

ADEGUAMENTO S.S. n°87 "SANNITICA"

INTERVENTI LOCALIZZATI PER GARANTIRE LA PERCORRIBILITA' IMMEDIATA TRATTO "CAMPOBASSO – BIVIO S.ELIA"

LOTTE A2 E A3

PROGETTO DEFINITIVO

CB-150

A.T.I. di PROGETTAZIONE:

(Mandataria)



(Mandante)



(Mandante)



IL PROGETTISTA:

Ing. Franco Persio Bocchetto - Ordine Ing. Roma n.° 8664-Sez A
Ing. Luigi Albert – Ordine Ing. Milano n.° 14725-Sez A
Ing. Paolo Franchetti – Ordine Ing. Vicenza n.° 2013-Sez A

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Anna Maria Bruna
- Ordine Geol. Lazio n. 1531

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE
DISCIPLINE SPECIALISTICHE

Ing. Franco Persio Bocchetto - Ordine Ing. Roma n.° 8664-Sez A

COORDINATORE PER LA SICUREZZA:

Ing. Andrea Maria Enea Failla - Ordine Ing. Catania n.°A6701

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. CLAUDIO BUCCI

GE-GEOLOGIA GEOTECNICA E SISMICA

Geotecnica e sismica

Relazione sismica

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV.PROG. ANNO

D	P	C	B	0	1	5	0	D	2	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

NOME FILE:

T00GE00GETRE02B.DOCX

REVISIONE

SCALA

CODICE
ELAB.

T	0	0	G	E	0	0	G	E	T	R	E	0	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

B

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
B	ISTRUTTORIA ANAS	Luglio 2002	Geol. M.Zonca	Geol. F.Staffini	Ing.L.Albert
A	EMISSIONE	Aprile 2022	Geol. M.Zonca	Geol. F.Staffini	Ing.L.Albert

INDICE

1	Premessa.....	1
1.1	LA VARIANTE DI PROGETTO DELLA SS87 SANNITICA.....	1
2	Riferimenti.....	2
2.1	Normativa di riferimento.....	2
2.2	Documenti di progetto.....	2
2.3	Bibliografia.....	2
3	Caratterizzazione sismica dell'area di studio.....	3
3.1	Prospezioni sismiche a rifrazione.....	4
3.2	Prove Down-Hole.....	25
3.3	Rilievo sismico con stazioni HVSR.....	30
4	Sismicità del territorio.....	35
4.1	Sismicità storica.....	35
4.2	Azioni sismiche di progetto e categoria di sottosuolo.....	36
4.2.1	Vita nominale e classe d'uso dell'opera.....	38
4.2.2	Periodo di riferimento per l'azione sismica.....	38
4.2.3	Analisi della risposta sismica locale.....	38
4.2.4	Condizioni topografiche e coefficiente di amplificazione topografica.....	39
4.2.5	Coefficienti sismici di progetto.....	39
4.2.6	Azioni sismiche agli stati limite.....	39
4.3	Potenziale di liquefazione.....	41

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione sismica per il progetto definitivo dell'adeguamento della S.S. n.87 "Sannitica" – Interventi localizzati per garantire la percorribilità immediata Tratto "Campobasso – Bivio S.Elia" Lotti A2 e A3.

Nel quadro delle opere in progetto, la presente relazione espone:

- sismicità storica;
- definizione della categoria del sottosuolo
- definizione delle azioni sismiche di progetto;
- analisi del potenziale di liquefazione dei terreni.

1.1 LA VARIANTE DI PROGETTO DELLA SS87 SANNITICA

Il Progetto Definitivo degli interventi di adeguamento della "S.S. nel tratto Campobasso – Bivio S.Elia" prevede la realizzazione dei lotti A2 e A3 che si pongono in continuità con gli interventi già eseguiti e proseguono l'ammmodernamento della S.S.87 in direzione di Campobasso per un'estensione di circa 3.400 m in comune di Campolieto. Il tracciato di progetto prevede il miglioramento degli standard esistenti lungo la S.S.87 alle caratteristiche tecnico-funzionali di una strada tipo C2 "extraurbana secondaria" ai sensi del DM 5/11/2001 e l'eliminazione di due passaggi a livello con la linea FS Campobasso Termoli sulla direttrice principale di traffico.

La variante in progetto ha inizio al Km 155+500 in località "Masseria Lombardi", dove è prevista una rotonda per consentire l'innesto con l'attuale "Sannitica" e per la ricucitura con la viabilità locale.

La variante inizia tra il Km 156+000 ed il 158+000, in un tratto in cui l'attuale tracciato presenta un'alta tortuosità, consentendo velocità di percorrenza più elevate ed accorciando lo sviluppo dell'itinerario. Il tracciato prosegue per circa due chilometri in affiancamento alla linea FS "Campobasso-Termoli", con curve di ampio raggio e tratti in rettilineo. Dopo aver oltrepassato la strada provinciale di Campolieto, il tracciato in progetto termina ricollegandosi alla S.S.87 attuale all'altezza della stazione FS di Campolieto-Monaciglioni al km 159+600 circa, con uno sviluppo totale dell'intervento di circa 3.335 ml (Figura 1.1).

L'intervento è caratterizzato dall'eliminazione dalla direttrice principale di traffico di due passaggi a livello della linea FS "Campobasso-Termoli", che restano attivi per il transito della sola viabilità locale.

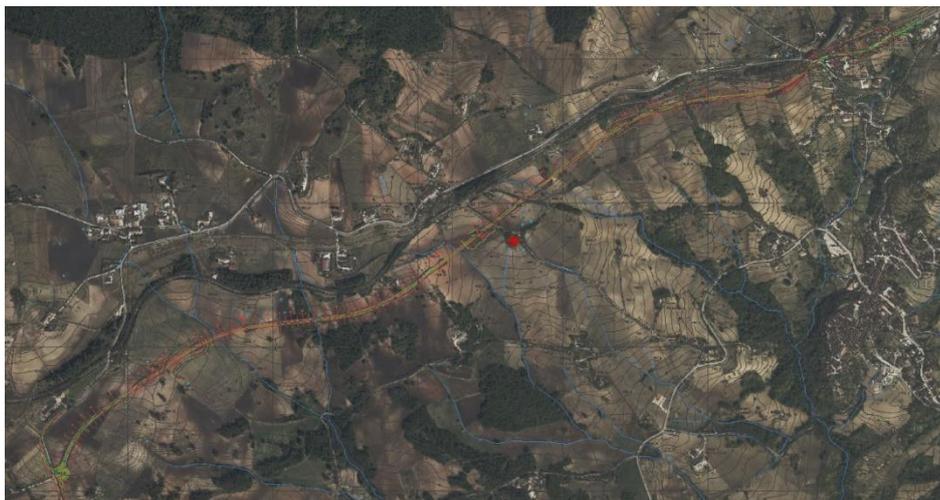


Figura 1.1 – Planimetria generale dell'area di intervento con riportato il tracciato in progetto

2 RIFERIMENTI

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [1] L. 02/02/74 n.64 e successive (norme tecniche per la costruzione in zone sismiche);
- [2] D.M. 21/01/81 e successive (norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, ecc...)
- [3] D.M. 17 gennaio 2018. "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»" (G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018).
- [4] Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018." (Suppl. Ordinario alla G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019).

2.2 DOCUMENTI DI PROGETTO

- [5] Doc. n. T00GE00GEORE03 "Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica".
- [6] Doc. n. T00GE00GEORE02 "Report delle indagini in sito, in laboratorio e simiche effettuate".
- [7] Doc. n. T00GE00GETRE01 "Relazione geotecnica".

2.3 BIBLIOGRAFIA

- [8] ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults): ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale)
- [9] Molin D. & Margottin C. (1981) – Il terremoto del 1627 nella Capitanata settentrionale. In "Sismicità dell'Italia: stato delle conoscenze e qualità della normativa, CNR-PFG.
- [10] Norme di Attuazione dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex Autorità di Bacino interregionale dei fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore),
- [11] Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC 2018) Patacca E., Scandone P. (1998). Struttura tettonica ed evoluzione cinematica dell'Appennino meridionale. 79° Congr. Soc. Geol. Ital., "La Sicilia, un Laboratorio Naturale nel Mediterraneo - Strutture, Mari, Risorse e Rischi" (Palermo, 21-23 sett. 1998).
- [12] Documentazione progettuale di accompagnamento delle precedenti fasi progettuali
- [13] H. B. Seed, I. M Idriss: "Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential", J. Soil Mechanics and Foundations Div., ASCE 97(SM9), 1249–273 (1971)
- [14] I. M. Idriss: "Evaluating seismic risk in engineering practice". Proceedings, 11th Int. Conf. on Solid Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco (1985)
- [15] I. M. Idriss and R. W. Boulanger: "Soil liquefaction during earthquakes" - Earthquake Engineering Research Institute USA- 2008
- [16] T. L. Youd et al: "Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils". J. Geotech. Geoenviron. Eng. 2001.127:817-833 (2001)

3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA DI STUDIO

La campagna di indagini geofisiche eseguite a corredo della prima versione del progetto definitivo e descritte nella relativa relazione geologica, ha visto l'esecuzione di:

- n.16 prospezioni sismiche a rifrazione tomografica in onde di compressione (P) e di Taglio (S);
- n.8 indagini sismiche in foro down-hole;
- N.8 rilievi sismici a stazione singola del tipo HVSR.

Queste hanno lo scopo di supportare le indagini dirette condotte nell'area e raffinare il grado di conoscenza dell'assetto stratigrafico locale in relazione al volume geotecnicamente significativo. I risultati delle prove sono raccolti nel Rif.[6]. Nelle due seguenti tabelle si riportano le coordinate E-N delle prove e le progressive di riferimento del tracciato stradale.

Indagine		Coordinate (Gauss Boaga)		Progressive di riferimento
L1	inizio	2498043.57 E	4680870.95 N	0+600 ÷ 0+715
	fine	2498137.39 E	4608937.49 N	
L2	inizio	2498299.69 E	4609035.80 N	0+940 ÷ 1+055
	fine	2498409.86 E	4609067.96 N	
L3	inizio	2498379.90 E	4609027.57 N	1+015 ÷ 1+080
	fine	2498418.03 E	4609135.43 N	
L4	inizio	2498932.41 E	4609144.62 N	1+575 ÷ 1+650
	fine	2499045.32 E	4609165.34 N	
L5	inizio	2498981.35 E	4609175.78 N	1+605 ÷ 1+625
	fine	2499019.01 E	4609067.79 N	
L6	inizio	2498814.22 E	4609389.62 N	-
	fine	2498926.02 E	4609409.21 N	
L7	inizio	2498921.59 E	4609404.97 N	-
	fine	2499024.95 E	4609357.62 N	
L8	inizio	2499131.63 E	4609358.73 N	1+850 ÷ 1+965
	fine	2499213.74 E	4609438.11 N	
L9	inizio	2499540.48 E	4609670.74 N	2+355 ÷ 2+470
	fine	2499642.09 E	4609723.76 N	
L10	inizio	2499578.23 E	4609704.04 N	2+415
	fine	2499636.96 E	4609606.24 N	
L11	inizio	2499677.70 E	4609749.12 N	2+520 ÷ 2+635
	fine	2499781.32 E	4609797.84 N	
L12	inizio	2499911.97 E	4609852.85 N	2+760
	fine	2499920.50 E	4609739.92 N	
L13	inizio	2500027.41 E	4609860.45 N	2+900 ÷ 3+015
	fine	2500141.75 E	4609865.48 N	
L14	inizio	2500084.32 E	4609896.62 N	2+965
	fine	2500088.88 E	4609784.01 N	
L15	inizio	2500136.18 E	4609878.99 N	3+015 ÷ 3+130
	fine	2500249.74 E	4609895.11 N	
L16	inizio	2500261.94 E	4609902.79 N	3+160 ÷ 3+275
	fine	2500354.85 E	4609970.11 N	

Tabella 3.1 – Indagini geofisiche disponibili, coordinate GPS e pp.kk. di riferimento (1/2)

Indagine	Coordinate (Gauss Boaga)		Progressive di riferimento
DH-S2	2498329.69 E	4609055.76 N	0+910
DH-S10	2499140.15 E	4609391.19 N	1+900
DH-S11	2499191.36 E	4609405.06 N	1+930
DH-S12	2499499.02 E	4609652.10 N	2+320
DH-S15	2499647.10 E	4609761.63 N	2+500
DH-S16	2499720.29 E	4609780.05 N	2+570
DH-S19	2499974.63 E	4609859.51 N	2+830
DH-S21	2500223.08 E	4609883.85 N	3+200
HV1	2498286.58 E	4609030.57 N	0+920
HV2	2498979.21 E	4609158.68 N	1+615
HV3	2498949.63 E	4609399.50 N	-
HV4	2499496.17 E	4609650.89 N	2+320
HV5	2499643.81 E	4609759.18 N	2+500
HV6	2499884.34 E	4609867.36 N	2+720
HV7	2500028.58 E	4609851.41 N	2+900
HV8	2500232.16 E	4609882.25 N	3+080

Tabella 3.2 – Indagini geofisiche disponibili, coordinate GPS e pp.kk. di riferimento (2/2)

3.1 PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

Nel complesso, i 16 stendimenti in onde di rifrazione impostate in corrispondenza delle principali opere in progetto hanno coperto uno sviluppo di ca. 1600m. I risultati sono stati incrociati con i dati ottenuti dalle indagini dirette, al fine di migliorare il grado di conoscenza stratigrafico dell'area. Nello specifico, dall'interpretazione degli stendimenti è stato possibile identificare lo spessore delle coperture detritiche e quindi la profondità del substrato lapideo. L'andamento delle V_s e delle V_p all'aumentare della profondità risulta proporzionale alla consistenza dei terreni indagati e coerente con le caratteristiche geolitologiche degli ammassi presenti nell'area attraversati dai sondaggi geognostici. L'elaborazione in onde P ed S ha permesso inoltre di individuare la profondità del substrato fliscioide.

I sondaggi utilizzati per l'interpretazione dei risultati sono:

- S1 per tomografia sismica L1
- S3 per tomografia sismica L2 e L3
- S6 per tomografia sismica L4 e L5
- S8 per tomografia sismica L6 e L7
- S11 per tomografia sismica L8
- S13 per tomografia sismica L9 e L10
- S16 per tomografia sismica L11
- S17 per tomografia sismica L12
- S19 per tomografia sismica L13 e L14
- S21 per tomografia sismica L15 e L16

Si riportano da **Tabella 3.3** a **Tabella 3.12** l'interpretazione dei risultati ottenuti (da Rif. [6]). L'andamento delle V_s e delle V_p è riportato da (da Rif. [6]).

RELAZIONE SISMICA

Litologia indicativa S1	Vp (m/sec) L1	Vs (m/sec) L1
1) Suolo/Terreno vegetale: argilla limosa con inclusi lapidei e resti vegetali	< 800	< 320
2) Argilla limosa a struttura scagliosa con abbondanti inclusi lapidei	800 - 1800	320 - 600
3) Alternanza di argilla limosa con inclusi calcarei e livelli di calcari e calcari mamosi fratturati	> 1800	> 600

Tabella 3.3 – Associazione tra litologie e velocità sismiche – S1÷L1

Litologia indicativa S3	Vp (m/sec) L2-L3	Vs (m/sec) L2-L3
1) Suolo/Terreno vegetale: argilla limosa con inclusi lapidei e resti vegetali	< 700	< 250
2) Ghiaie e clasti di natura calcarea in matrice limoso-argillosa	700 - 1500	200 - 600
3) Alternanza di argilla limosa con inclusi calcarei e livelli di calcari e calcari mamosi fratturati	1800 - 2300	600 - 800
4) Alternanza di argilla limosa molto consistente e livelli di mame e calcari fratturati	> 2300	> 800

Tabella 3.4 – Associazione tra litologie e velocità sismiche – S3÷L2-L3

Litologia indicativa S6	Vp (m/sec) L4-L5	Vs (m/sec) L4-L5
1) Suolo/Terreno vegetale: argilla limosa con inclusi lapidei e resti vegetali	< 600	< 200
2) Argilla mamosa con inclusi calcarei	600 - 1300	200 - 450
3) Argilla limosa con inclusi calcarei e livelli di mame argillose sub-litoidi	1300 - 2750	450 - 900
4) Calcareniti e calciruditi con livelli di argilla mamosa	> 2750	> 900

Tabella 3.5 – Associazione tra litologie e velocità sismiche – S6÷L4-L5

RELAZIONE SISMICA

Litologia indicativa S8	Vp (m/sec) L6-L7	Vs (m/sec) L6-L7
1) Suolo/Terreno vegetale: argilla e limo sabbioso con inclusi lapidei e resti vegetali	< 800	< 300
2) Argilla marnosa limosa e sabbiosa con sporadiche intercalazioni marnose	800 - 1600	300 - 550
3) Argilla marnosa e marna argillosa limosa con livelli litoidi calcarenitici	1600 - 2650	550 - 900
4) Alternanza calciruditi-calcareniti e marne argillose limose	> 2650	> 900

Tabella 3.6 – Associazione tra litologie e velocità sismiche – S8÷L6-L7

Litologia indicativa S11	Vp (m/sec) L8	Vs (m/sec) L8
1) Suolo/Terreno vegetale: argilla e limo sabbioso; argilla limosa debolmente marnosa	< 600	< 200
2) Argilla marnosa limosa con inclusi litici calcarei e sporadici livelli calcarenitici	600 - 1800	200 - 600
3) Alternanza di calcareniti fratturate e argille marnose limose	1800 - 2400	600 - 800
4) Argille marnose e marne argillose limose a struttura scagliosa con inclusi lapidei	> 2400	> 800

Tabella 3.7 – Associazione tra litologie e velocità sismiche – S11÷L8

Litologia indicativa S13	Vp (m/sec) L9-L10	Vs (m/sec) L9-L10
1) Suolo/Terreno vegetale: limo argilloso con inclusi lapidei e resti vegetali	< 400	< 150
2) Alternanza di limi argilloso-sabbiosi e sottili strati lapidei calcarenitici fratturati	400 - 1500	150 - 350
3) Alternanza di arenarie fratturate e argille limoso-sabbiose	1500 - 2150	350 - 700
4) Argille marnoso-limose consistenti alternate a livelli di limi sabbiosi molto addensati	> 2150	> 700

Tabella 3.8 – Associazione tra litologie e velocità sismiche – S13÷L9-L10

RELAZIONE SISMICA

Litologia indicativa S16	Vp (m/sec) L11	Vs (m/sec) L11
1) Suolo/Terreno vegetale: argilla e limo con inclusi lapidei e resti vegetali	< 600	< 200
2) Argille limose debolmente sabbiose	600 - 1700	200 - 500
3) Argille limose e marnose intercalate da sporadici livelli calcarei	1700 - 2200	500 - 650
4) Argille marnoso-limose consistenti alternate a calcari marnosi e calcilutiti	> 2200	> 650

Tabella 3.9 – Associazione tra litologie e velocità sismiche – S16÷L11

Litologia indicativa S17	Vp (m/sec) L12	Vs (m/sec) L12
1) Suolo/Terreno vegetale: limi argillosi con inclusi lapidei e resti vegetali	< 400	< 200
2) Argilla limosa con ghiaia calcarea	400 - 1500	200 - 500
3) Argilla limosa con abbondante ghiaia calcarea e sottili livelli marnosi	1500 - 2400	500 - 800
4) Argilla limosa a struttura scagliosa con livelli/trovanti calcarei e locali orizzonti marnoso-calcarei	> 2400	> 800

Tabella 3.10 – Associazione tra litologie e velocità sismiche – S17÷L12

Litologia indicativa S19	Vp (m/sec) L11	Vs (m/sec) L11
1) Suolo/Terreno vegetale: argilla e limo con inclusi lapidei e resti vegetali	< 500	< 200
2) Argilla limoso-sabbiosa	500 - 1400	200 - 500
3) Argilla limoso-sabbiosa mediamente addensata/cementata	1400 - 2200	500 - 700
4) Argilla limoso-sabbiosa molto addensata/cementata	> 2200	> 700

Tabella 3.11 – Associazione tra litologie e velocità sismiche – S19÷L13-L14

RELAZIONE SISMICA

Litologia indicativa S21	Vp (m/sec) L12	Vs (m/sec) L12
1) Suolo/Terreno vegetale: argilla e sabbia limosa con inclusi lapidei e resti vegetali	< 500	< 200
2) Sabbie limose con intercalazioni di argille limose terreno da poco a moderatamente addensato	500 - 1400	200 - 500
3) Sabbie limose con intercalazioni di argille limose e marnose - terreno moderatamente addensato	1400 - 2400	500 - 800
4) Argille limose con intercalazioni sabbiose con sporadici orizzonti litodi (arenarie e marne)	> 2400	> 800

Tabella 3.12 – Associazione tra litologie e velocità sismiche – S21÷L15-L16

RELAZIONE SISMICA

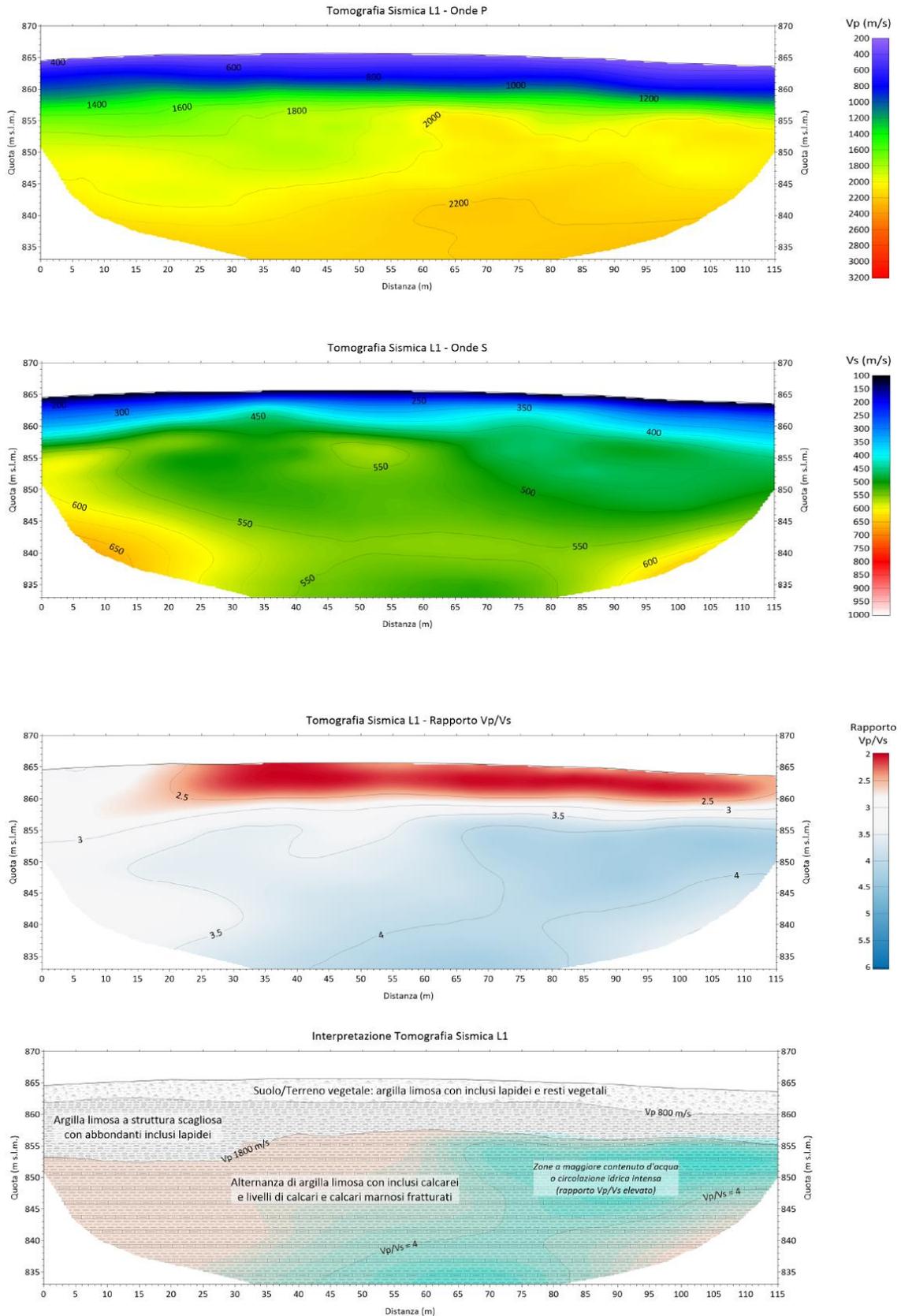


Figura 3.1 – Tomografia Sismica L1 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

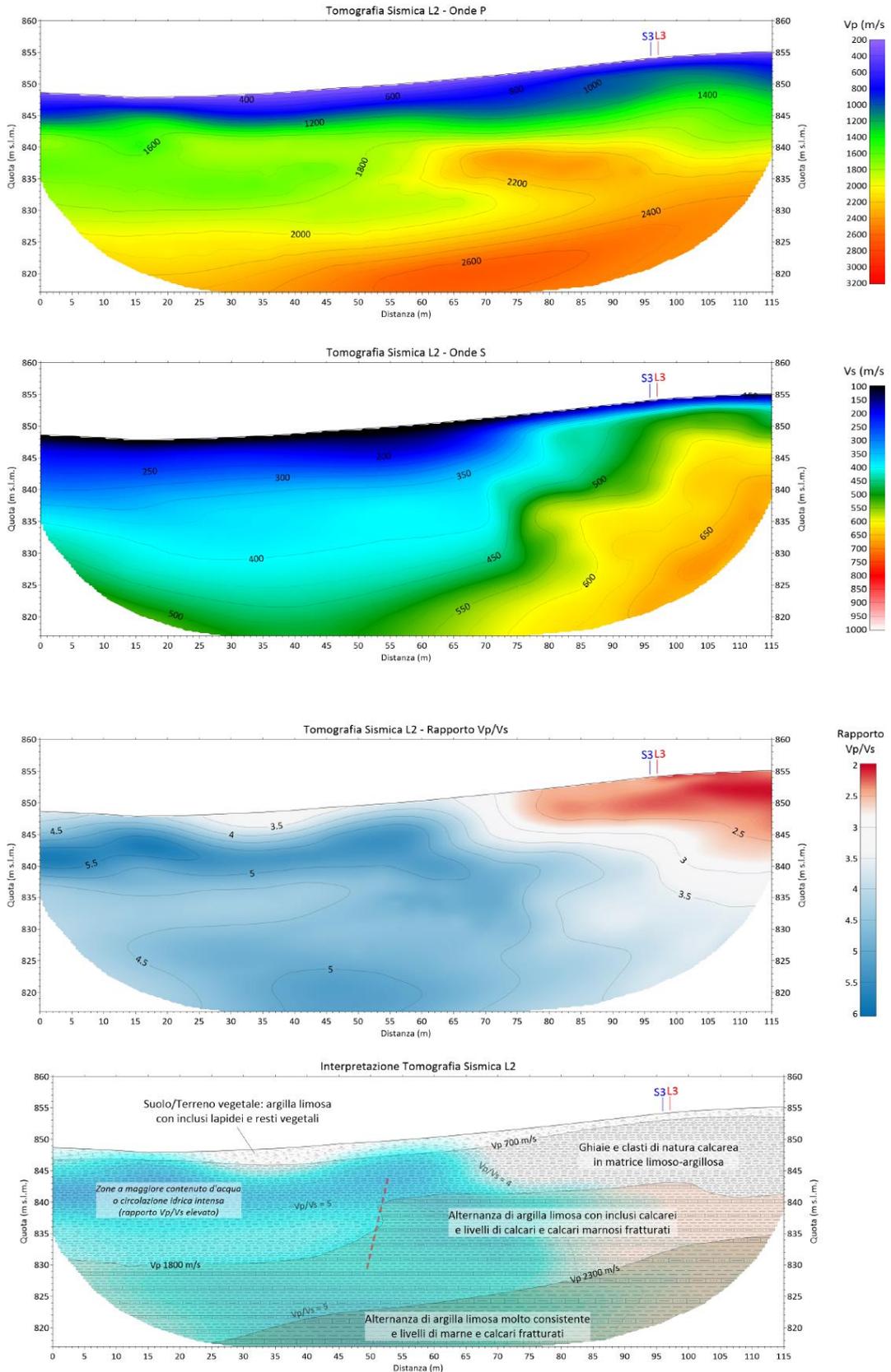


Figura 3.2 – Tomografia Sismica L2 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

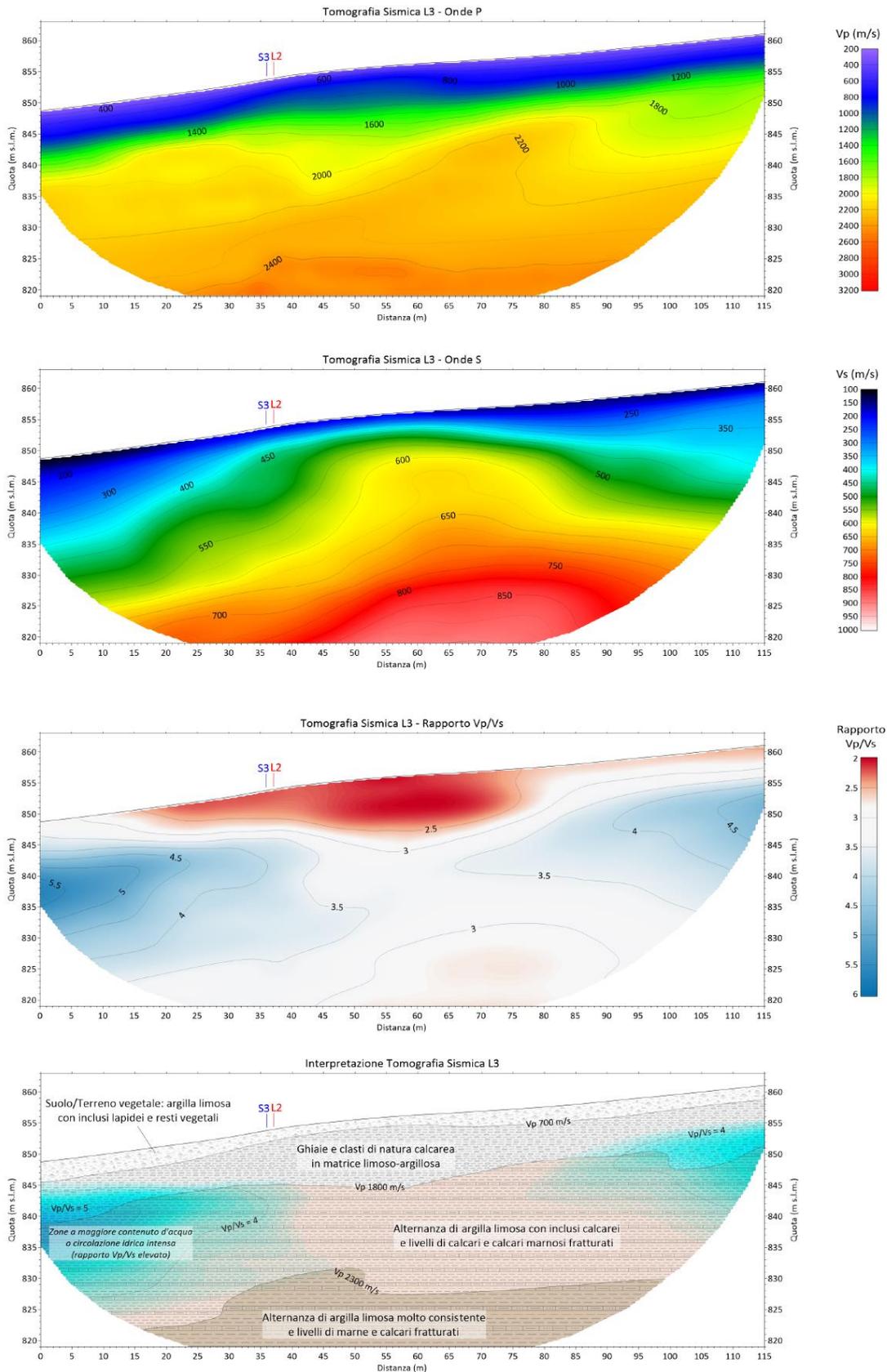


Figura 3.3 – Tomografia Sismica L3 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

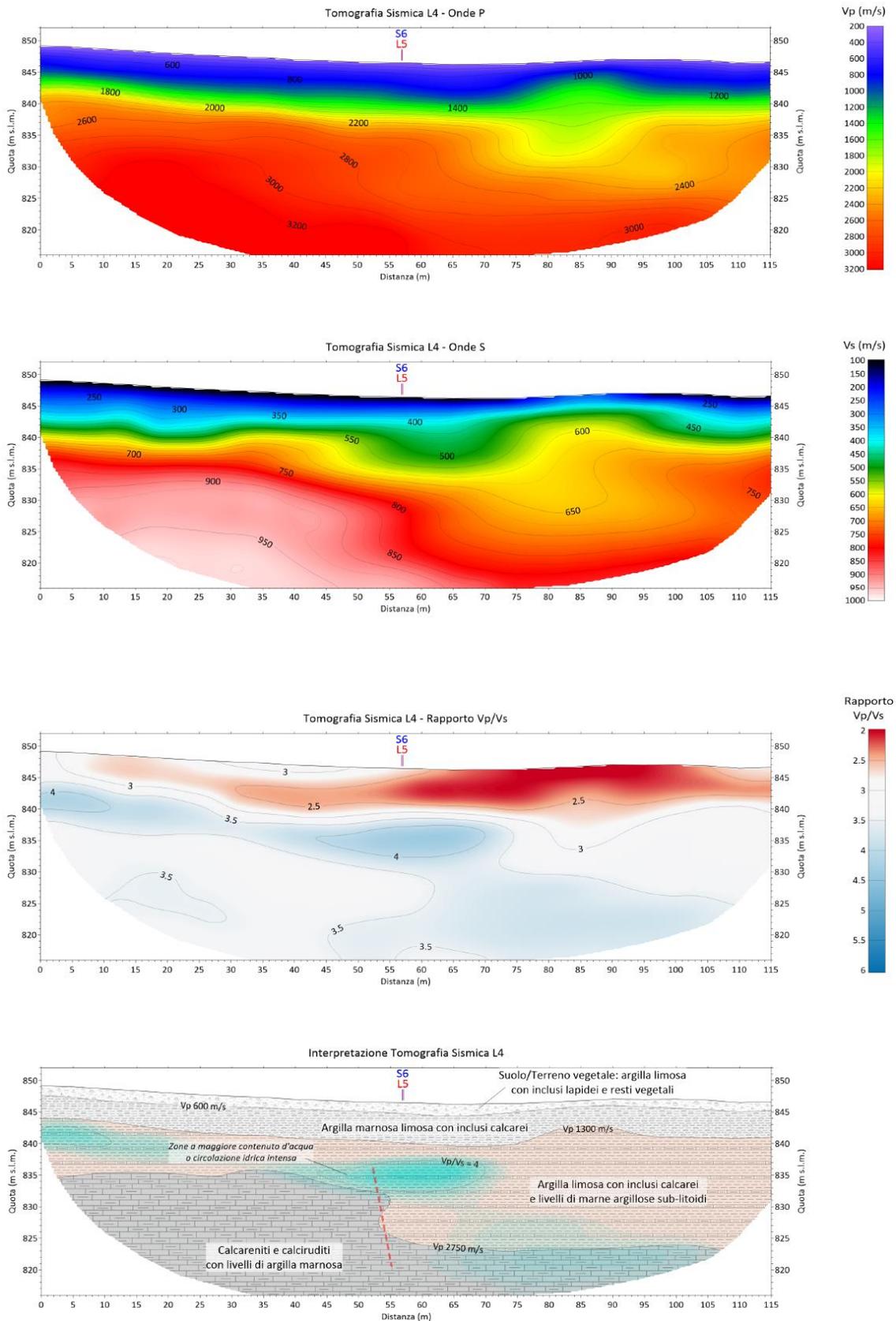


Figura 3.4 – Tomografia Sismica L4 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

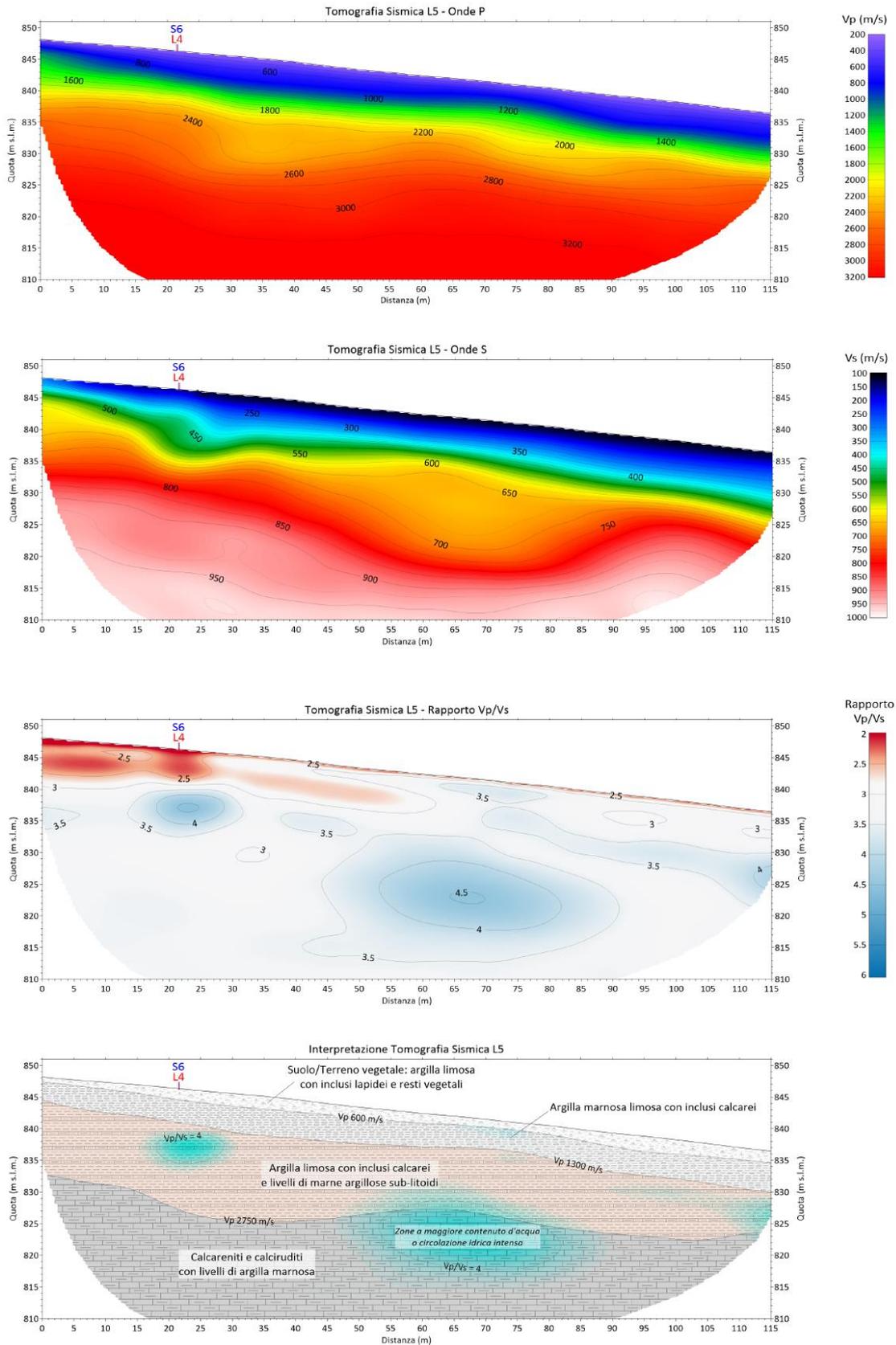


Figura 3.5 – Tomografia Sismica L5 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

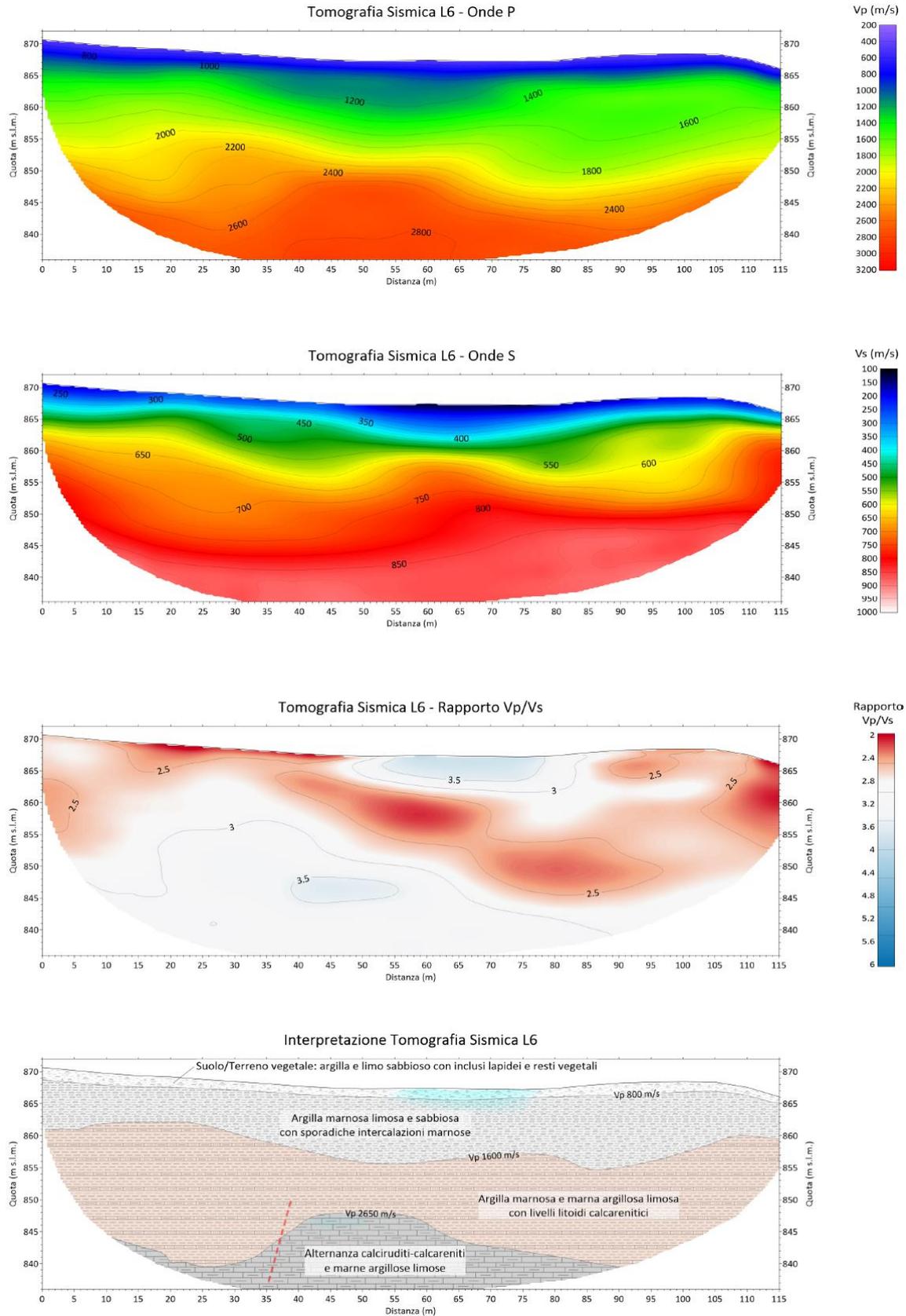


Figura 3.6 – Tomografia Sismica L6 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

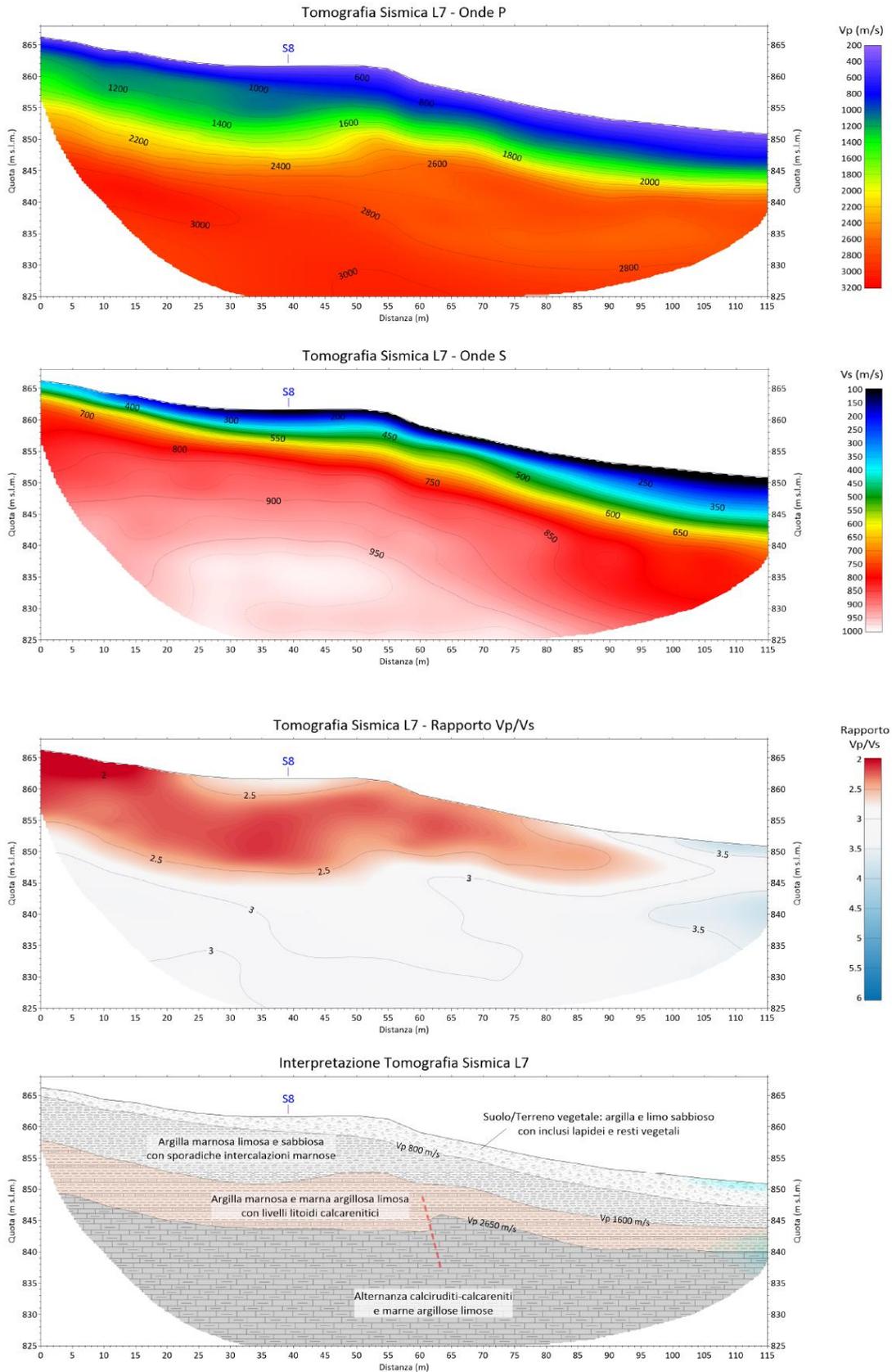


Figura 3.7 – Tomografia Sismica L7 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

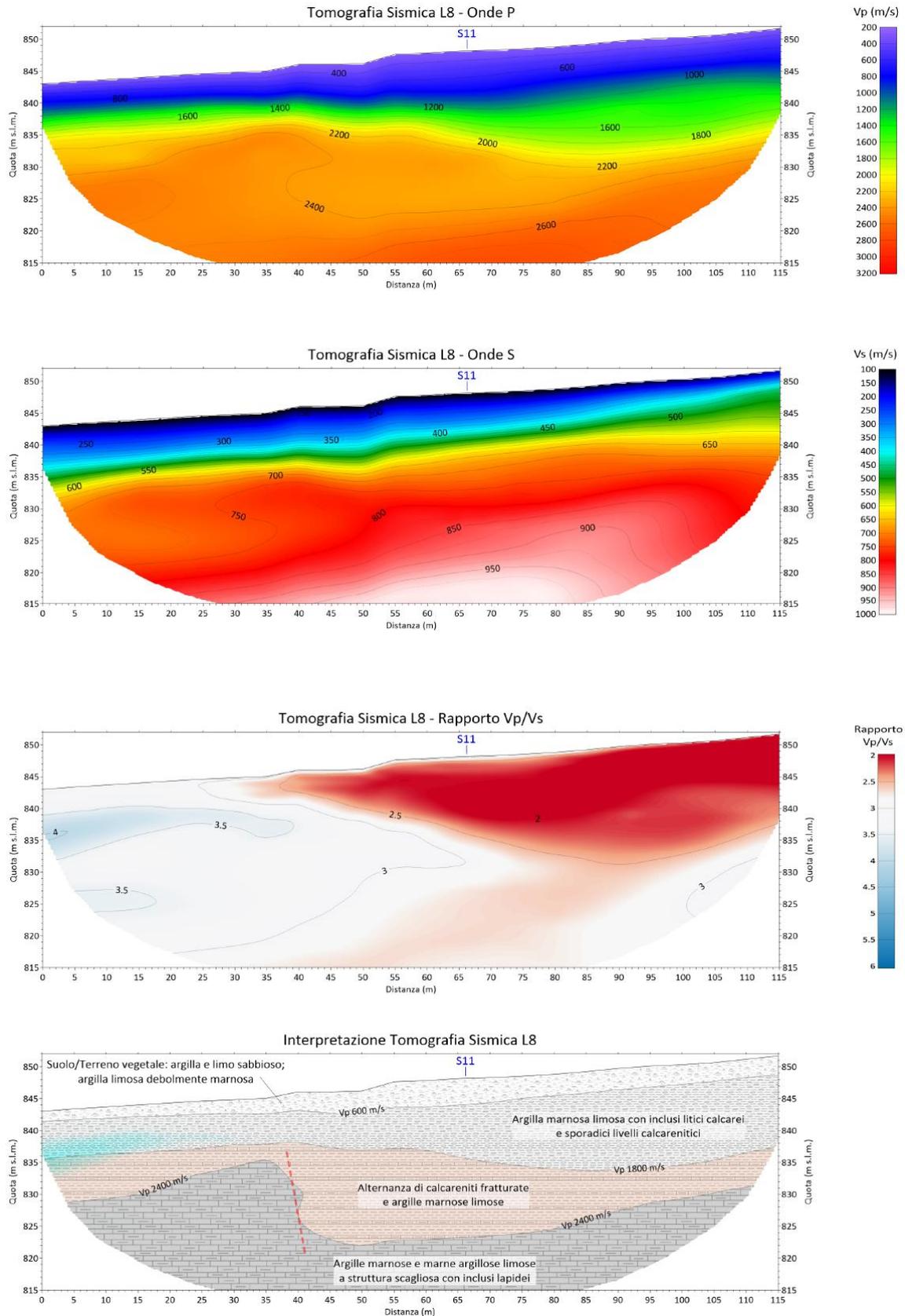


Figura 3.8 – Tomografia Sismica L8 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

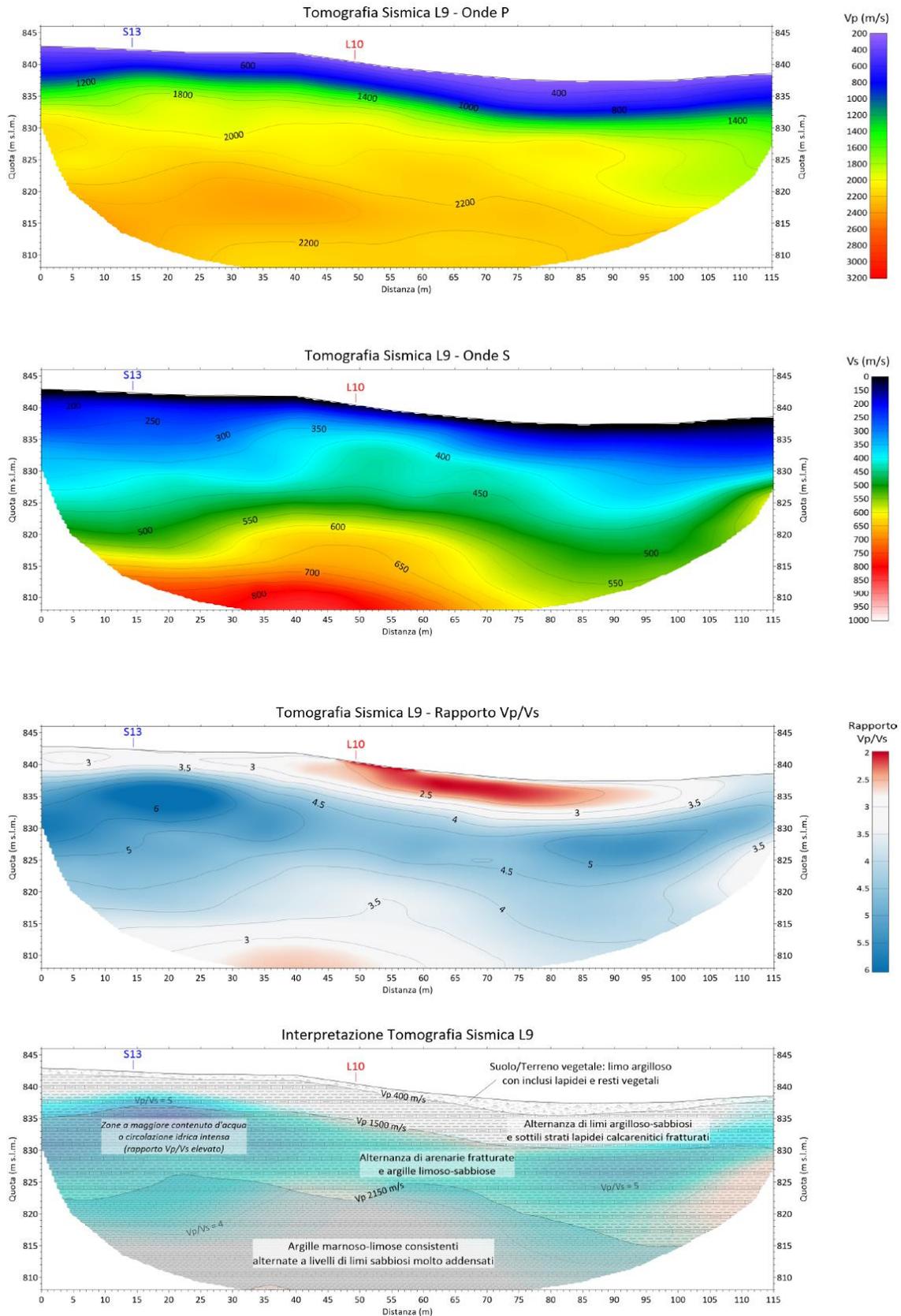


Figura 3.9 – Tomografia Sismica L9 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

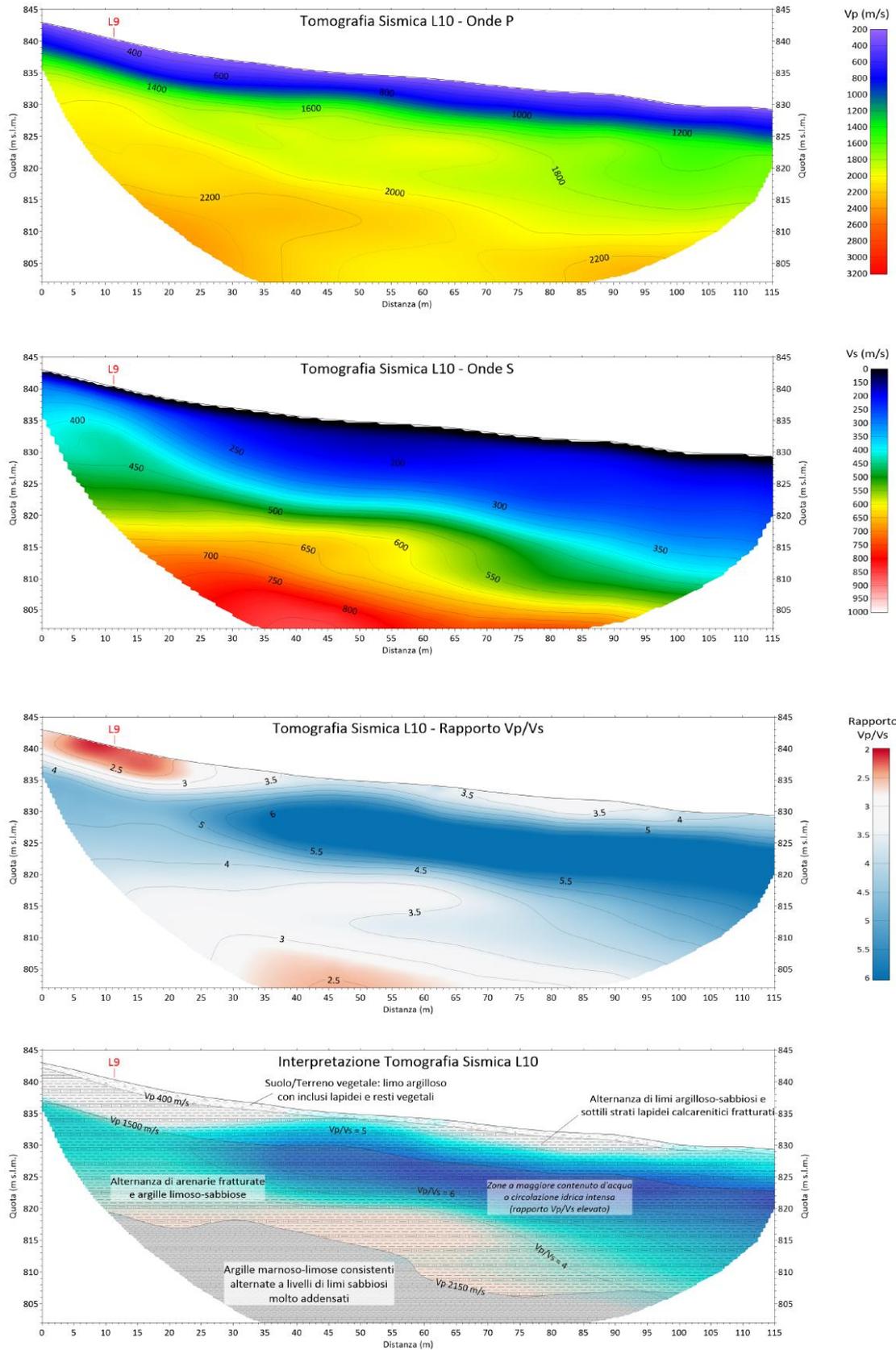


Figura 3.10 – Tomografia Sismica L10 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

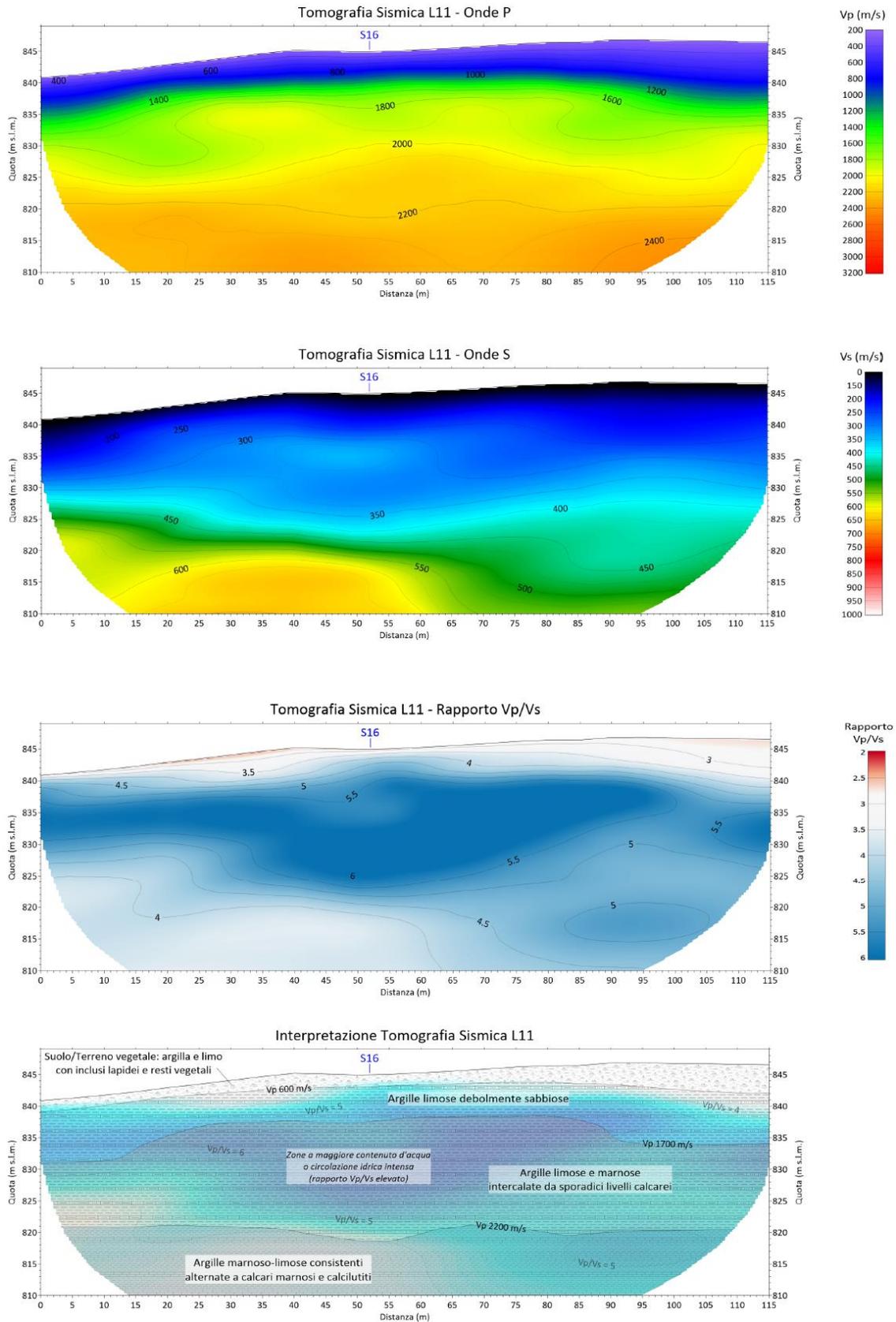


Figura 3.11 – Tomografia Sismica L11 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

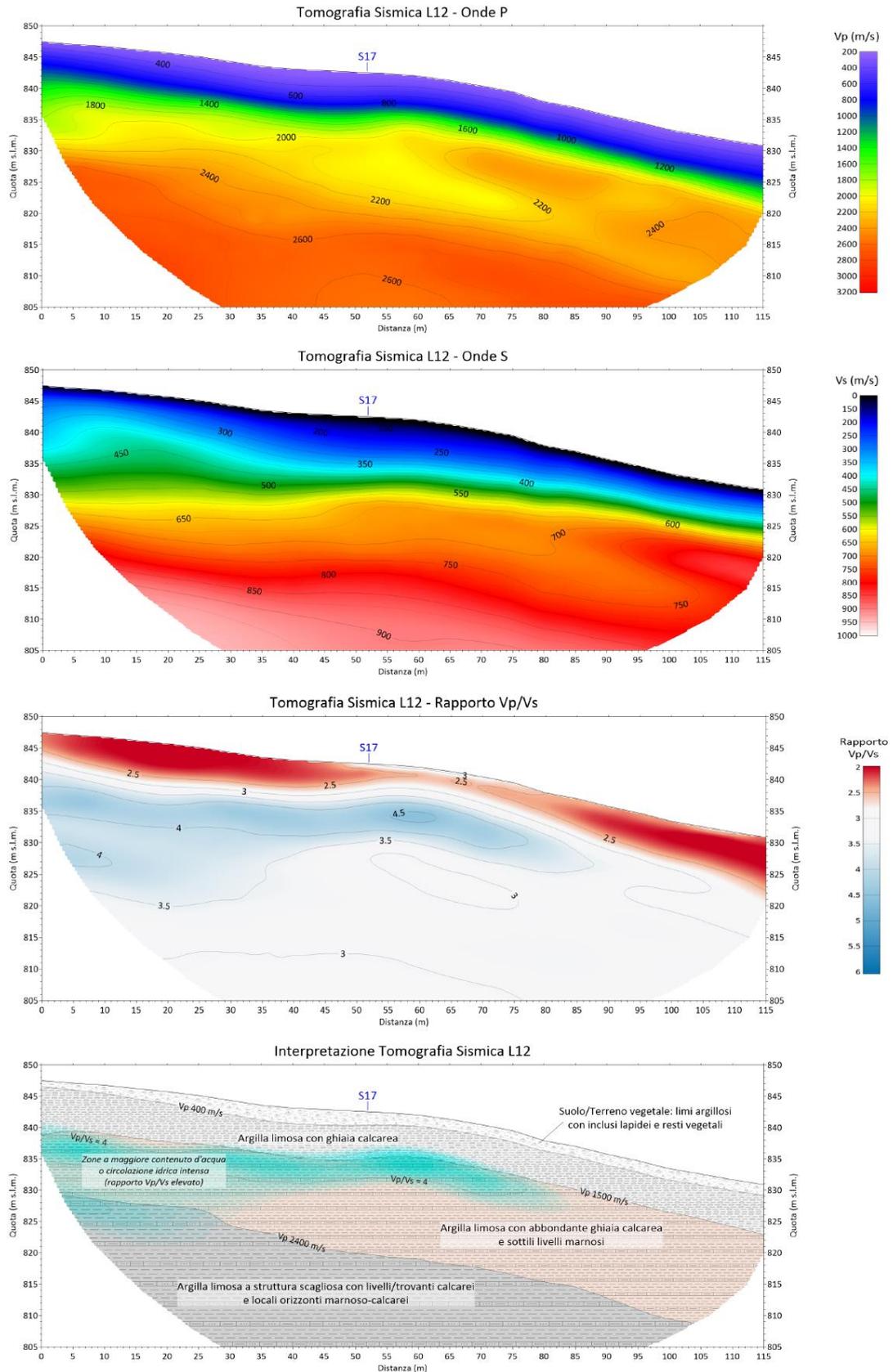


Figura 3.12 – Tomografia Sismica L12 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

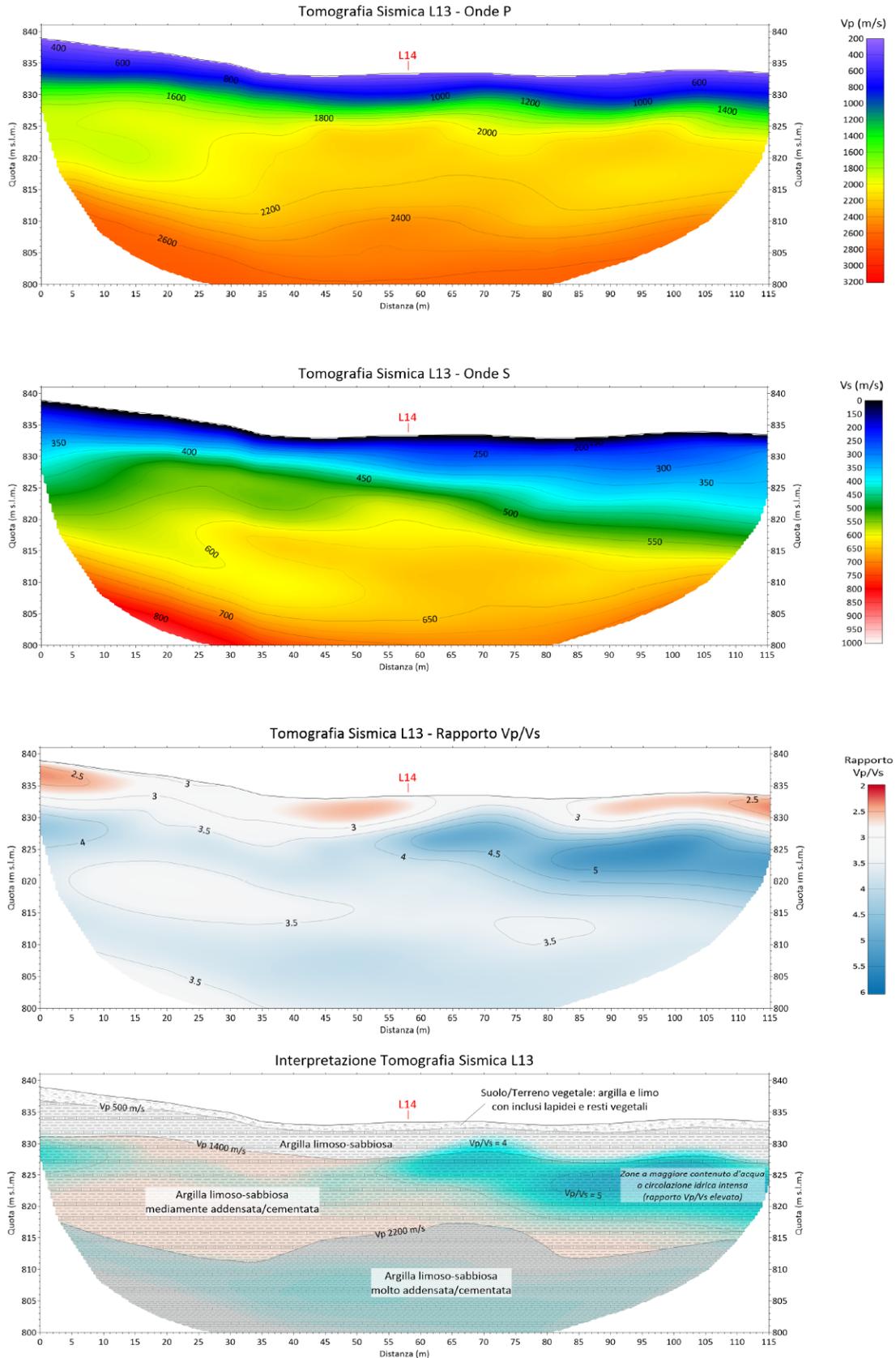


Figura 3.13 – Tomografia Sismica L13 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

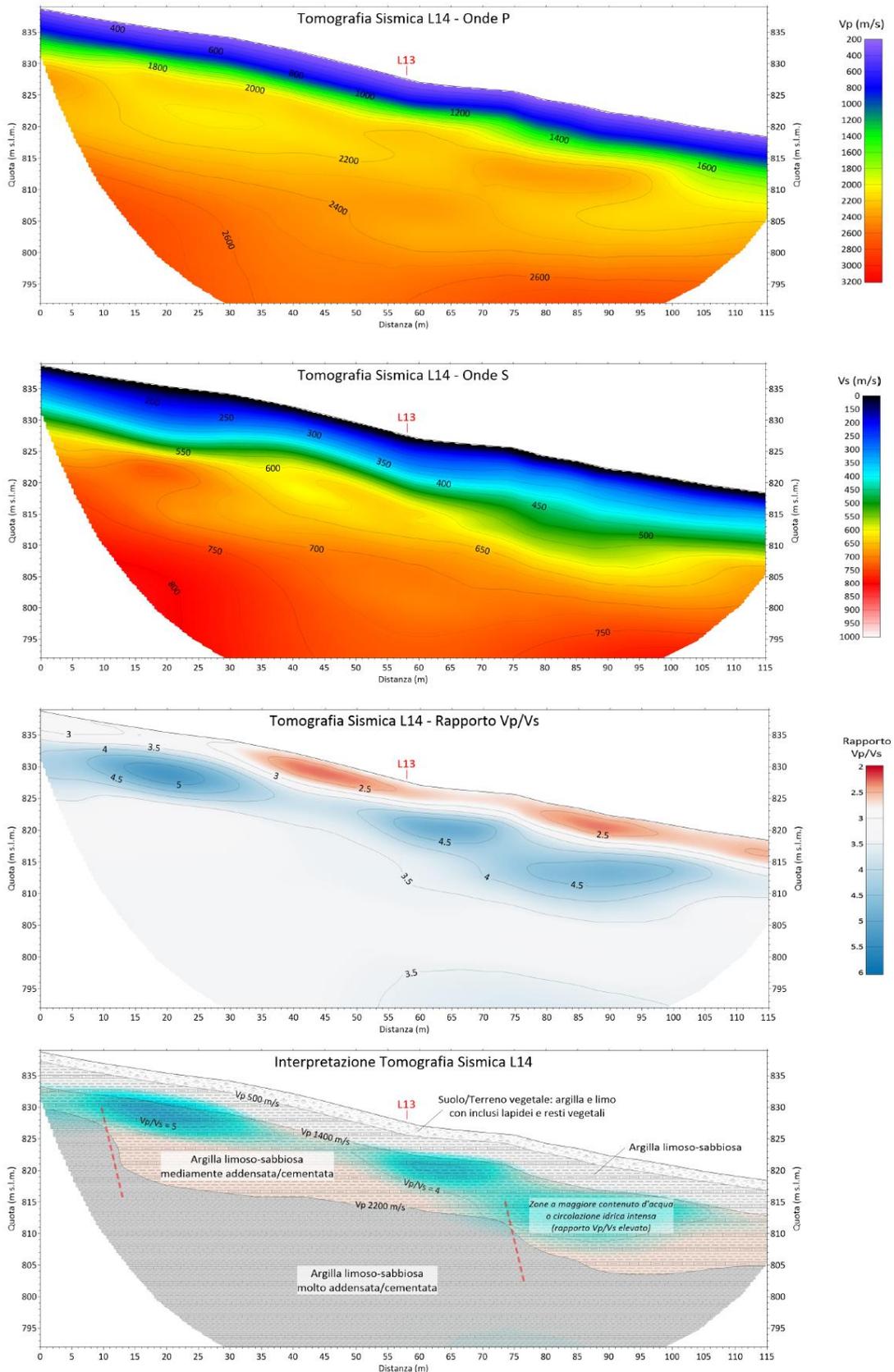


Figura 3.14 – Tomografia Sismica L14 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

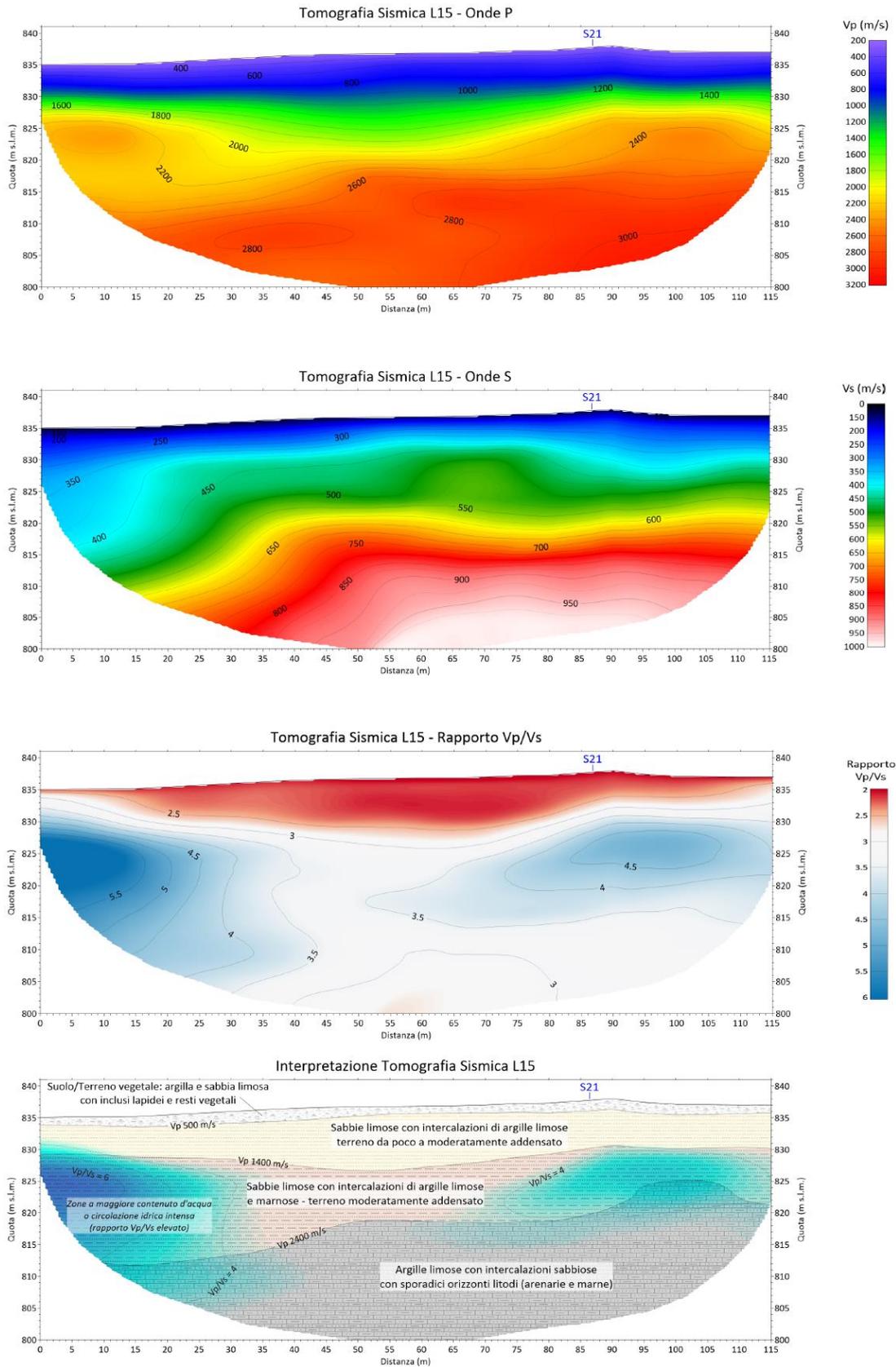


Figura 3.15 – Tomografia Sismica L15 (da Rif. [6])

RELAZIONE SISMICA

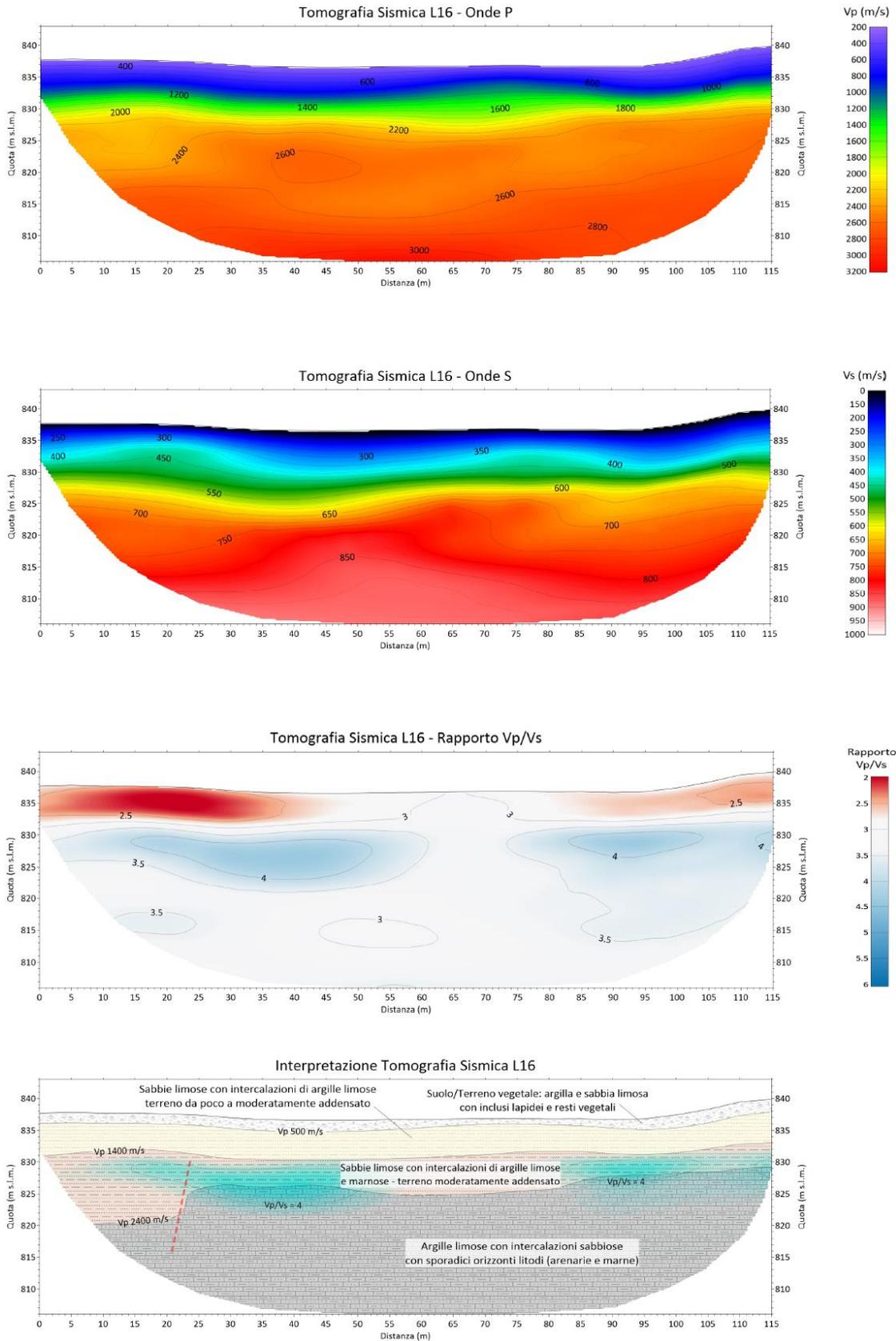


Figura 3.16 – Tomografia Sismica L16 (da Rif. [6])

3.2 PROVE DOWN-HOLE

I sondaggi eseguiti in prossimità delle spalle o le pile dei viadotti sono stati utilizzati per l'esecuzione di n.8 prove sismiche in foro tipo Down-Hole. I risultati sono riportati in Tabella 3.13 e da Figura 3.17 a Figura 3.20 (consultabili integralmente nel Rif. [6])e hanno permesso di inquadrare con un sufficiente grado di dettaglio i terreni interessati dalle opere in progetto mediante la stima delle $V_{s,eq}$, attraverso le quali è stato possibile stimare le categorie sismiche del sottosuolo come previsto dalle NTC-2018.

Down - Hole	Profondità dal p.c. (m)	$V_{s,eq}$ (m/sec)	Categoria di sottosuolo (NTC 2018)
DH - S2	40	344	C
DH - S10	30	342 (h = 23 m)	E
DH - S11	40	316 (h = 18 m)	E
DH - S12	35	321	C
DH - S15	30	408	B
DH - S16	40	317	C
DH - S19	30	324	C
DH - S21	35	410	B

Tabella 3.13 – Estratto delle prove Down-Hole tratto dalla relazione geologica di accompagnamento della prima stesura del progetto definitivo

RELAZIONE SISMICA

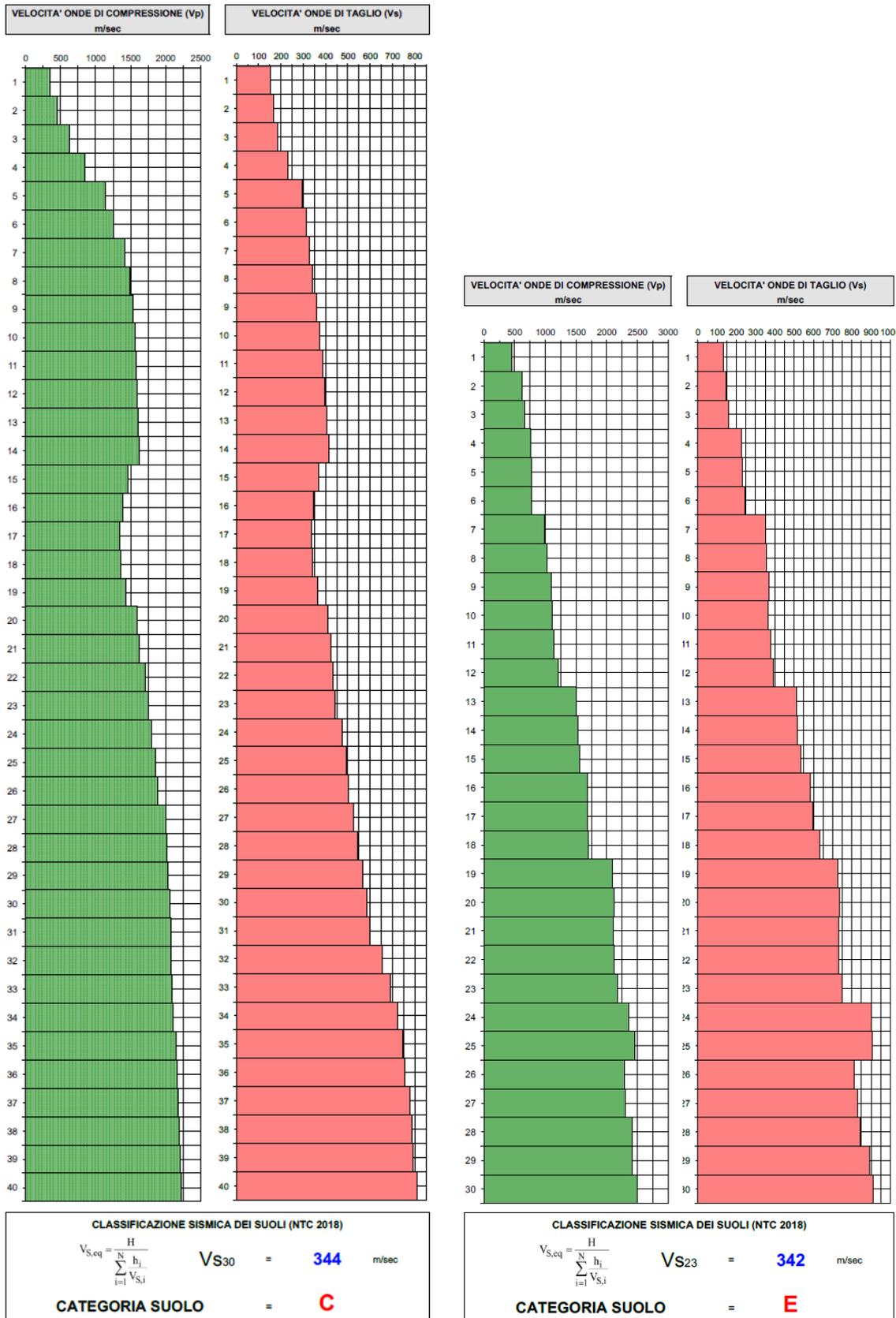


Figura 3.17 – Profilo delle VS e Categoria di sottosuolo – Sondaggio DH-S2 e DH-S10

RELAZIONE SISMICA

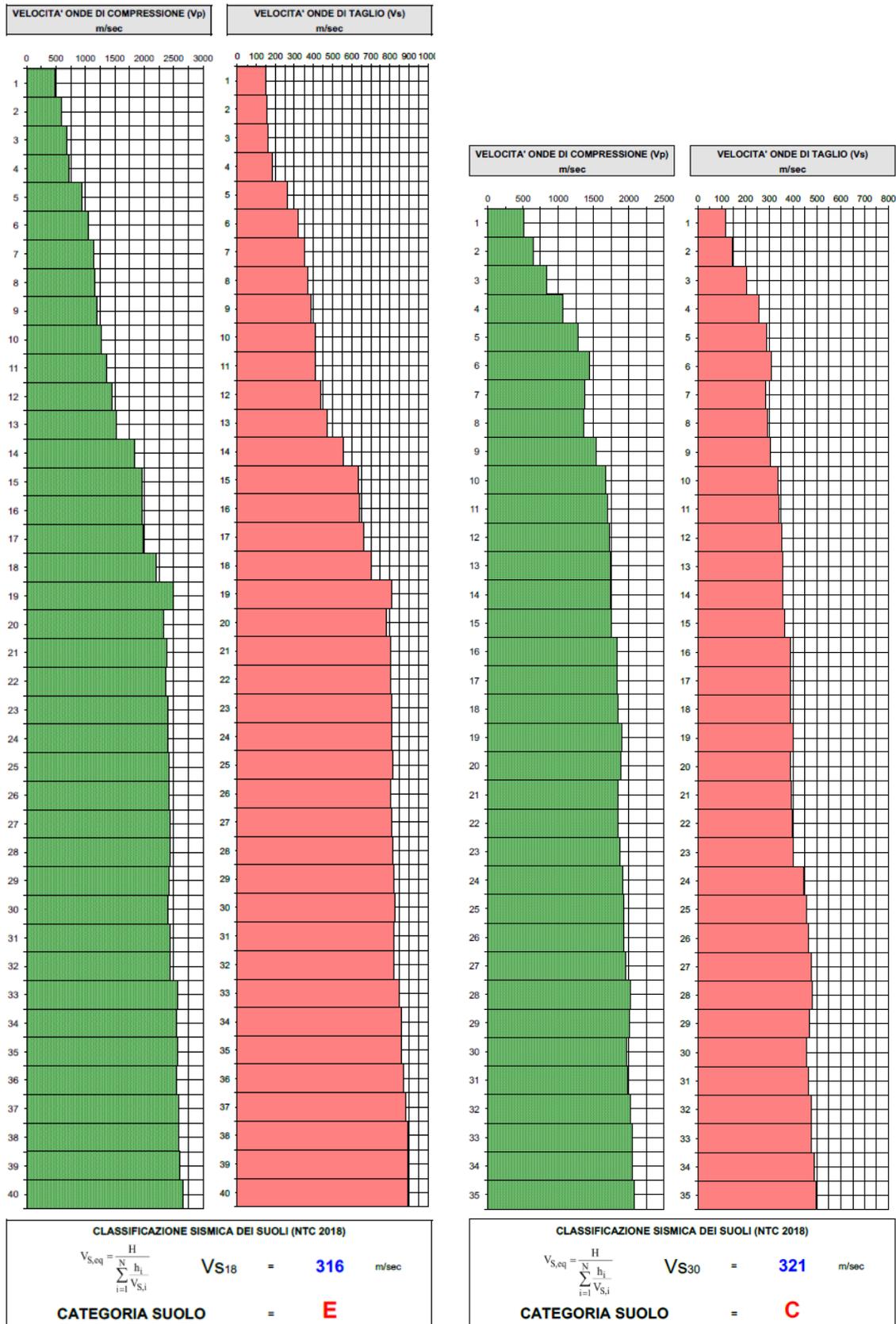


Figura 3.18 – Profilo delle VS e Categoria di sottosuolo – Sondaggio DH-S11 e DH-S12

RELAZIONE SISMICA

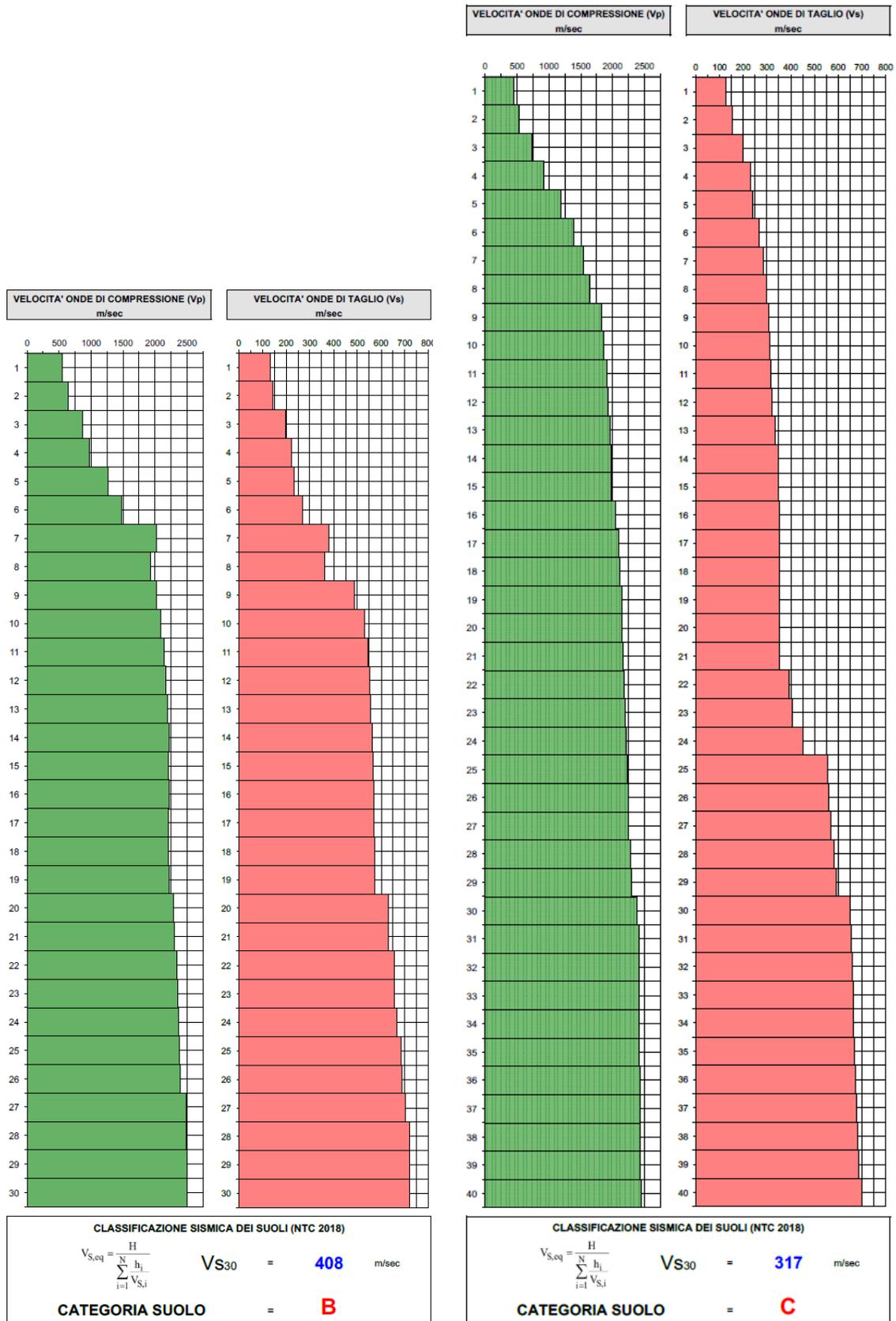


Figura 3.19 – Profilo delle VS e Categoria di sottosuolo – Sondaggio DH-S15 e DH-S16

RELAZIONE SISMICA

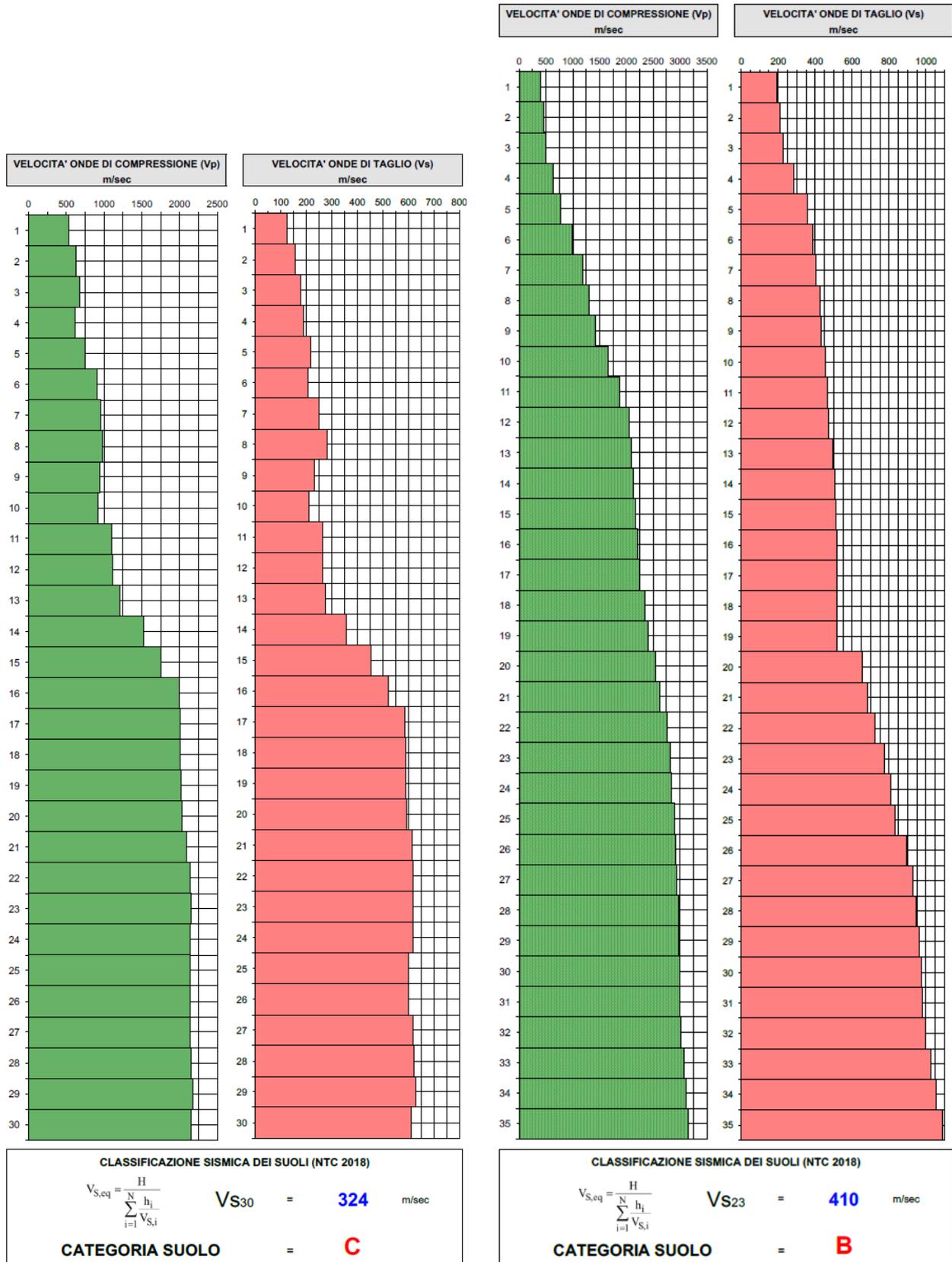


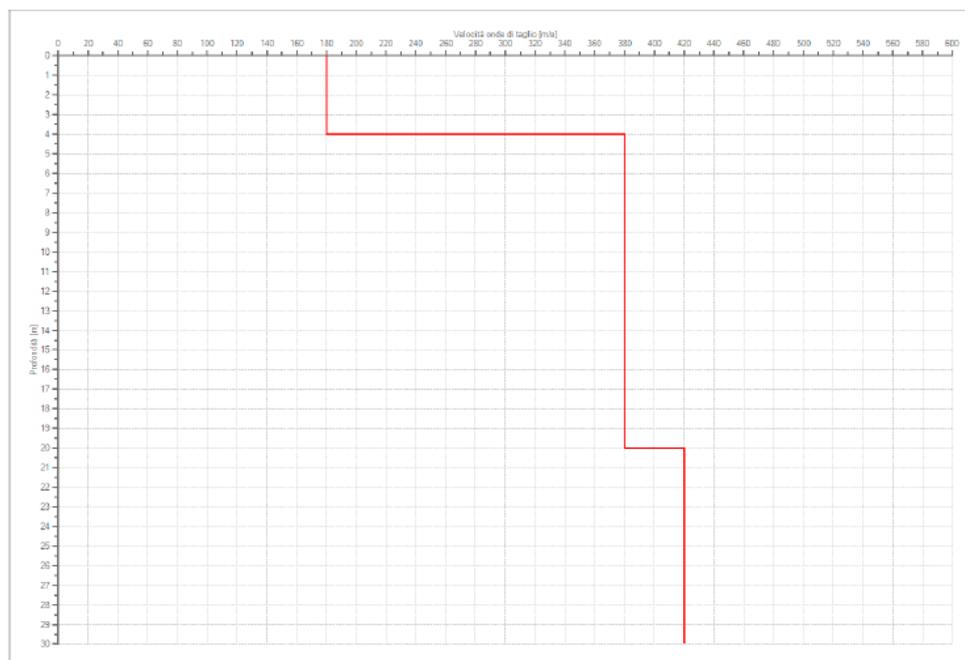
Figura 3.20 – Profilo delle VS e Categoria di sottosuolo – Sondaggio DH-S21 e DH-S19

3.3 RILIEVO SISMICO CON STAZIONI HVSR

A completamento delle indagini geofisiche condotte a supporto della prima stesura del progetto definitivo sono state eseguite una serie registrazione HVSR al fine di individuare possibili fenomeni di doppia risonanza tra terreno e struttura, di cui si riportano gli esiti in Tabella 3.14 e da Figura 3.21 a Figura 3.28 (consultabili integralmente nel Rif. [6]).

Nome HVSR	Frequenza picco H/V	Stima Vs30/Vs _{eq} (m/s)	Cat. NTC18
HV1	9.6 ± 0.6 Hz	340	C
HV2	7.5 ± 1.1 Hz	346 (h = 19 m)	E
HV3	16.7 ± 1.9 Hz	260 (h = 5 m)	E
HV4	15.3 ± 0.5 Hz	268	C
HV5	8.5 ± 1.0 Hz	330	C
HV6	19.3 ± 0.9 Hz	332	C
HV7	5.3 ± 0.6 Hz	322	C
HV8	4.9 ± 0.9 Hz	405	B

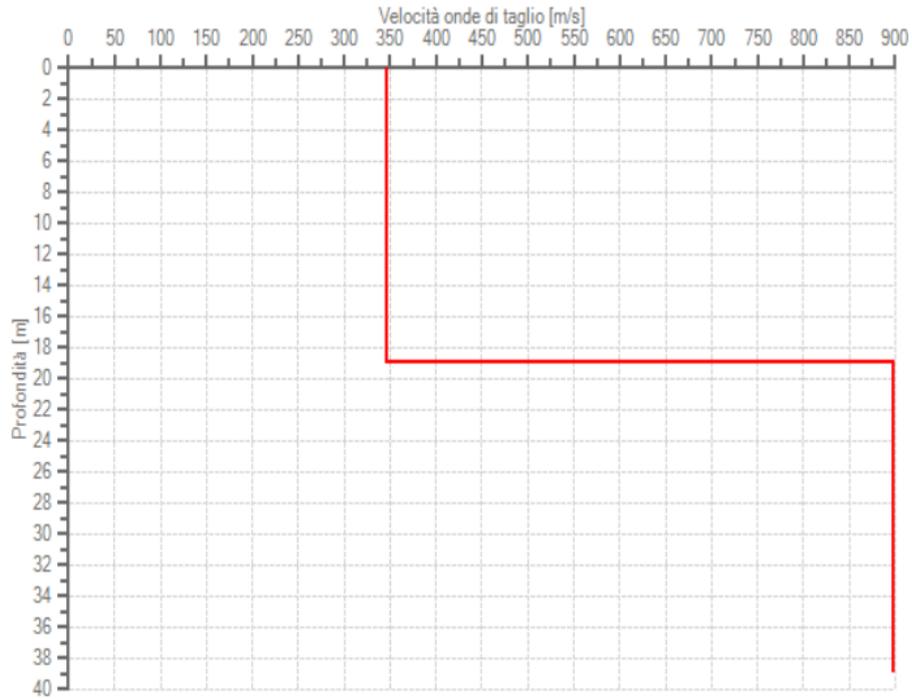
Tabella 3.14 – Sintesi dei risultati delle registrazioni HVSR tratta dalla relazione geologica di accompagnamento della prima stesura del progetto definitivo



Vs₃₀ = 340 m/s – Cat. C

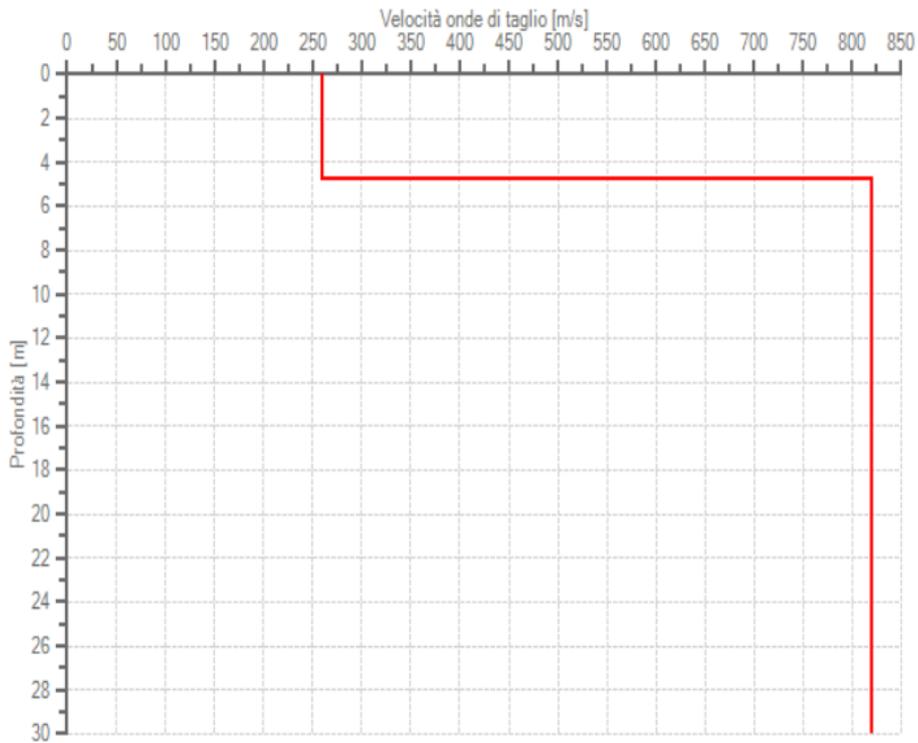
Figura 3.21 – Profilo delle Vs – HV1

RELAZIONE SISMICA



$V_{seq} = 346 \text{ m/s (} h = 19 \text{ m) - Cat. E}$

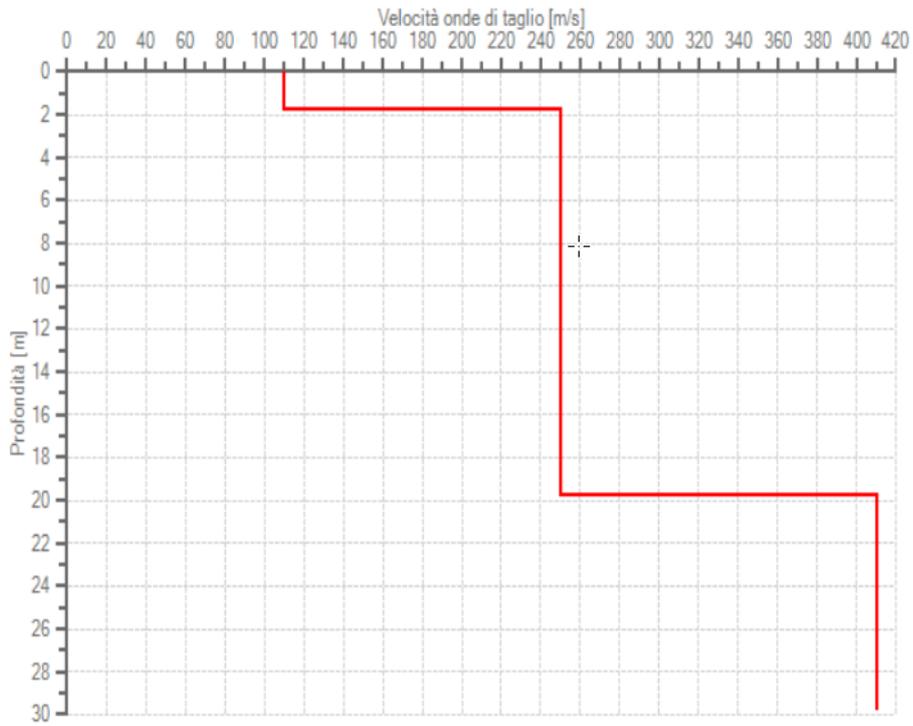
Figura 3.22 – Profilo delle Vs – HV2



$V_{seq} = 260 \text{ m/s (} h = 5 \text{ m) - Cat. E}$

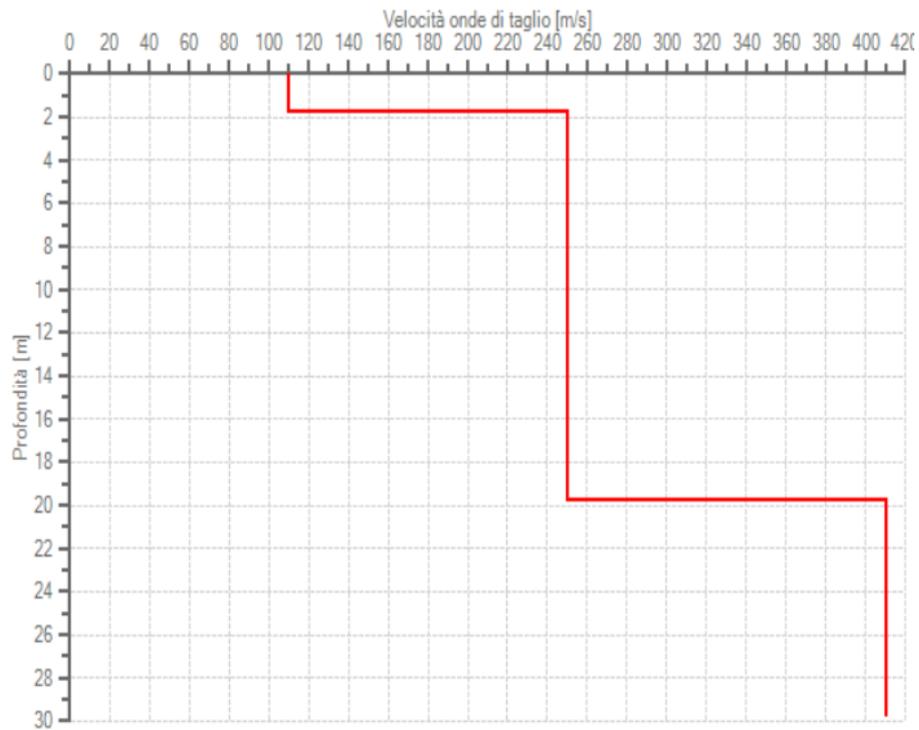
Figura 3.23 – Profilo delle Vs – HV3

RELAZIONE SISMICA



$V_{s30} = 268 \text{ m/s} - \text{Cat. C}$

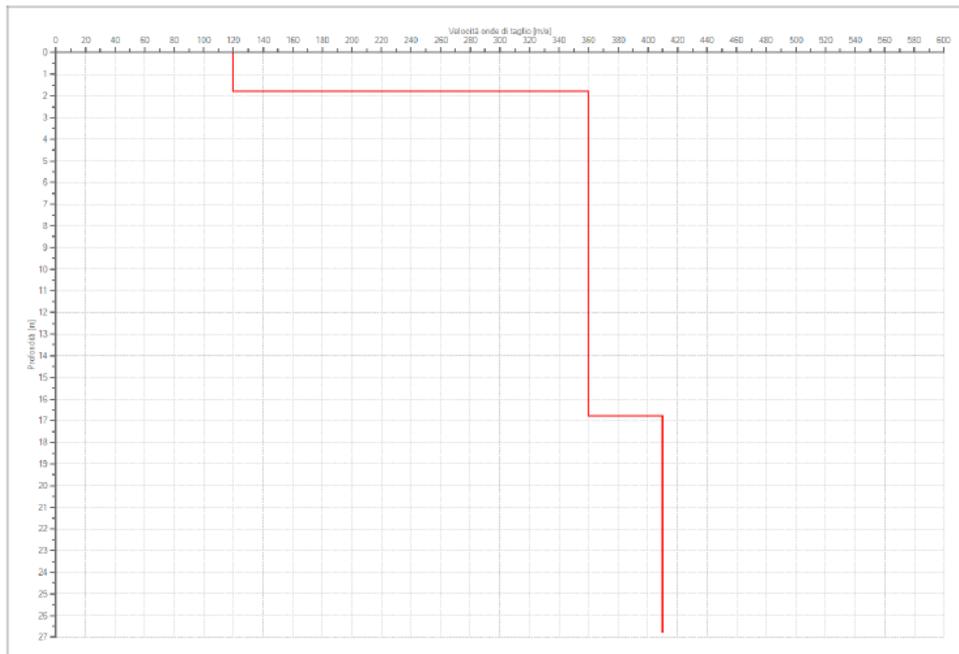
Figura 3.24 – Profilo delle Vs – HV4



$V_{s30} = 330 \text{ m/s} - \text{Cat. C}$

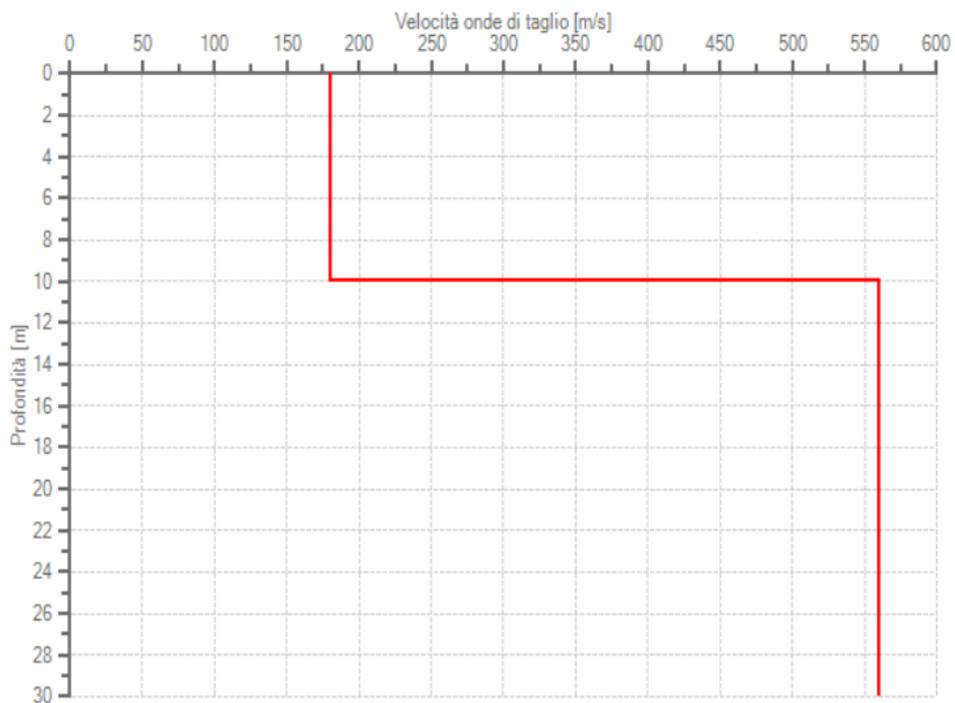
Figura 3.25 – Profilo delle Vs – HV5

RELAZIONE SISMICA



$V_{s30} = 332 \text{ m/s} - \text{Cat. C}$

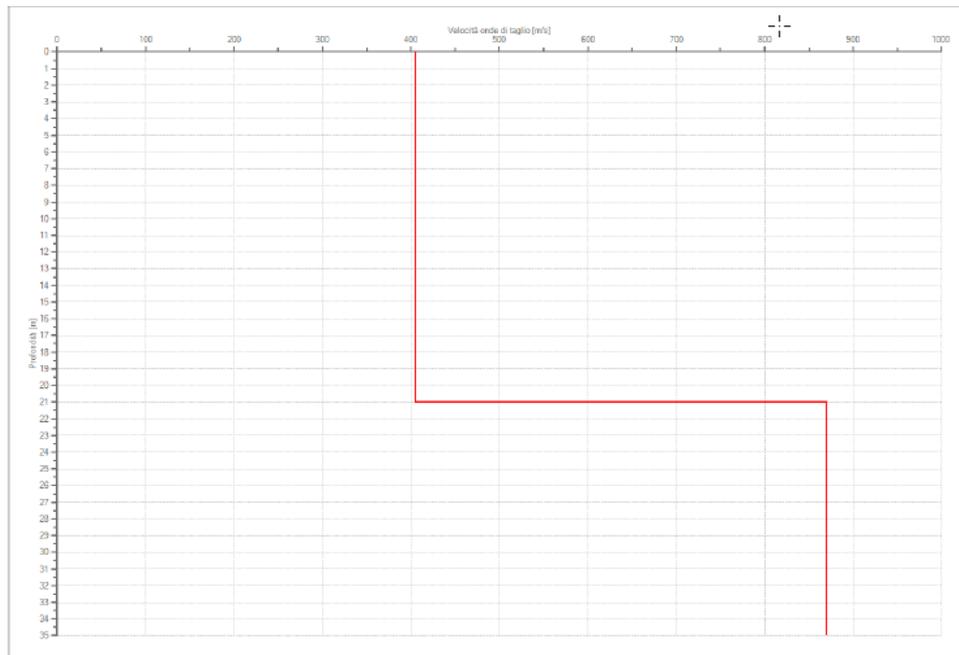
Figura 3.26 – Profilo delle Vs – HV6



$V_{s30} = 322 \text{ m/s} - \text{Cat. C}$

Figura 3.27 – Profilo delle Vs – HV7

RELAZIONE SISMICA



$V_{s21} = 405 \text{ m/s} - \text{Cat. B}$

Figura 3.28 – Profilo delle Vs – HV8

4 SISMICITÀ DEL TERRITORIO

4.1 SISMICITÀ STORICA

L'area di studio, posta a ridosso del fronte della catena appenninica e in prossimità d'importanti lineazioni tettoniche, a carattere trascorrente e attive, che limitano il promontorio del Gargano, risente di un'importante sismicità.

L'ultimo evento significativo, in ordine temporale, è stato il terremoto con epicentro in Molise del 31.10.2002. La magnitudo di questo evento è stata stimata pari a 5.4 della scala Richter. Come evidenziato dal lavoro pubblicato nel 2006 da Bruno G, et al (Bruno G. et al 2006) gli eventi sismici più forti, verificatisi in epoca storica nelle vicinanze dell'area in studio, sono:

- la sequenza appenninica del dicembre 1456, di cui si ricordano danni gravi a Casacalenda;
- la sequenza garganica del luglio/agosto 1627, che ha provocato, fra l'altro, danni di grado VIII- IX a Termoli e di grado VIII a Campomarino. Nell'arco di un mese si susseguirono 4 scosse di intensità valutate tra il IX e l'XI grado M.C.S. che colpirono il nord della Capitanata (Molin e Margottin, 1981).
- il terremoto del 30 marzo 1731, che raggiunse gli effetti del X grado con la distruzione di gran parte delle costruzioni di alcuni centri abitati;
- l'evento del luglio 1805, nel Matese, i cui effetti peraltro non hanno superato il grado VI.

Nello stesso lavoro si riporta la notizia che nell'area della Daunia potrebbe essere localizzato un terremoto dell'11 ottobre 1125, che avrebbe prodotto danni attribuibili al VIII grado. Cataloghi sismici precedenti a quelli attualmente in uso, inoltre, riportano un terremoto distruttivo, localizzato a Larino che sarebbe avvenuto nel 1120. Studi recenti hanno dimostrato che, con buona probabilità, si tratterebbe di una duplicazione di un evento avvenuto nello stesso anno 1120 in un'area limitrofa (Bruno G. et al 2006).

Dal rilievo geologico eseguito in campagna, dalla consultazione della letteratura scientifica e del catalogo dell'ISPRA (progetto ITHACA - ITaly HAZard from CAPable faults) non risultano presenti nell'area di studio faglie attive o capaci.

Per ricostruire la storia dell'attività sismica dell'area indagata è stata svolta una ricerca della sismicità storica sulla base del catalogo parametrico dei terremoti italiani effettuando una interrogazione per le aree ricadenti nel comune interessato dal tracciato.

I risultati di questa ricerca hanno evidenziato che i principali sismi risentiti sono quelli prodottisi lungo l'arco dell'Appennino meridionale. Sono stati consultati, pertanto, i cataloghi della sismicità storica (INGV - DBMI04) per il comune di Campolieto (Tabella 4.1). L'analisi ha confermato l'ipotesi secondo cui l'area di studio è soggetta a un'intensa attività sismica sia diretta che indiretta.

RELAZIONE SISMICA

File downloaded from CPTI15 - DBMI15					
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015					
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia					
Seismic history of	Campolieto				
PlaceID IT_58616					
Coordinates (lat, lon) 41.633, 14.766					
Region	Molise				
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
F	1688 06 05 15 30	Sannio	215	11	7.06
6-7	1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
3	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5.11
4	1905 08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie	41	5	4.61
6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
5	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5.86
NF	1988 04 26 00 53 43.83	Adriatico centrale	78		5.36
NF	1989 03 11 21 05	Gargano	61	5	4.34
2-3	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
NF	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
3	1996 11 10 23 23 10.77	Tavoliere delle Puglie	55	5-6	4.35
2	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese	284	6	4.52
NF	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62
NF	2001 07 02 10 04 43.18	Tavoliere delle Puglie	60	5	4.26
5-6	2002 10 31 10 32 59.05	Molise	51	7-8	5.74
6	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
4-5	2002 11 12 09 27 48.57	Molise	174	5-6	4.57
5	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
4-5	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
NF	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64
NF	2006 10 04 17 34 20.50	Adriatico centrale	98	4-5	4.3

Tabella 4.1 – Sismicità storica del Comune di Campolieto

4.2 AZIONI SISMICHE DI PROGETTO E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. del 14/01/2008 – NTC 2018), hanno superato il concetto della classificazione del territorio nelle quattro zone sismiche e propongono una nuova zonazione fondata su un reticolo di punti di riferimento con intervalli di a_g pari a 0.025 g, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale e verticale su suoli rigidi e pianeggianti, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo

RELAZIONE SISMICA

di inizio del tratto dello spettro a velocità costante T*C). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. (Mappe interattive di pericolosità sismica) attraverso le coordinate geografiche del sito (Figura 4.1).

Relativamente all'inquadramento sismico dell'area, la zonizzazione fondata sul reticolo di punti con intervalli di a_g pari a 0.025g prodotta per l'intero territorio nazionale a seguito dell'entrata in vigore delle Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC 2008-2018) inquadra l'area nella nell'intervallo **0.200g-0.225g**.

Il valore di accelerazione massima del terreno varia, in realtà, in funzione delle caratteristiche topografiche e stratigrafiche del sito oggetto di studio. Le categorie di sottosuolo e le condizioni topografiche incidono sullo spettro elastico di risposta. L'accelerazione spettrale massima dipende dal coefficiente $S=S_s*St$, dove S_s rappresenta l'amplificazione stratigrafia e St quella topografica. Le condizioni morfologiche locali, la sovrapposizione di unità litostratigrafiche a differente rigidità, la presenza di lineamenti tettonici a consistente sviluppo lineare e rientranti in una tettonica a maggiore rischio di riattivazione in caso di scuotimento sismico, la frequenza di pareti subverticali e di posizioni di creste strette, determinano, sotto il profilo geomorfologico, elementi di vulnerabilità sismica ed una conseguente amplificazione della risposta sismica locale.

Come previsto dalle NTC 2018, a cui si rimanda per una più approfondita trattazione, si sintetizzano nel seguito i principali parametri delle sollecitazioni sismiche agenti nell'area di interesse.

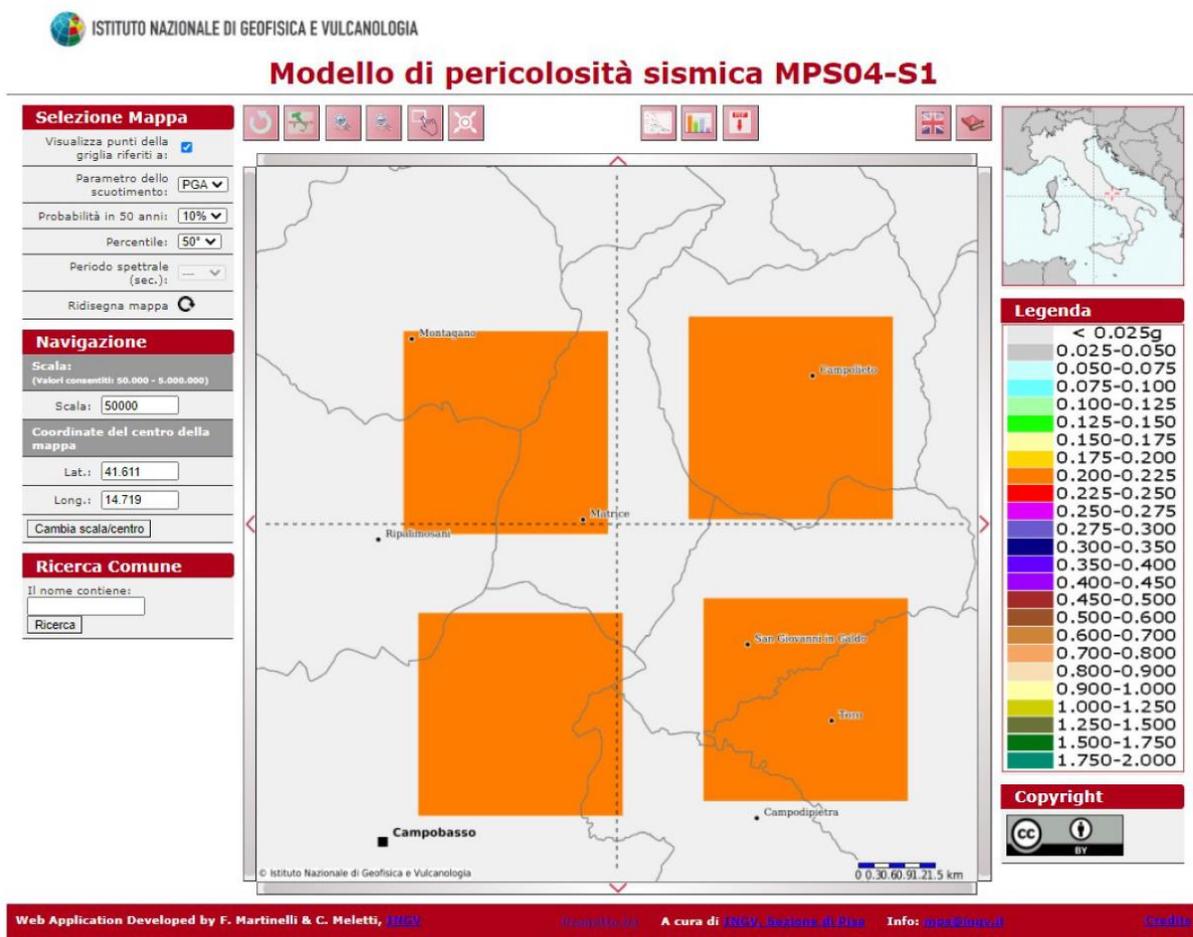


Figura 4.1 – Pericolosità sismica per l'area salernitana (Parametri forniti dal sito INGV – <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

4.2.1 Vita nominale e classe d'uso dell'opera

Come previsto nelle NTC 2018, la Vita Nominale dell'opera, convenzionalmente definita come il "numero di anni nel quale è previsto che l'opera purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali", è definita sulla base della tabella n.2.4.1 delle NTC. Per il caso in esame, si può considerare un V_N di:

Tipi di costruzione	Valori minimi di V_N (anni)
Costruzione con livelli di prestazioni ordinarie	50

La Classe d'Uso viene valutata sulla base dell'interruzione di operatività o di un eventuale collasso della struttura. In riferimento al punto n.2.4.2 delle NTC, la classe d'uso per le strutture in progetto è di:

Descrizione	Classe d'Uso	C_U
Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.	IV	2.0

4.2.2 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento " V_R " che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale di progetto " V_N " per il coefficiente d'uso " C_U ". Per il caso in esame si ha:

V_N (anni)	C_U	V_R
50	2.0	100

4.2.3 Analisi della risposta sismica locale

In ottemperanza a quanto disposto dalle NTC 2018, nelle precedenti fasi progettuali sono state condotte una serie di indagini geofisiche (registrazioni down-hole e HVSR) per la definizione della categoria sismica dei terreni di fondazione dei manufatti in progetto. Gli esiti, per i cui dettagli si rimanda alla relazione geologica, inquadrano il sito nelle seguenti categorie sismiche (Vd. Tab.3.2.II delle NTC)

RELAZIONE SISMICA

Descrizione	Categoria
Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360m/s e 800m/s	B
Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	C
Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.	E

4.2.4 Condizioni topografiche e coefficiente di amplificazione topografica

In riferimento a quanto descritto nella Tab.3.2.III delle NTC 2018, l'assetto topografico del sito in esame può essere inquadrato nella seguente categoria:

Descrizione	Categoria	Coefficiente ST
Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	T1	1.0
Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	T2	1.2

4.2.5 Coefficienti sismici di progetto

Sulla base di quanto esposto nelle sezioni precedenti, nella riportano nel seguito i coefficienti sismici di progetto ricavati per i baricentri dei n.4 viadotti previsti da progetto.

4.2.6 Azioni sismiche agli stati limite

Si sintetizzano nel seguito le azioni sismiche a_g , F_0 e T_c agli stati limite calcolati mediante l'applicativo Geostru PS PRO della società Geostru riferiti ai settori mediani dei viadotti previsti da progetto per il tratto di variante della S.S.87.

Per le altre opere in progetto (rilevati, trincee) si è assunto:

- categoria di sottosuolo pari alla condizione prevalente sul tracciato, corrispondente a categoria di sottosuolo C;
- accelerazione sismica di progetto conservativamente pari alla massima presente sul tracciato, pari a $a_g(g)=0.283$ (SLV).

RELAZIONE SISMICA

VIADOTTO n.1 (Sez di progetto dalla n.23 alla n.29)				
STATO LIMITE	T_R (anni)	A_g (g)	F_0 (-)	T_c (s)
SLO	60	0.087	2.426	0.314
SLD	101	0.112	2.483	0.320
SLV	949	0.283	2.464	0.363
SLC	1950	0.365	2.436	0.382
<i>Coordinate WGS84</i>			41.632666	14.739558
Categoria sismica sottosuolo			C	
SS Amplificazione stratigrafica SLV			1.28	
ST Amplificazione topografica			1.0	
VIADOTTO n.2 (Sez di progetto dalla n.46 alla n.51)				
STATO LIMITE	T_R (anni)	A_g (g)	F_0 (-)	T_c (s)
SLO	60	0.087	2.431	0.314
SLD	101	0.112	2.284	0.320
SLV	949	0.282	2.464	0.362
SLC	1950	0.364	2.441	0.378
<i>Coordinate WGS84</i>			41.635352	14.749623
Categoria sismica sottosuolo			E	
SS Amplificazione stratigrafica SLV			1.24	
ST Amplificazione topografica			1.0	
VIADOTTO n.3 (Sez di progetto dalla n.57 alla n.67)				
STATO LIMITE	T_R (anni)	A_g (g)	F_0 (-)	T_c (s)
SLO	60	0.087	2.434	0.313
SLD	101	0.112	2.485	0.320
SLV	949	0.281	2.464	0.361
SLC	1950	0.363	2.443	0.376
<i>Coordinate WGS84</i>			41.638478	14.754792
Categoria sismica sottosuolo			C	
SS Amplificazione stratigrafica SLV			1.28	
ST Amplificazione topografica			1.0	
VIADOTTO n.4 (Sez di progetto dalla n.72 alla n.80)				
STATO LIMITE	T_R (anni)	A_g (g)	F_0 (-)	T_c (s)
SLO	60	0.087	2.436	0.313
SLD	101	0.112	2.485	0.320
SLV	949	0.281	2.464	0.361
SLC	1950	0.362	2.445	0.375
<i>Coordinate WGS84</i>			41.640153	14.760939
Categoria sismica sottosuolo			C	
SS Amplificazione stratigrafica SLV			1.28	
ST Amplificazione topografica			1.0	

RELAZIONE SISMICA

4.3 POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

In ragione delle tipologie di materiali presenti in sito e descritti nella relazione Geotecnica di cui al Rif.[7], il rischio di liquefazione è assente.