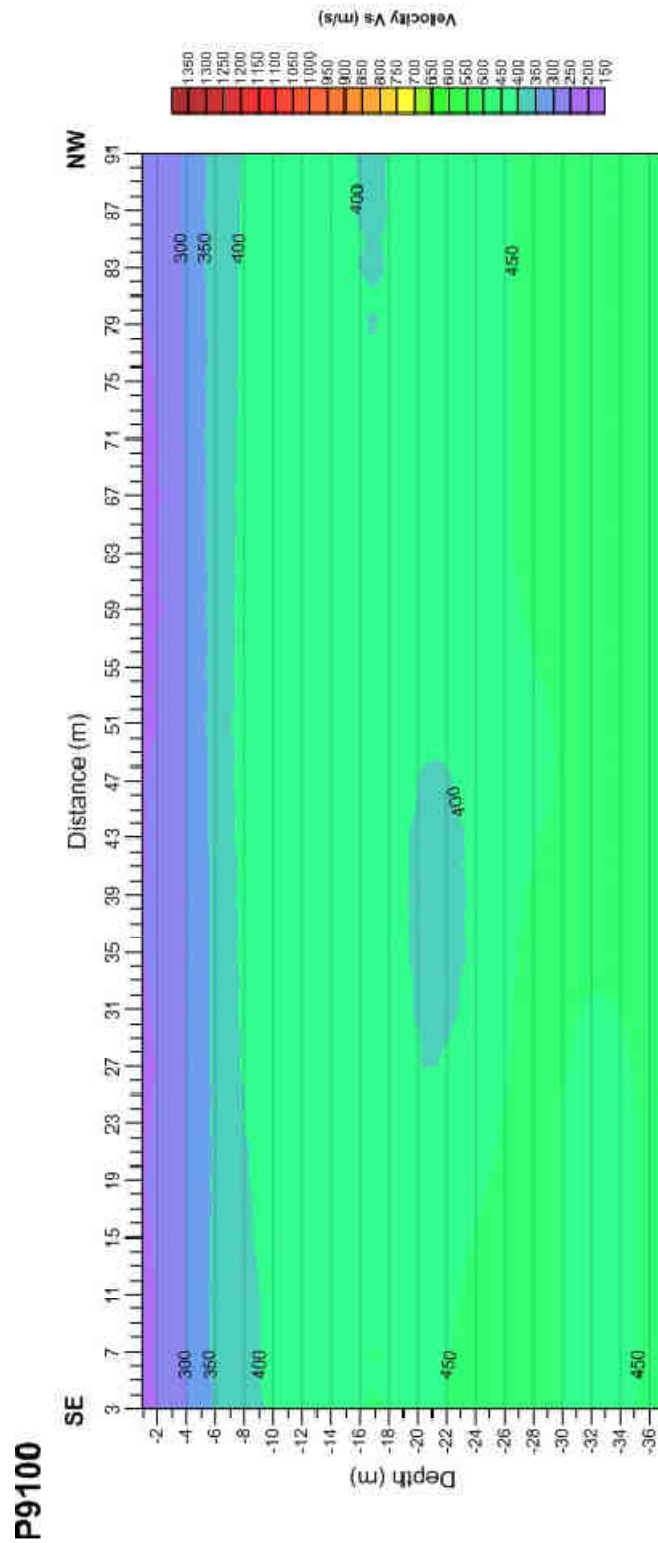
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9133

1.5. PROFILO P9100 – CONTROLLO DI QUALITÀ DELLA MODELLIZZAZIONE

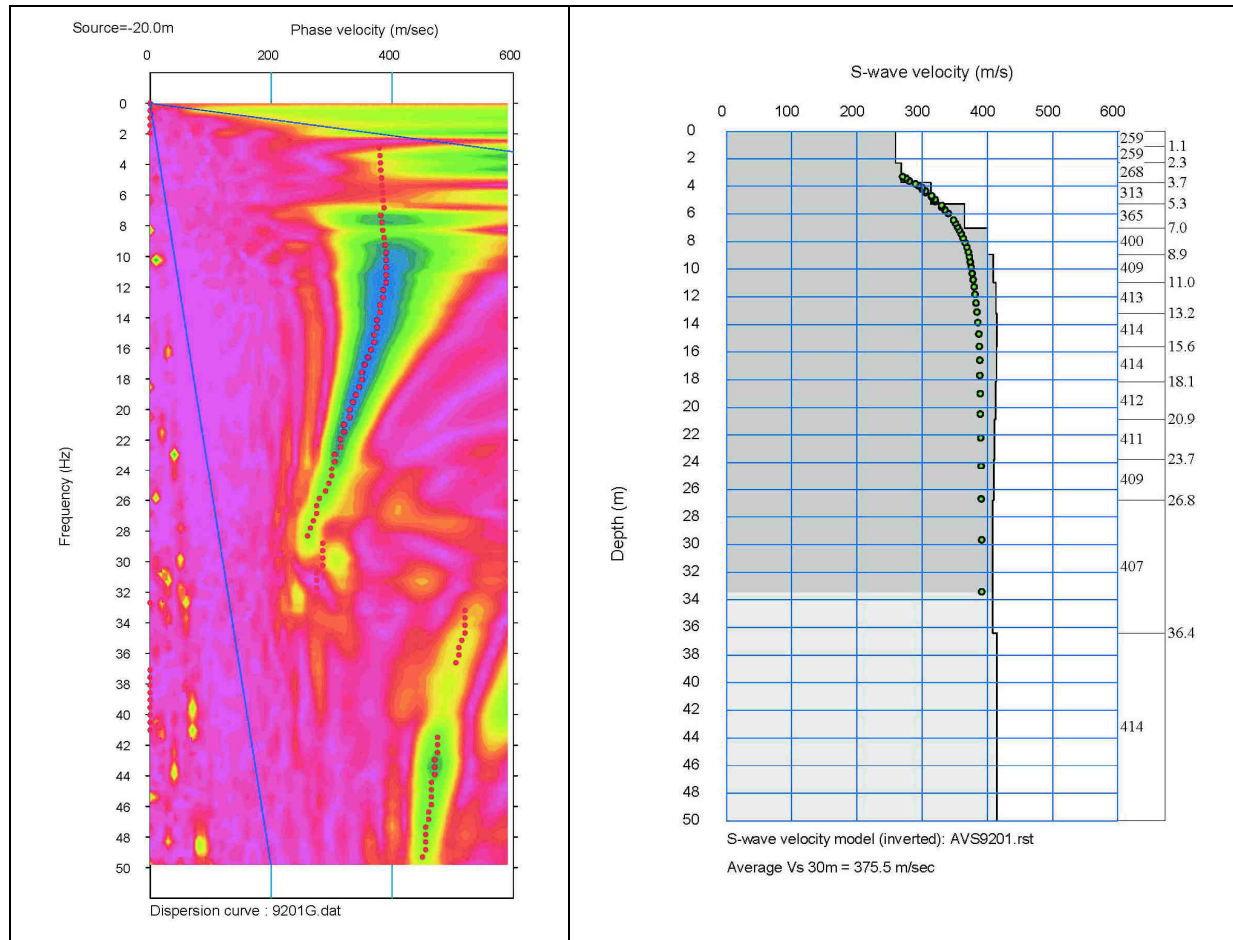


Curve di dispersione (curve inferiori) e qualità della modellizzazione dei CMP (in alto).

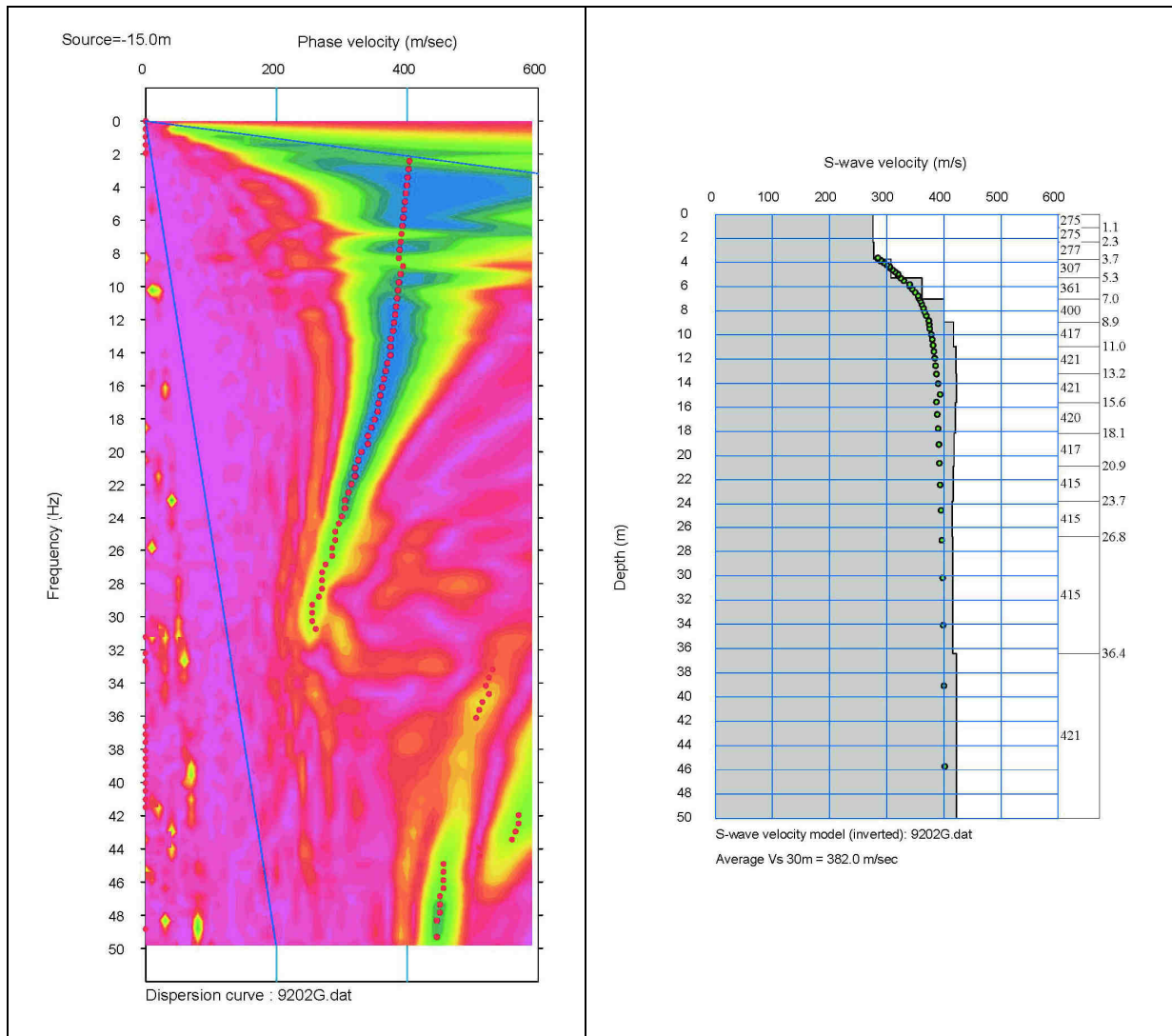
1.6. PROFILO P9100 – SEZIONE 2D



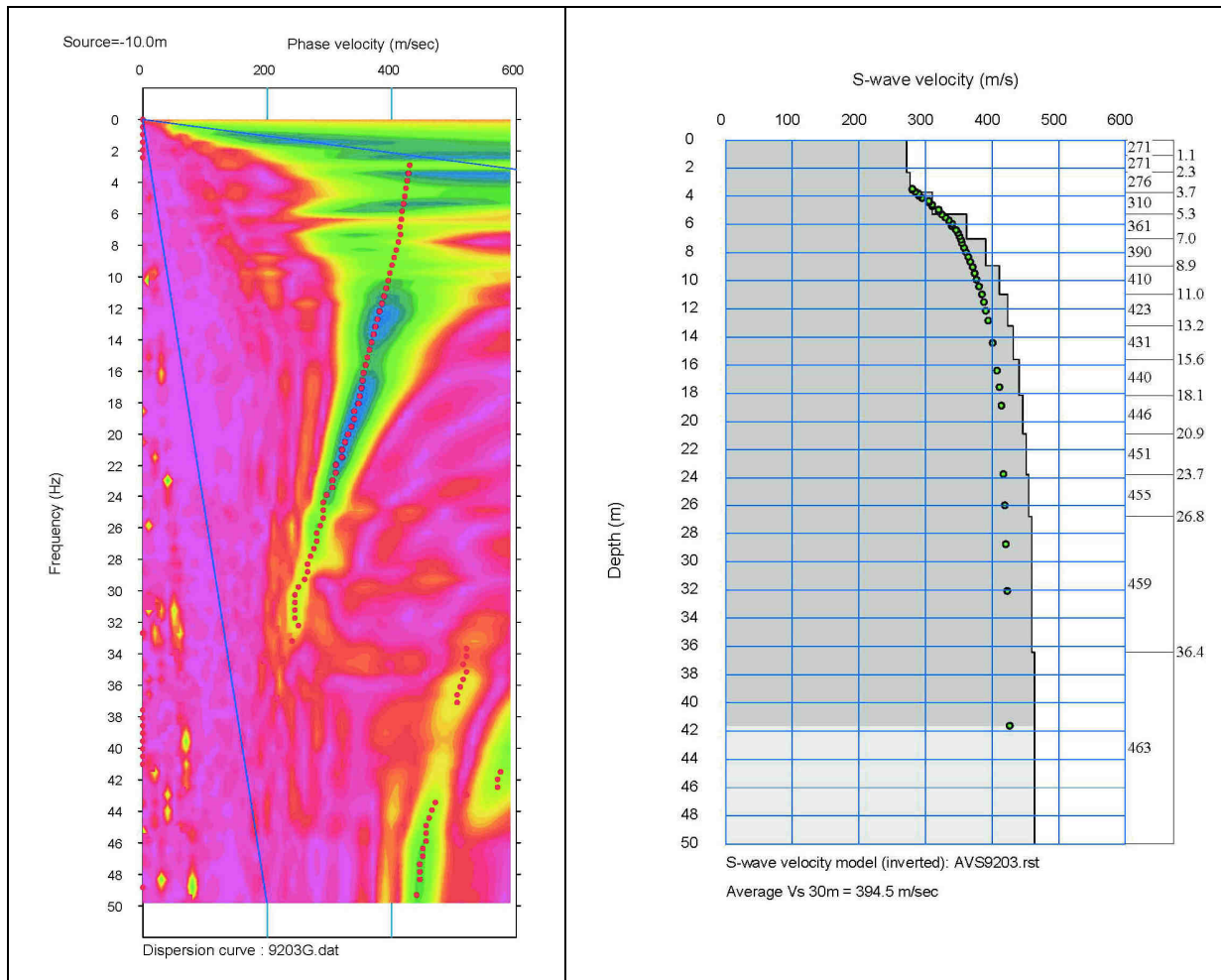
1.7. PROFILO P9200 – TIRI OFFSET



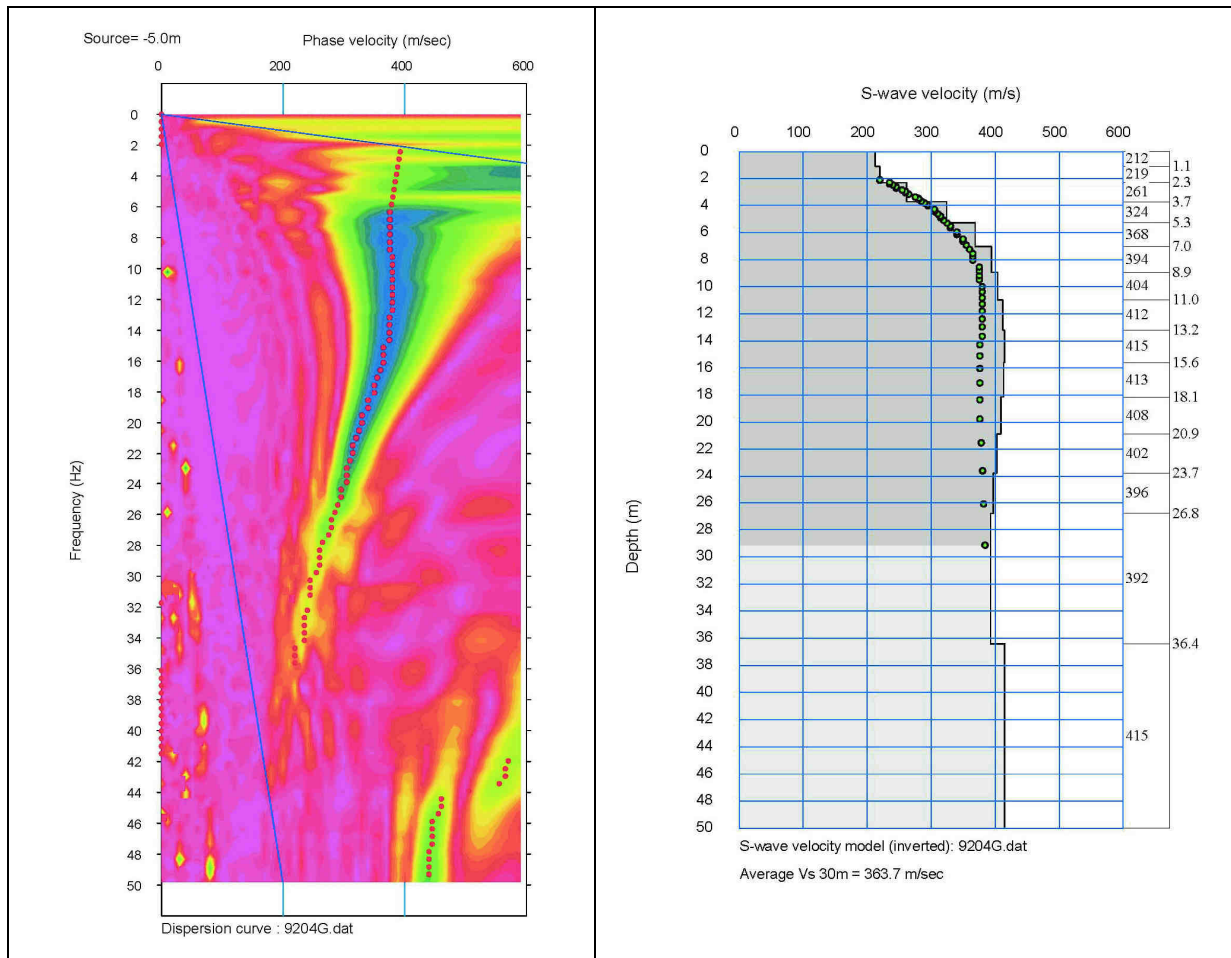
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9201



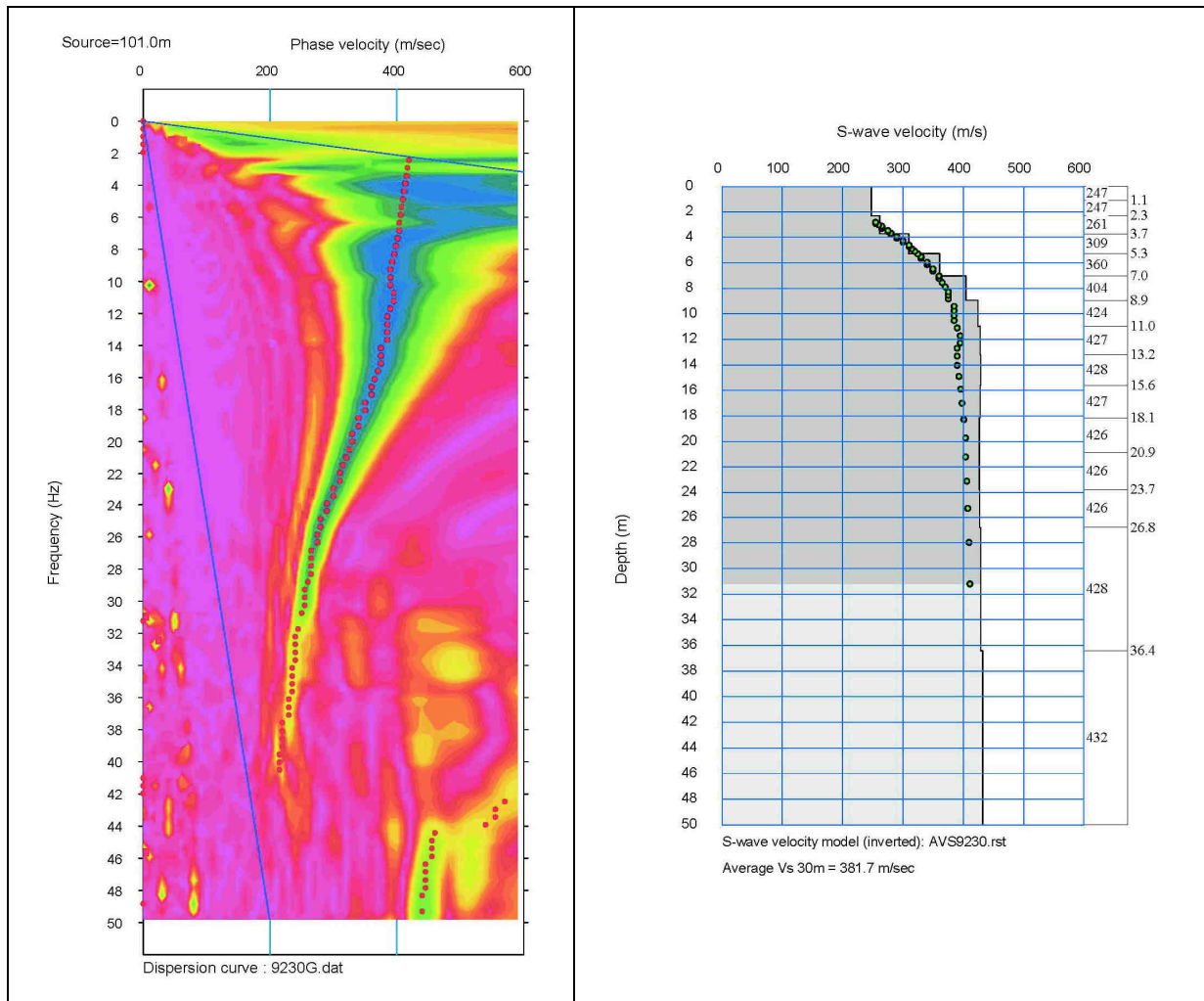
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9202



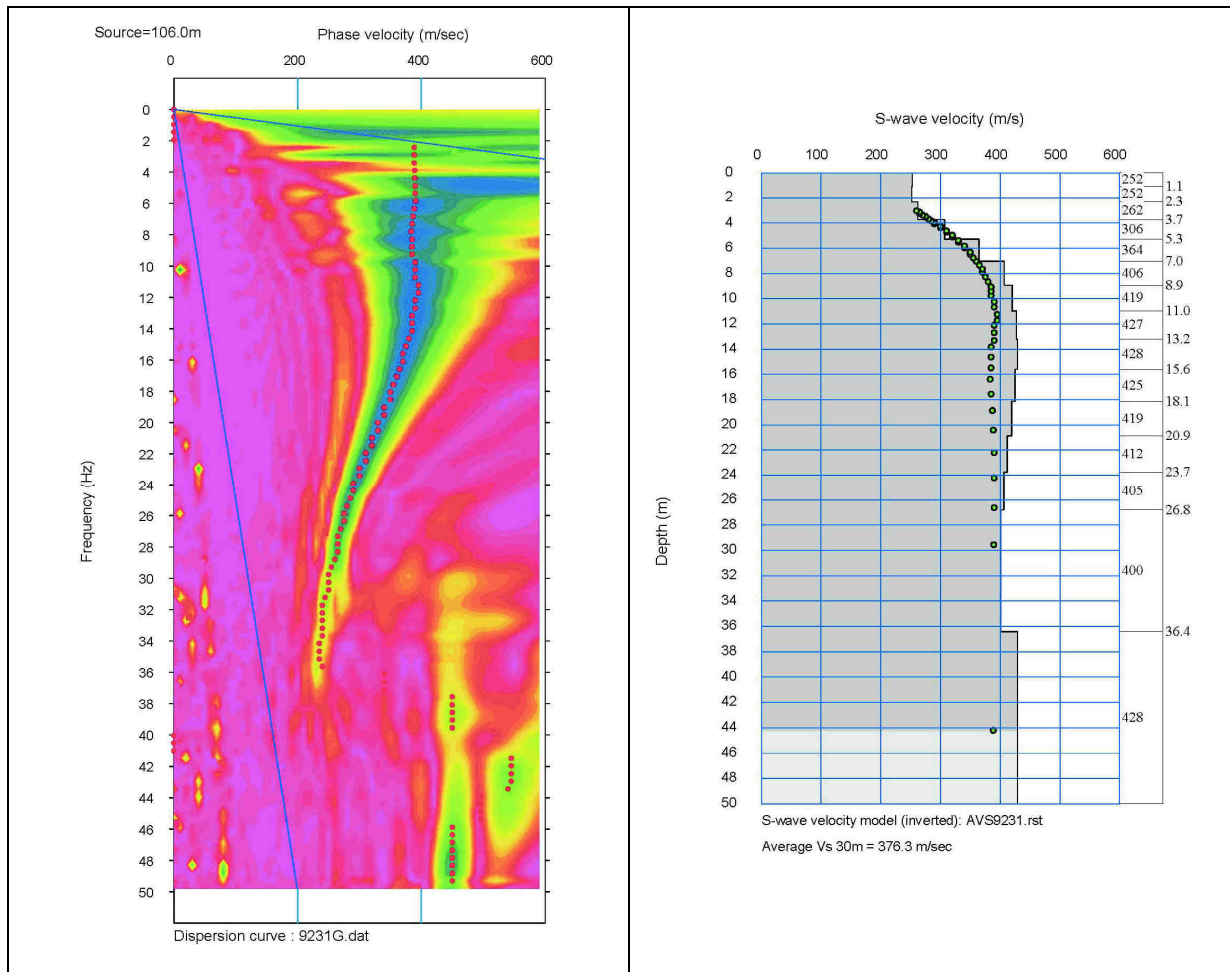
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9203



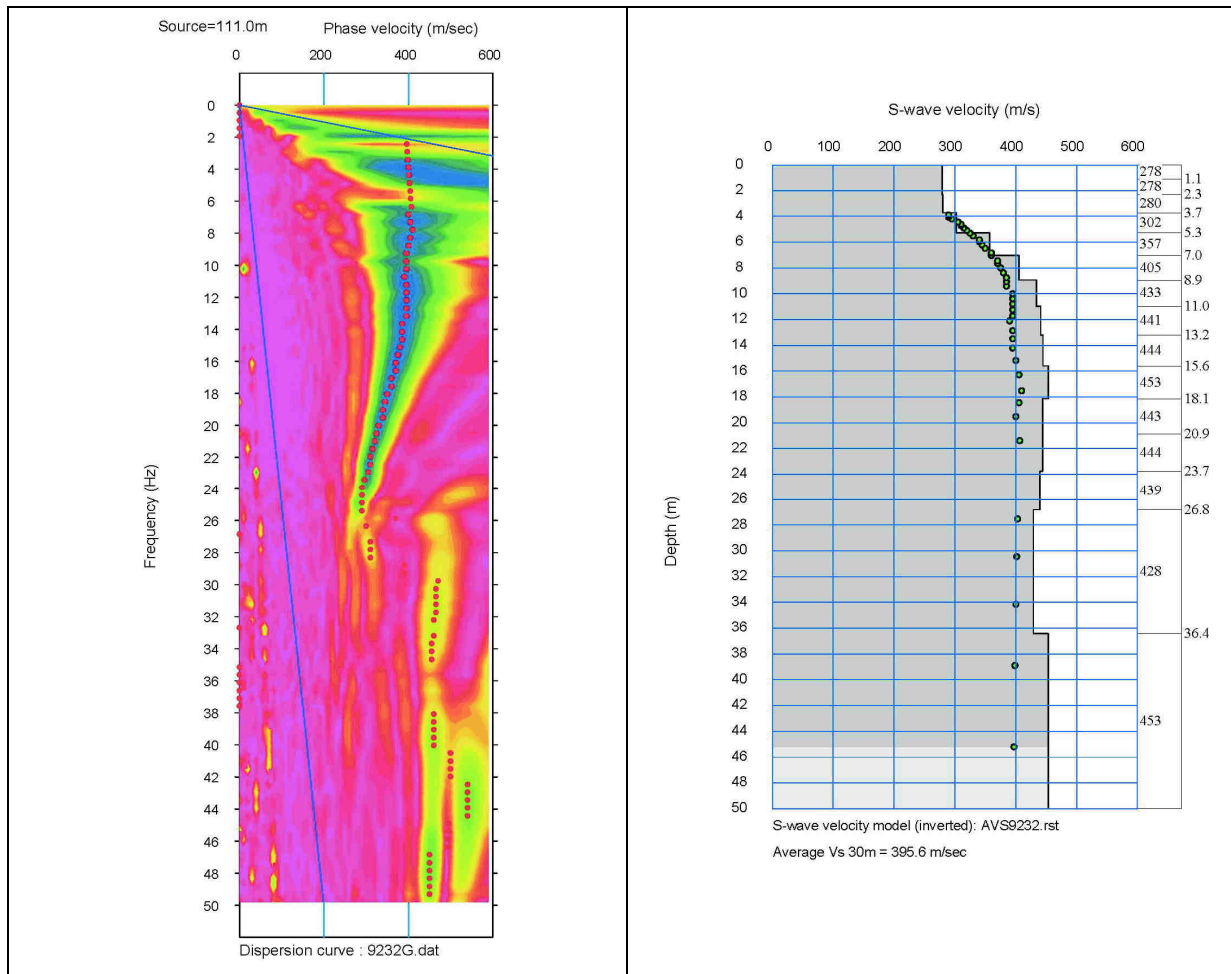
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9204



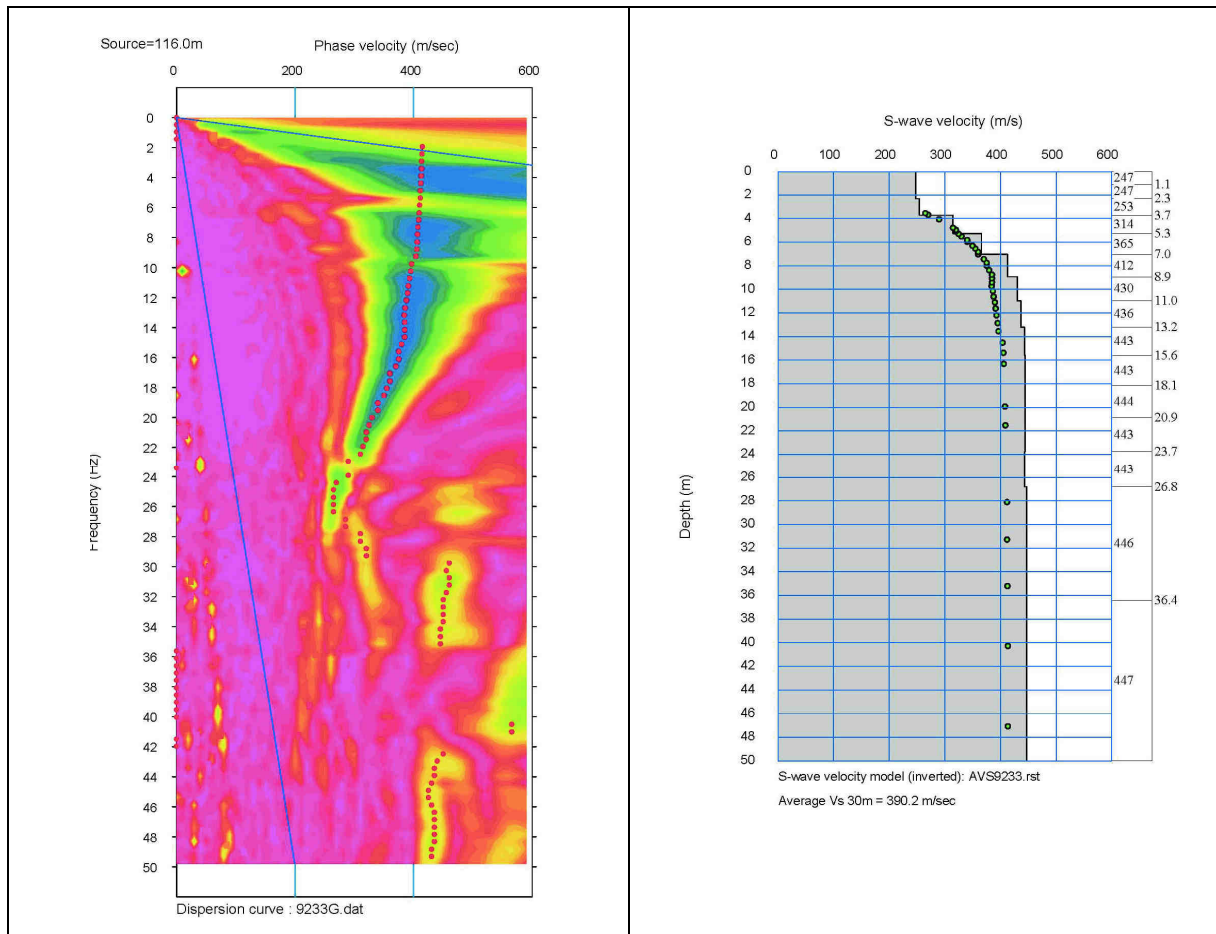
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9230



Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9231

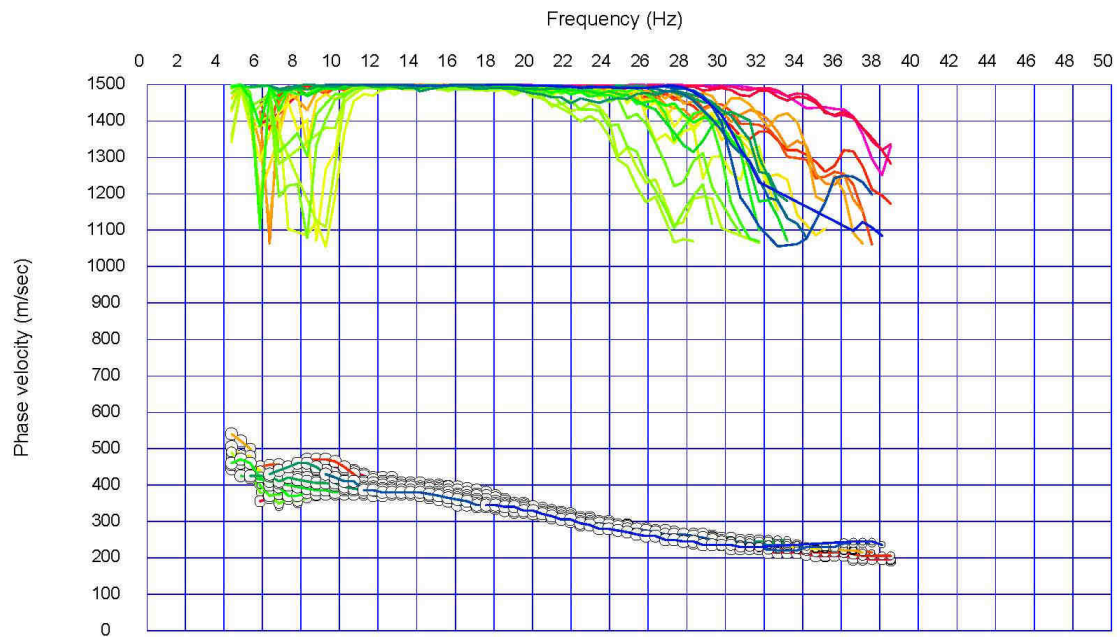


Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9232



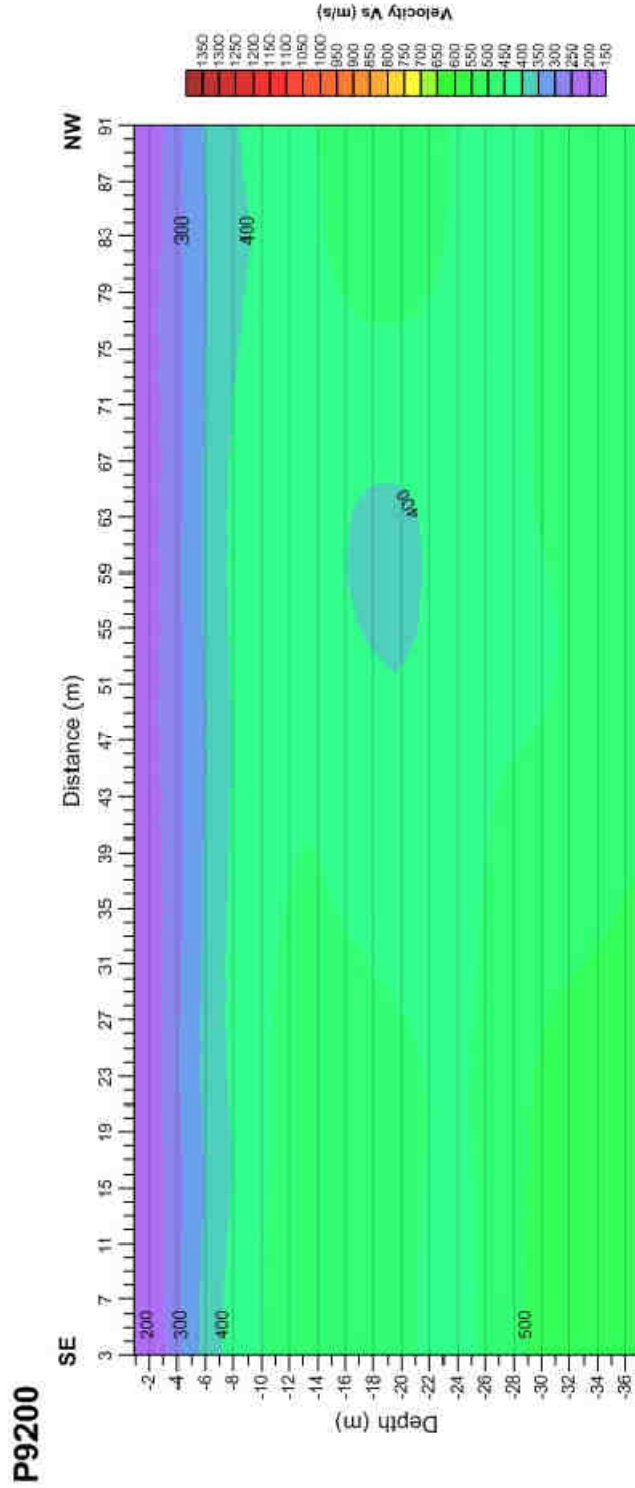
Analisi spettrale e modello di velocità del tiro 9233

1.8. PROFILO P9200 – CONTROLLO DI QUALITÀ DELLA MODELLIZZAZIONE



Curve di dispersione (curve inferiori) e qualità della modellizzazione dei CMP (in alto).

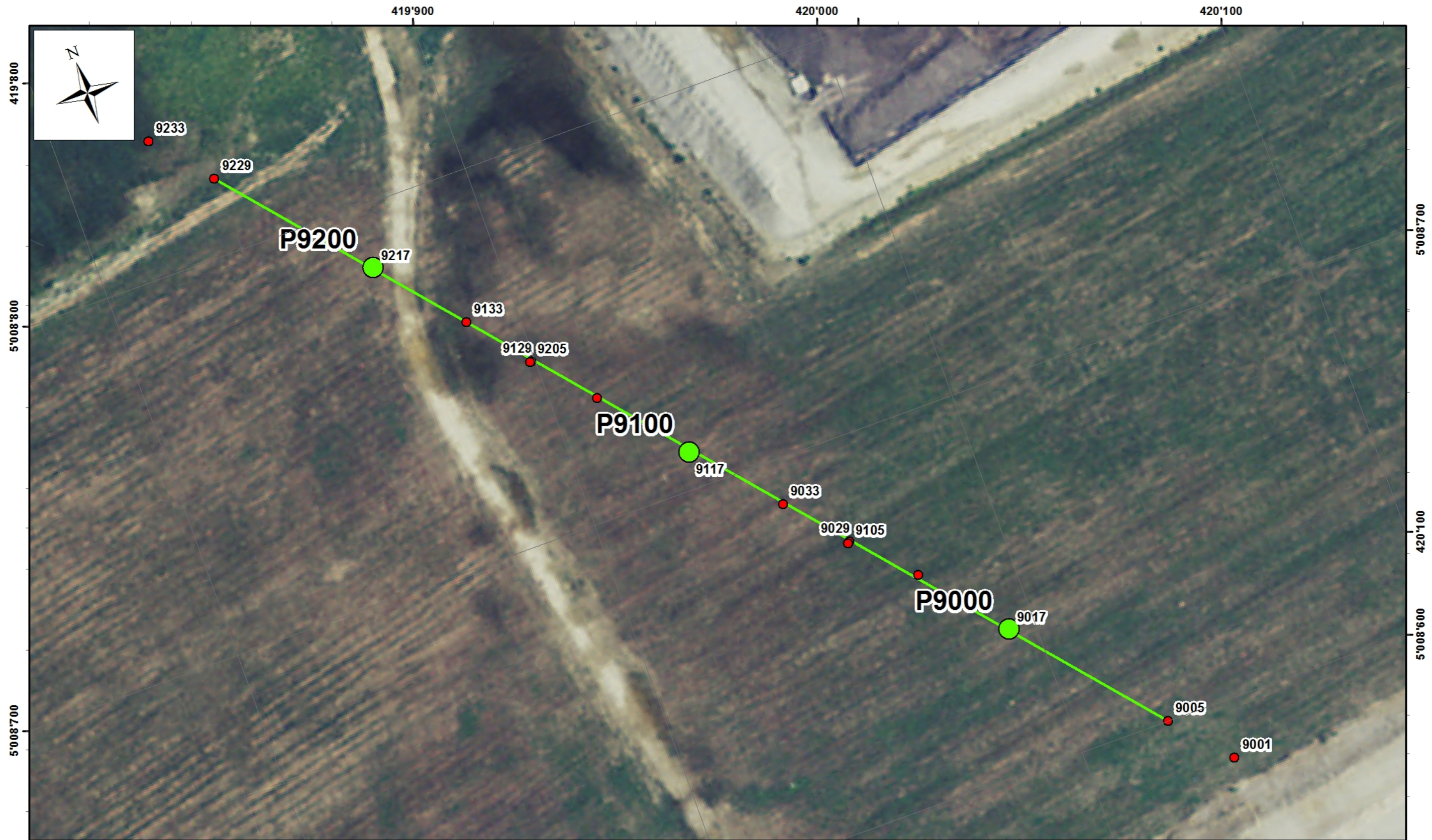
1.9. PROFILO P9200 – SEZIONE 2D



1.10. CONTENUTO DEL SUPPORTO DIGITALE

Il CD allegato al presente rapporto contiene i seguenti dati:

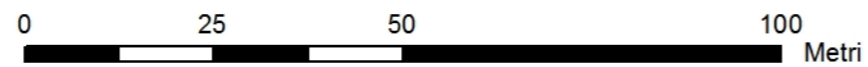
- Dati bruti in formato SEG-2
- Dati trattati in formato JPG (profili e sondaggi)
- Coordinate dei tiri in formato Microsoft Excel
- Planimetrie di riferimento in formato JPG
- Rapporto Geofisico in formato PDF



RBA R.B.R. Geophysics GmbH
environmental and engineering geophysics

Geo2X

Marché MS015 - P9



Sistema delli coordinate: WGS 1984 UTM Zone 32N

- Posizione di tiro
- Profili MASW
- ⋯ Sondaggi MASW
- ⊕ Sondaggi meccanici



419'800 5'008'600 419'900 420'000