



# UNIONE DI COMUNI LOMBARDA "PRIMA COLLINA"



Provincia di Pavia  
Regione Lombardia



CANNETO PAVESE



CASTANA



MONTESCANO



## PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

(art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005; D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011, D.G.R. n. X/2129 del 11.07.2014,  
D.G.R. n. X/6738 del 19.06.2017, D.G.R. n. XI/6702 del 18 luglio 2022)

### NORME GEOLOGICHE PER LE AZIONI DI PIANO

*in recepimento alle indicazioni/prescrizioni regionali espresse con nota Z1.2024.0046365  
del 16/11/2023 e con comunicazione RL\_RLAOOZ1\_2024\_2405 - Prot. 0001843 del 20/06/2024*

Elaborato:

**R1 - rev.02**

Data:

01/2026

A cura di:



**Dott. Geol. Paola Sala**  
Ordine dei Geologi Lombardia n.1237

**Dott.ssa Lucrezia Albera**

**DOTT. GEOL. PAOLA SALA - T I E R R A S T U D I O - GEOLOGIA AMBIENTALE E GEOTECNICA**

Sede operativa: Severino Capsoni 27, 27100 Pavia - C.F. SLAPLA73T54G388B - P.IVA 02687250189

Tel 0382.45.88.76 - 339.17.77.645

Mail [paola.sala@tierrastudio.it](mailto:paola.sala@tierrastudio.it) - Pec [paola.sala@pec.epav.it](mailto:paola.sala@pec.epav.it)

# UNIONE DI COMUNI LOMBARDA

## PRIMA COLLINA

CANNETO PAVESE - CASTANA - MONTESCANO  
PROVINCIA DI PAVIA



COMUNE DI  
CANNETO PAVESE



COMUNE DI  
CASTANA



COMUNE DI  
MONTESCANO

## PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

### AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

(art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005; D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011, D.G.R. n. X/2129 del 11.07.2014,  
D.G.R. n. X/6738 del 19.06.2017, D.G.R. n. XI/6702 del 18 luglio 2022)

***R1 - rev. 02***

### **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

*in recepimento alle indicazioni/prescrizioni regionali espresse con nota Z1.2024.0046365  
del 16/11/2023 e con comunicazione RL\_RLAOOZI\_2024\_2405 - Prot. 0001843 del 20/06/2024*

# INDICE

1 - <i>PREMESSA</i>	3
2 - <i>INQUADRAMENTO</i>	6
2.1 - <i>INQUADRAMENTO METEO CLIMATICO</i>	7
2.2 - <i>ANALISI DEL TESSUTO URBANISTICO, DEMOGRAFICO E INFRASTRUTTURALE DEL TERRITORIO</i>	12
2.2.1 - <i>IL TESSUTO URBANISTICO E INFRASTRUTTURALE</i>	12
2.2.2 - <i>DEMOGRAFIA</i>	13
3 - <i>IDROGRAFIA</i>	20
3.1 - <i>RIO RILE DI VALLE PRAGA (RILE VERGOMBERA)</i>	20
3.2 - <i>EVENTO METEORICO DEL 26-27/07/2022</i>	24
4 - <i>ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE</i>	26
5 - <i>ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO DEL TERRITORIO INTERCOMUNALE</i>	28
6 - <i>SCENARI A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE Z3 – DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI MORFOLOGICI</i>	29
6.1 - <i>SCENARI A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE Z3a (SCARPATE)</i>	31
6.2 - <i>SCENARI A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE Z3b (CRESTE ROCCIOSE)</i>	33
7 - <i>SCENARI A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE Z4 - DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE</i>	55
7.1 - <i>SCENARI A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE Z4a (FONDOVALLE CON DEPOSITI ALLUVIONALI)</i>	55
7.2 - <i>METODOLOGIA DI INDAGINE - MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)</i>	64
7.2.1 - <i>UBICAZIONE DEGLI STENDIMENTI SISMICI</i>	64
7.2.2 - <i>DESCRIZIONE METODOLOGICA D'INDAGINE</i>	66
7.2.3 - <i>STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</i>	67
7.2.4 - <i>INTERPRETAZIONE ED ELABORAZIONE DATI</i>	68
7.2.5 - <i>RISULTATI</i>	84
7.2.6 - <i>ANALISI DEI RISULTATI</i>	93
8 - <i>ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO: CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</i>	95
9 - <i>IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)</i>	96
10 - <i>PERICOLOSITÀ IDRAULICA</i>	98

## 1 - PREMESSA

---

La componente geologica, idrogeologica e sismica dell'Unione di Comuni Lombarda Prima Collina (Canneto Pavese, Montescano, Castana) è stata redatta nell'anno 2007, a supporto del PGT approvato con D.C.C. n. 27 del 11/10/2010, in vigore dal 13/4/2011.

Nel luglio 2010, Regione Lombardia ha espresso una valutazione tecnica positiva, con limitate prescrizioni (cfr Z1.2010.0018757 del 27/07/2010), anche sui seguenti studi di dettaglio, trasmessi con nota agli atti regionali Z1.2009. 25958 del 24 dicembre 2009:

- Variazioni puntuali dello Studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. (ai sensi dell'art. 57 c. 1 della L.R. 12/2005 - D.G.R. n. VIII/1566 del 22.12.2005 - D.G.R. n. VIII/7374 del 28.05.2008) - data 12/2009:
  - Studio idraulico (Loc. Camponoce in Comune di Canneto Pavese);
  - Studio di dettaglio per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio di frana (Loc. Monteveroso, Beria di Sopra, Casa del Conte, Roncole in Comune di Canneto Pavese);
  - Ridefinizione della fattibilità geologica per le azioni di piano (Loc. Camponoce, Monteveroso, Beria di Sopra, casa del Conte, Roncole in Comune di Canneto Pavese).

Gli esiti di tali studi, approvati con Deliberazione di Consiglio Comunale n. 27/2011, contestualmente alla componente geologica con il PGT, non sono confluiti in aggiornamenti dell'Elaborato 2 del PAI e delle mappe PGRA-ambito RSCM.

Successivamente, sono stati sottoposti al parere di Regione Lombardia anche i seguenti ulteriori studi:

- Variazioni puntuali dello Studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. (ai sensi dell'art. 57 c. 1 della L.R. 12/2005 - D.G.R. n. VIII/1566 del 22.12.2005 - D.G.R. n. VIII/7374 del 28.05.2008) - data 05/2013:
  - Studio di dettaglio per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio di due ambiti di frana quiescente (Loc. Ca' Colombi in Comune di Montescano);
  - Ridefinizione della fattibilità geologica per le azioni di piano (Loc. Ca' Colombi in Comune di Montescano).
- Aggiornamento della componente geologica complessiva per i tre comuni dell'Unione, con aggiornamento dell'analisi sismica a seguito della modifica della zona sismica apportata con la D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 - "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)") e alla D.G.R. n. X/6738 del 19 giugno

2017, secondo le disposizioni di cui ai vigenti Criteri attuativi dell'art. 57 della L.R. 12/2005 nel quale:

- si è provveduto ad approfondire le valutazioni inerenti la componente sismica del territorio intercomunale, declassato da Zona sismica 4 a 3, dall'aggiornamento delle zone sismiche della Lombardia di cui alla D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014;
- si è provveduto inoltre a valutare gli aspetti di vulnerabilità idraulica del territorio intercomunale indicati nel “*Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del distretto idrografico padano*” (PGRA), predisposto ai sensi dell'art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e dell'art. 7 del D. Lgs. 49/2010, come indicato da Regione Lombardia nella D.G.R. n. X/6738 del 19 giugno 2017 “*Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla Variante adottata in data 7 dicembre 2016 con Deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po*”.

Tali aggiornamenti, sui quali si è espresso parere regionale favorevole con alcune prescrizioni, rispettivamente con le note Z1.2013.0008303 del 09/04/2013, Z1.2013.0010746 del 04/06/2013 (studio 2012-2013) e Z1.2018.0006110 del 18/05/2018 (studio 2017), non sono tuttavia stati recepiti successivamente nel PGT, tramite variante urbanistica.

A seguito dell'ulteriore aggiornamento datato agosto 2023 e della successiva richiesta di indicazioni/prescrizioni espresse con nota Z1.2024.0046365 del 16/11/2023 e con comunicazione RL\_RLAOOZ1\_2024\_2405 - Prot. 0001843 del 20/06/2024, è stato redatto il presente aggiornamento e la presente Relazione tecnica che tiene conto di quanto già contenuto a livello di classificazione e di Norme di piano ed esposto nello Studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del luglio 2007 e recepisce tutte le informazioni contenute nei successivi studi parziali (redatti nel 2009 per Canneto Pavese e nel 2012÷2013 per Montescano), nell'aggiornamento complessivo (2017) della componente geologica vigente, nonché dello studio idraulico redatto nell'aprile 2021 (Studio per la valutazione delle condizioni di rischio idraulico) trasmesso con la nota Z1.2023.0025347 del 26/05/2023.

A fronte delle valutazioni condotte si è proceduto ad aggiornare gli elaborati di seguito elencati, inerenti l'inquadramento, l'assetto vincolistico, la pericolosità sismica locale (PSL) e la fattibilità geologica del territorio intercomunale che sostituiscono pertanto integralmente i precedenti.

- Elaborato R1 - rev. 02** *Relazione Illustrativa*
- Elaborato R2 - rev. 02** *Norme Geologiche per le Azioni di Piano*
- Elaborato 1 - rev. 01** *Inquadramento a scala territoriale in merito agli aspetti strutturali, neotettonici, sismici- Unione (scale varie)*
- Elaborato 2** *Inquadramento geologico-strutturale - Unione (scala 1:10.000)*
- Elaborato 3** *Inquadramento geomorfologico - Unione (scala 1:10.000)*
- Elaborato 4** *Inquadramento idrogeologico - Unione (scala 1:10.000)*
- Elaborato 5** *Carta di uso del suolo - Unione (scala 1:10.000)*
- Elaborato 6a - rev. 02** *Carta dei vincoli - Canneto Pavese (scala 1:5.000)*
- Elaborato 6b - rev. 01** *Carta dei vincoli - Castana (scala 1:5.000)*
- Elaborato 6c - rev. 02** *Carta dei vincoli - Montescano (scala 1:5.000)*
- Elaborato 7** *Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) - Unione (scala 1:10.000)*
- Elaborato 8 - rev. 01** *Carta P.A.I. - P.G.R.A. - Unione (scala 1:10.000)*
- Elaborato 9a - rev. 02** *Carta di sintesi - Canneto Pavese (scala 1:5.000)*
- Elaborato 9b - rev. 01** *Carta di sintesi - Castana (scala 1:5.000)*
- Elaborato 9c- rev. 02** *Carta di sintesi - Montescano (scala 1:5.000)*
- Elaborato 10 - rev. 02** *Carta della Fattibilità per le azioni di piano - Canneto Pavese (scala 1:5.000)*
- Elaborato 11 - rev. 02** *Carta della Fattibilità per le azioni di piano - Castana (scala 1:5.000)*
- Elaborato 12- rev. 02** *Carta della Fattibilità per le azioni di piano - Montescano (scala 1:5.000)*
- Elaborato 13- rev. 02** *Carta della Fattibilità per le azioni di piano - Unione (scala 1:10.000)*

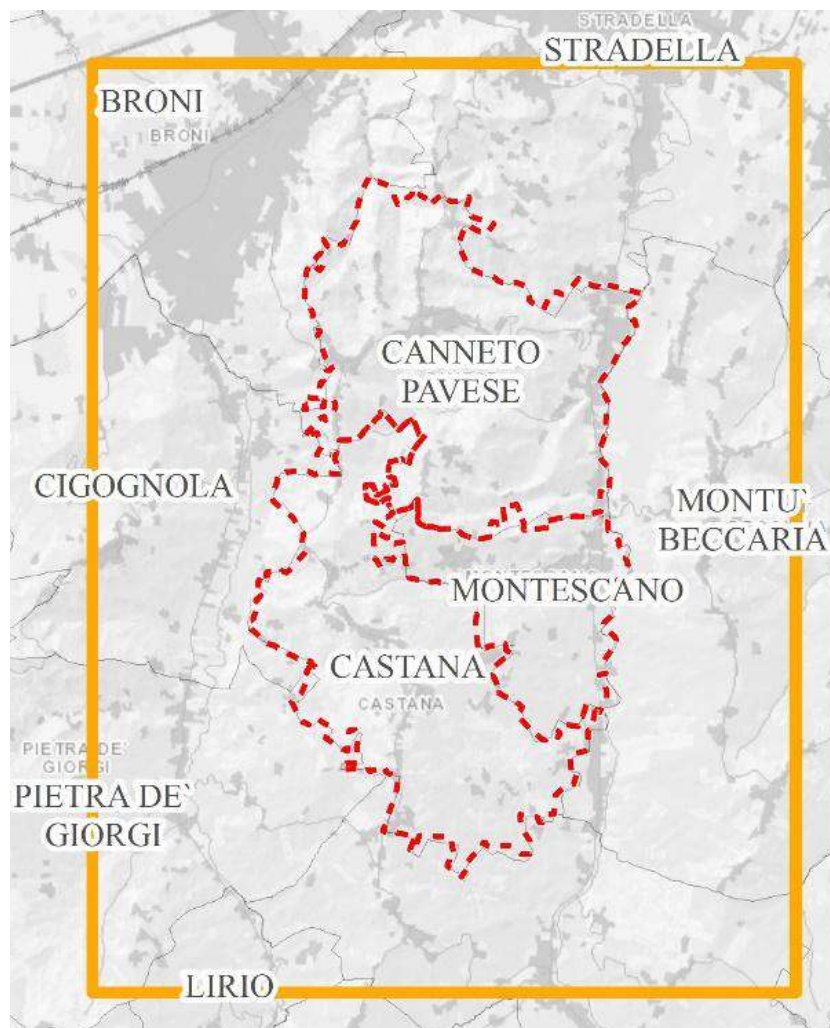
Si è inoltre proceduto ad aggiornare il seguente elaborato inserito nello “*Studio per la valutazione delle condizioni di rischio idraulico*” (Variante Idraulica agli atti - data 04/2022):

- Elaborato E4 - rev.03** *Carta della Fattibilità geologica - T. Versa - T. Vergombera (scala 1:5.000)*

## 2 - INQUADRAMENTO

Il territorio dell'Unione di Comuni Lombarda Prima Collina si estende sulle pendici collinari dell'appennino pavese, in sponda idrografica sinistra del torrente Versa, corso d'acqua, che pochi chilometri a nord, si immette nel Fiume Po (*Figura 1*).

Dal punto di vista altimetrico la quota massima (340 m s.l.m.) è raggiunta a Castana nei pressi della località Barbieri, mentre la quota minima, di poco inferiore ai 100 m s.l.m., si riscontra a Canneto Pavese in corrispondenza dell'alveo del torrente Versa (*Figura 1*).



*Figura 1: ubicazione dell'area.*

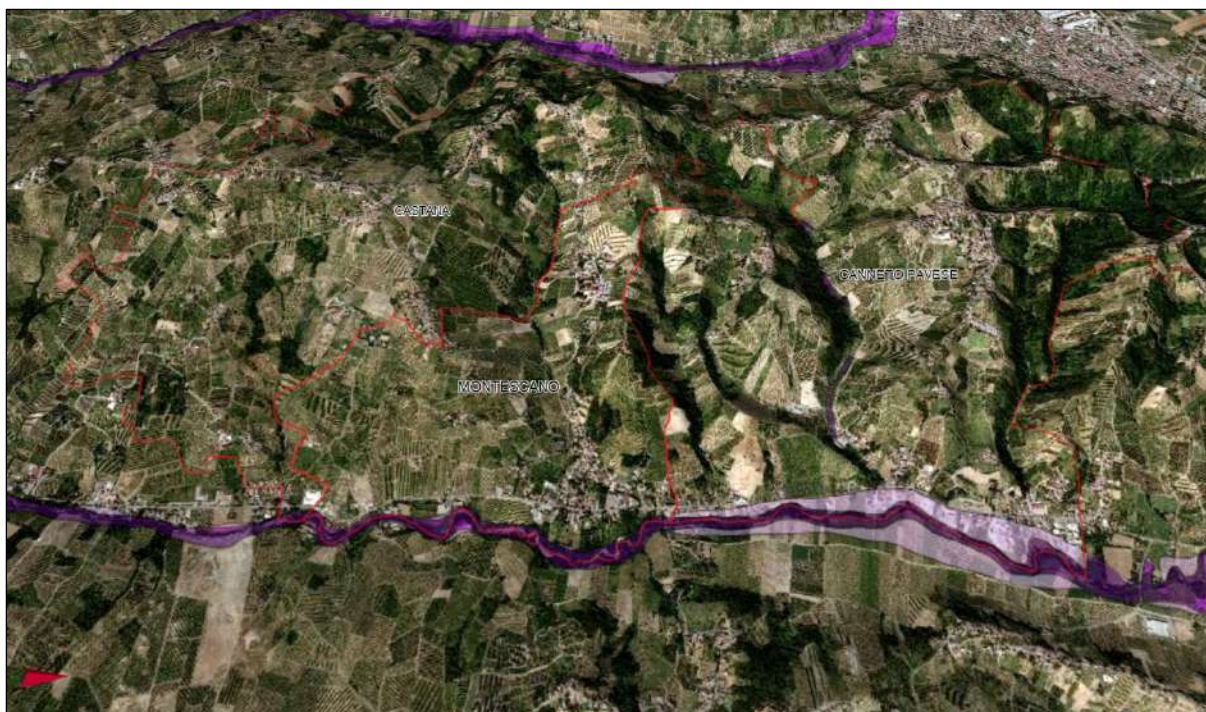


Figura 2: vista 3D dell'Unione di Comuni Lombarda Prima Collina.

## 2.1 – INQUADRAMENTO METEO CLIMATICO

L'analisi climatica del territorio si basa sui dati meteo registrati dalla stazione ARPA di Broni (Figura 3) collocata a una quota di 77 m s.l.m.. Sono stati presi in considerazione i dati delle precipitazioni e delle temperature con cadenza giornaliera, per il periodo compreso tra marzo 2018, data di attivazione delle acquisizioni, a marzo 2021.

I dati di temperatura sono sintetizzati nella Tabella 1, con le temperature medie, le temperature massime, le temperature medie massime, le temperature minime e le temperature medie minime, su base mensile.

Tabella 1: regime annuo della temperatura [°C].

° C	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
<b>T<sub>MAX</sub></b>	15,6	21,4	24,2	28,1	28,4	39,4	37,6	37,2	32,1	27,9	17,9	16,1
<b>m. T<sub>MAX</sub></b>	6,4	11,9	15,5	19,8	22,4	28,6	31,5	31,4	26,4	18,9	11,9	7,3
<b>T<sub>MEDIA</sub></b>	<b>1,7</b>	<b>6,1</b>	<b>8,9</b>	<b>13,8</b>	<b>17,2</b>	<b>22,5</b>	<b>25,2</b>	<b>25,0</b>	<b>20,1</b>	<b>14,3</b>	<b>8,9</b>	<b>3,8</b>
<b>m. T<sub>min</sub></b>	-2,0	1,1	2,2	7,6	11,9	15,6	18,7	18,6	14,3	10,1	6,2	0,9
<b>T<sub>min</sub></b>	-9,3	-6,8	-3,6	-0,7	3,3	8,9	14,1	11,7	4,2	2,2	-2,8	-8,2

Il grafico in *Figura 4* descrive l'andamento giornaliero della temperatura massima, media e minima registrata nella stazione di Broni. I valori massimi di temperatura sono raggiunti nel mese di luglio, mentre i minimi nel mese di gennaio.

Considerando che, nel triennio analizzato, la temperatura media annuale risulta pari a 13,95 °C, i mesi in cui le temperature medie mensili sono superiori alla media annuale sono quelli che vanno da maggio a ottobre. I restanti mesi dell'anno, da novembre ad aprile, sono caratterizzati da un temperatura media mensile inferiore a quella annuale.

Rispetto all'analisi delle temperature condotte nel luglio del 2007 (v. *Tabella 2*) con i dati delle stazioni di Stradella e Montalto Pavese, si nota come le temperature medie mensili siano leggermente più alte.

*Tabella 2: regime annuo della temperatura (Stazione di Stradella - m. 200 s.l.m.), dalla Relazione Geologica della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT (Geolsoil, 2007).*

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
t. max	17,0	12,0	20,0	23,0	29,0	31,0	35,0	32,0	35,0	23,0	17,0	12,0	35,0
m. t. max	4,4	6,0	11,7	16,0	20,1	25,3	28,0	26,2	22,7	15,7	8,8	5,6	17,8
t. med	1,3	2,9	7,9	11,5	15,4	20,3	22,9	21,6	18,2	12,1	5,9	2,7	13,5
m. t. min	-1,8	-0,2	4,2	7,0	10,8	15,3	17,8	16,9	13,6	8,5	3,0	-0,2	9,1
t. min	-15,0	-7,0	-3,0	1,0	3,0	9,0	11,0	11,0	7,0	0,0	-4,0	-8,0	-15,0
es. m. m	6,2	6,2	7,5	9,0	9,3	10,0	10,2	9,3	9,1	7,2	5,8	5,8	8,7

Nella *Tabella 3* sono indicati i valori medi mensili delle precipitazioni registrate dalla stazione di Broni, mentre i successivi grafici mostrano l'andamento della piovosità su scala giornaliera (*Figura 5*), mensile (*Figura 6*), e media mensile per il triennio analizzato.

*Tabella 3: precipitazione media mensile per il triennio 03/2018-03/2021 [mm].*

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
[mm]	64,6	25,8	23,7	50,4	84,0	44,3	38,8	53,7	25,6	125,5	100,4	108,6

L'analisi dei dati della stazione meteo-climatica di Broni conferma quanto già evidenziato nella relazione geologica a supporto del PGT del 2007, ovvero che il clima dell'area collinare pavese è quello tipico continentale, con forti variabilità legate all'entità delle precipitazioni e al regime termico.

Le precipitazioni mostrano il classico regime annuale caratterizzato da due massimi (Aprile-Maggio e Ottobre- Novembre) e due minimi (Gennaio e Luglio-Agosto).

Le temperature sono invece caratterizzata da un solo minimo (Gennaio) e da un solo massimo (Luglio-Agosto).

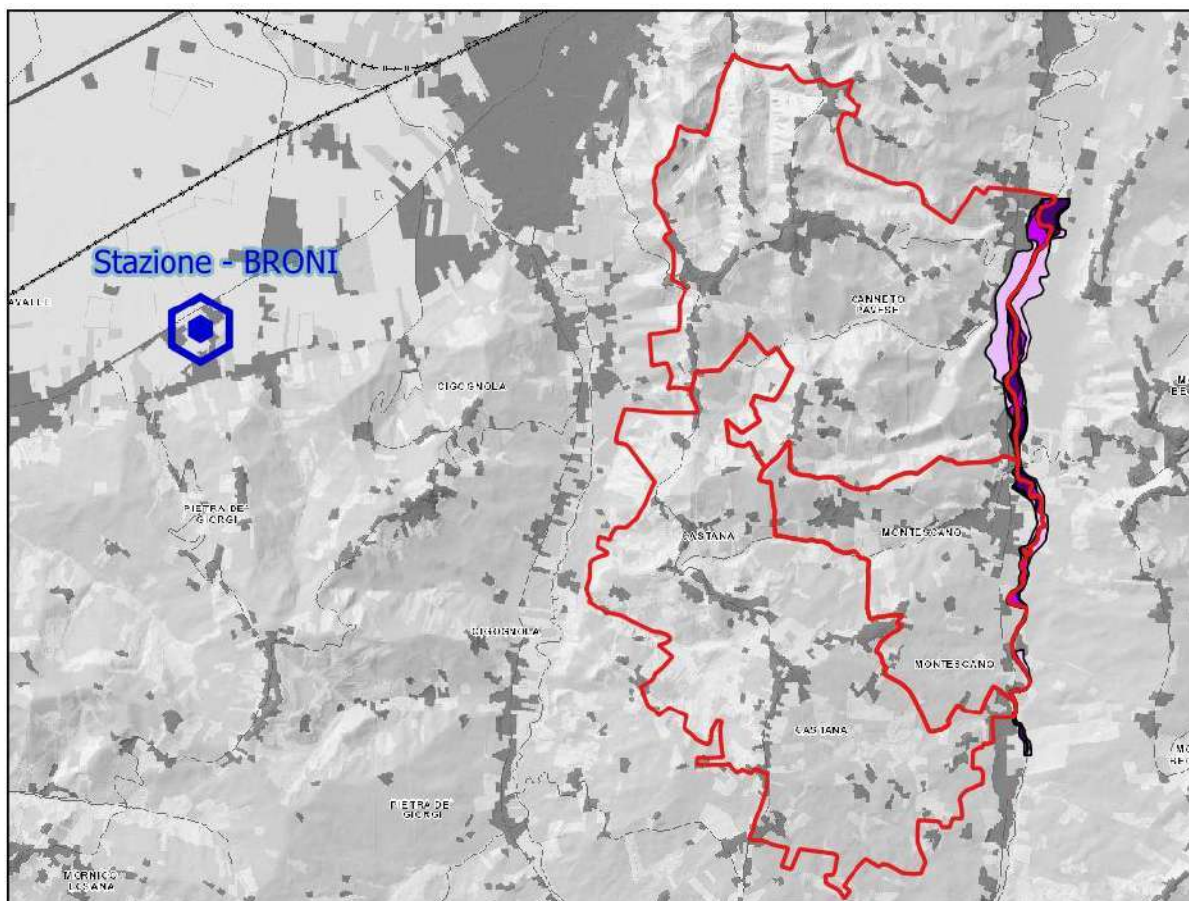


Figura 3: ubicazione della Stazione meteorologica di Broni (dati ARPA Lombardia).

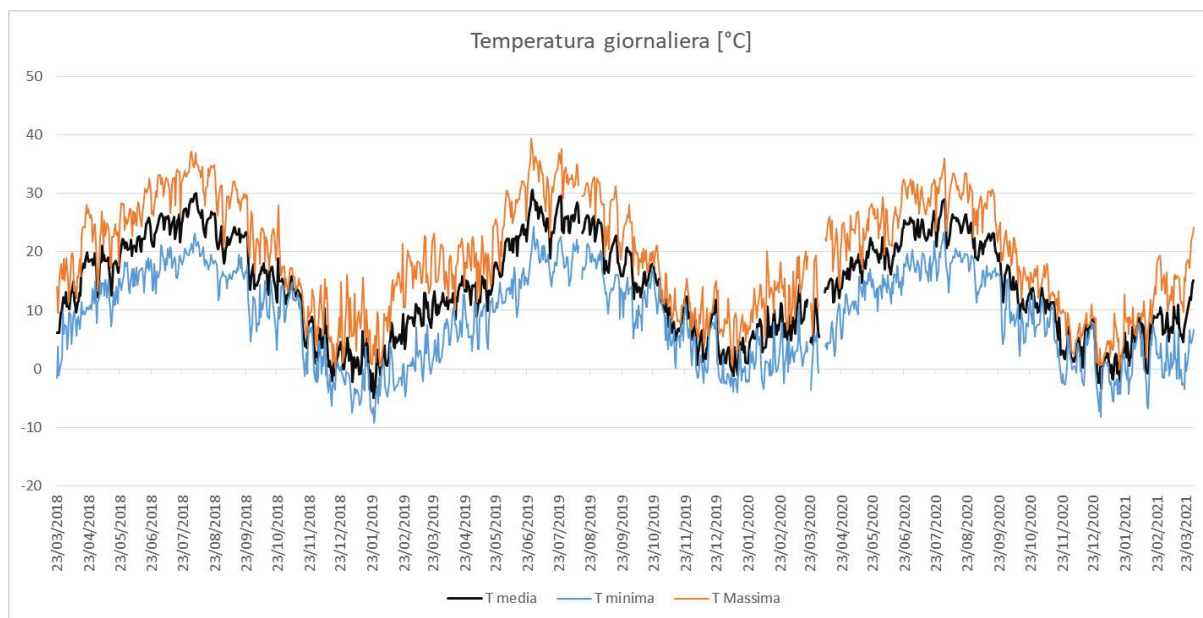


Figura 4: andamento giornaliero della Temperatura (Arpa Lombardia).

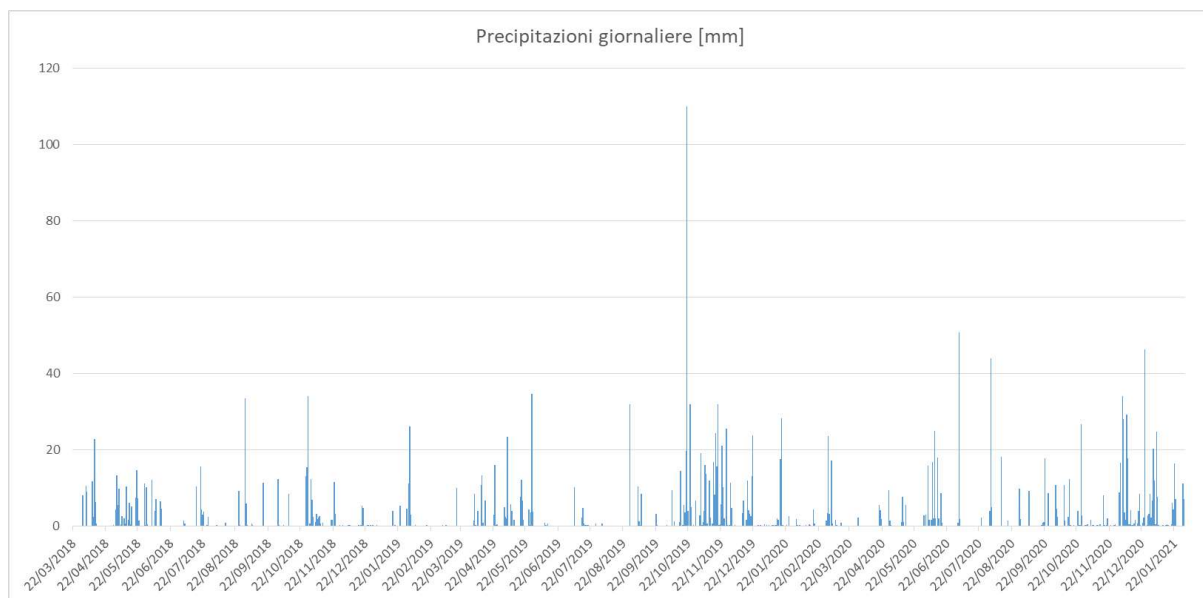


Figura 5: andamento giornaliero delle precipitazioni (Arpa Lombardia).

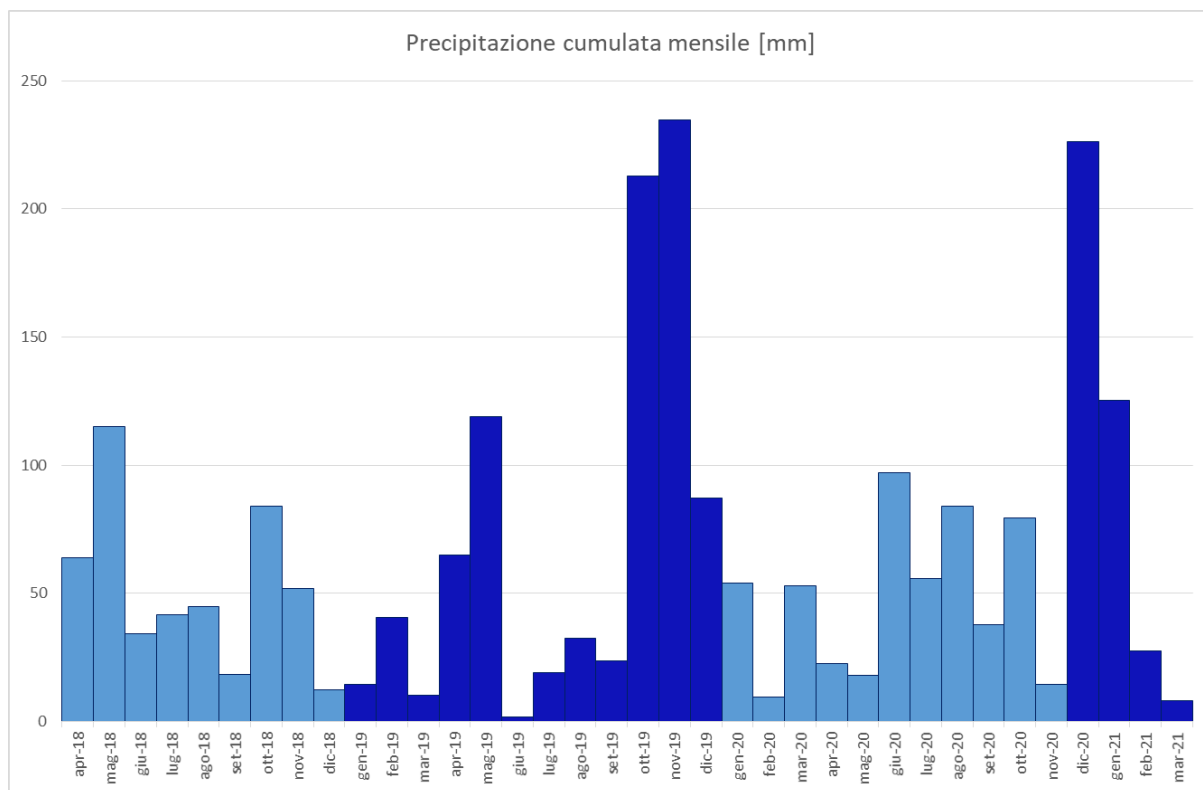


Figura 6: precipitazione cumulata mensile (Arpa Lombardia).

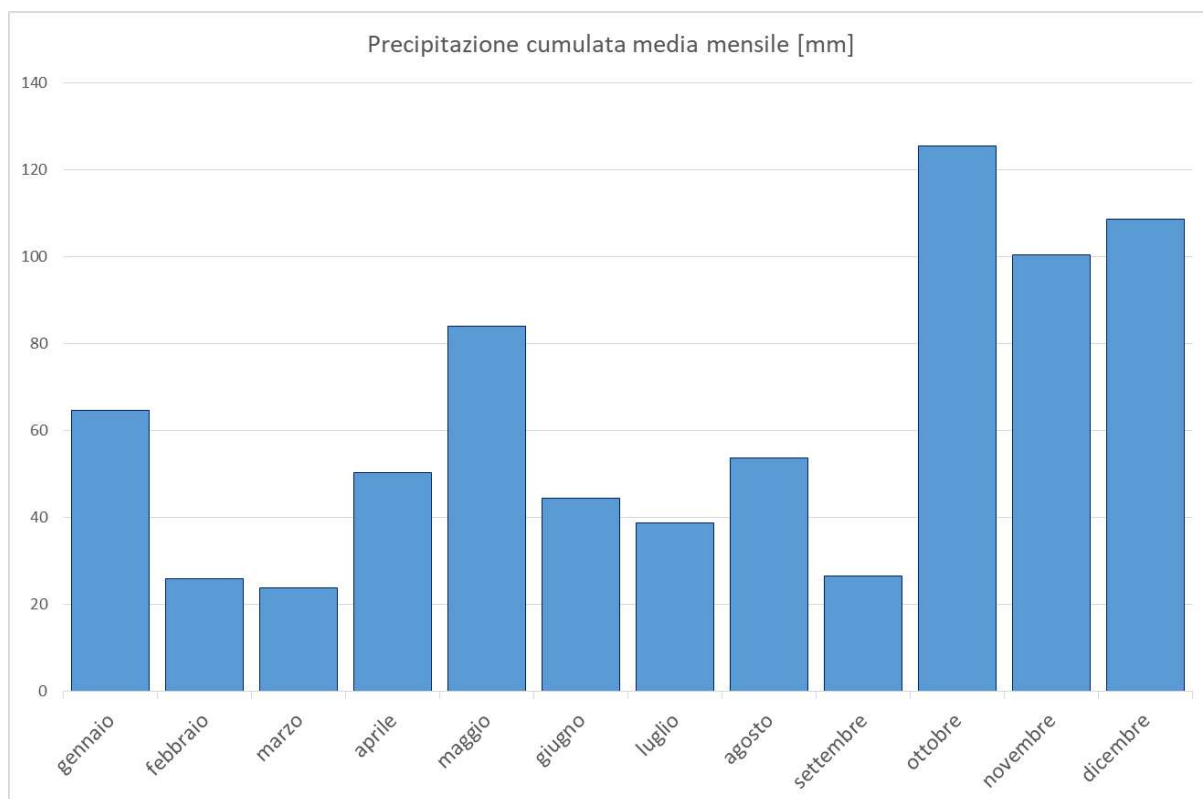


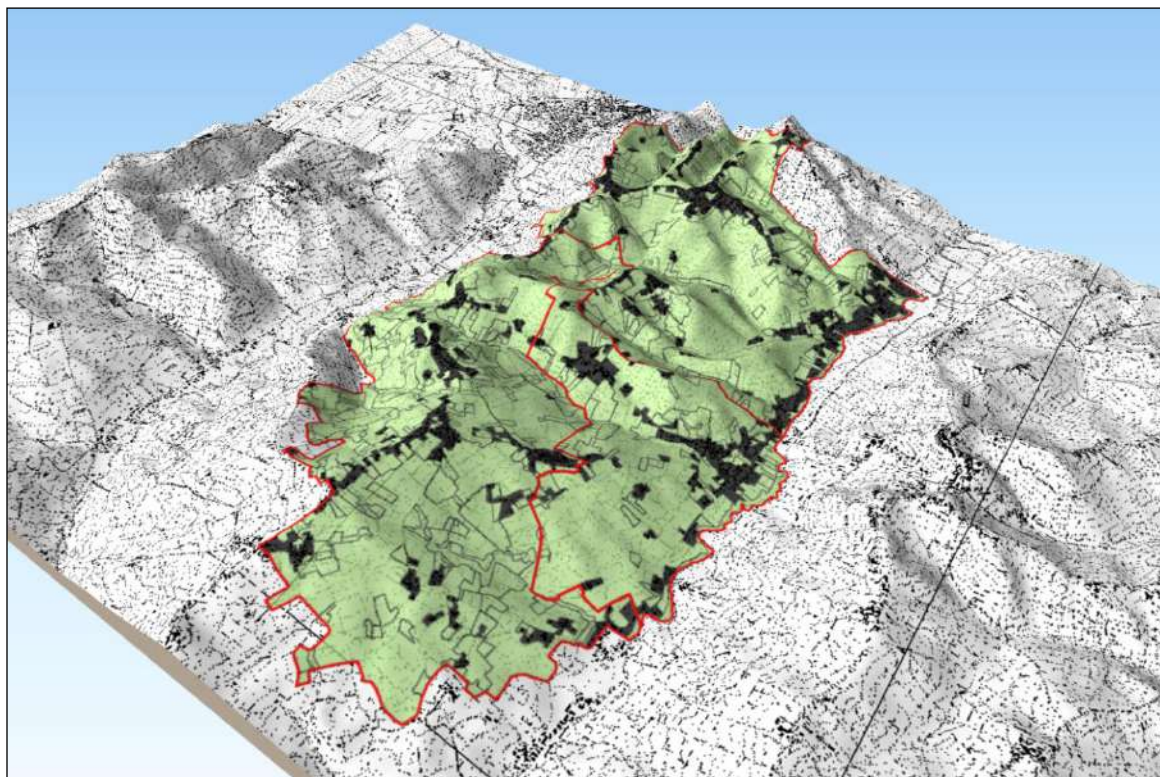
Figura 7: precipitazione cumulata media mensile (Arpa Lombardia).

## **2.2 - ANALISI DEL TESSUTO URBANISTICO, DEMOGRAFICO E INFRASTRUTTURALE DEL TERRITORIO**

### **2.2.1 - IL TESSUTO URBANISTICO E INFRASTRUTTURALE**

L'urbanizzazione del territorio di Prima Collina si è sviluppata prevalentemente sulla cresta o in prossimità della cresta dei rilievi collinari, nonché lungo il fondovalle del torrente Versa. Nella *Figura 8* sono rappresentati il territorio urbanizzato, in colore nero, e il territorio non urbanizzato, in colore verde, sia che si tratti di un terreno boscato, di un'area agricola o di un'area destinata a verde.

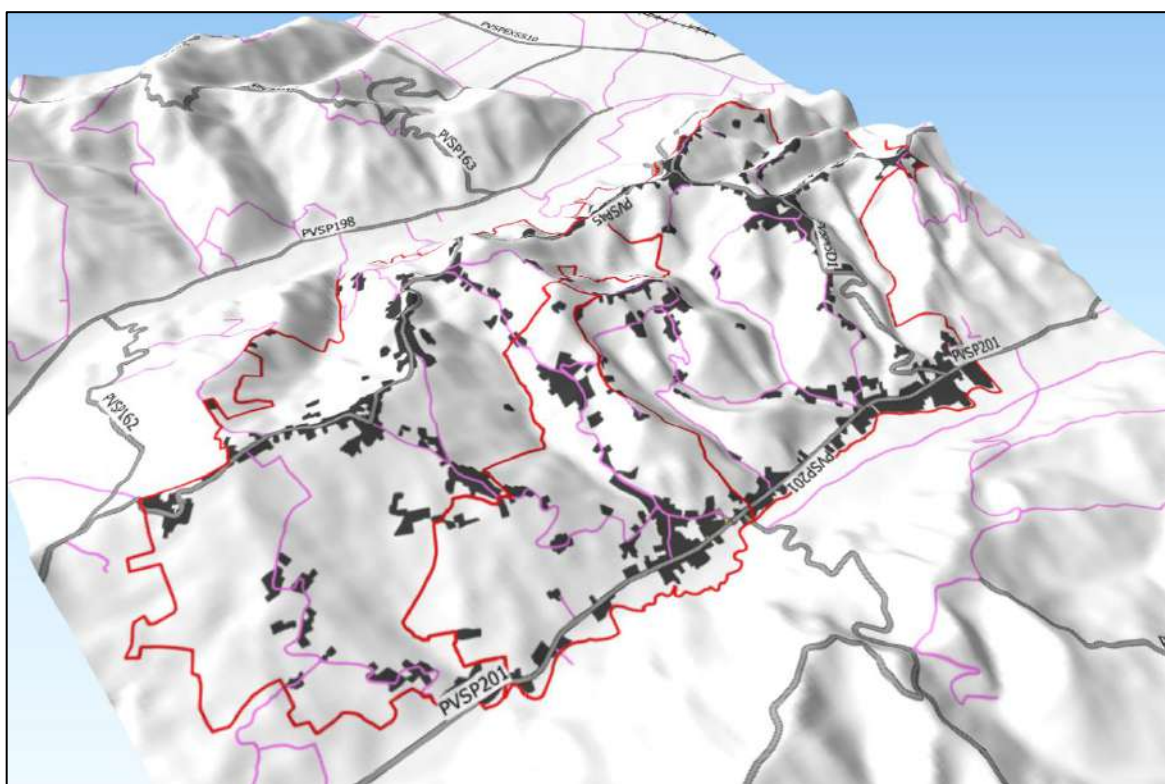
Tale azionamento è quello individuato nel DUSAF 6.0, ovvero il database regionale della Destinazione d'Uso del Suolo Agricolo e Forestale, aggiornato al 2018.



*Figura 8: vista 3D dell'Unione di Comuni di Prima Collina con indicate in nero le aree urbanizzate (DUSAF 2018).*

L'evoluzione urbanistica vede per tutte e tre le municipalità la presenza di un nucleo principale, il capoluogo, e di frazioni e nuclei rurali sparsi. La crescita, in tutti i casi, ha seguito le vie di comunicazione, sia linearmente che tentacolarmente, talvolta in modalità isotropa.

I principali tracciati stradali sono la S.P. n. 201 e la SP n. 45, che scorrono sostanzialmente parallele tra loro da nord verso sud, la prima a est del territorio comunale e la seconda a ovest (v. *Figura 9*). La S.P. n. 201 corre parallelamente al torrente Versa ed in alcuni tratti può essere soggetta ad allagamenti durante i fenomeni di piena. Strade di rango inferiore fungono da collegamento tra la viabilità provinciale e gli agglomerati urbani principali e secondari.



*Figura 9: vista 3D dell'Unione di Comuni di Prima Collina con indicate le principali infrastrutture stradali (rielaborazione da Geoportale Regione Lombardia).*

## **2.2.2 - DEMOGRAFIA**

La descrizione degli aspetti demografici dell'Unione di Comuni Lombarda Prima Collina si basa sui dati resi a disposizione dall'istituto Nazionale di Statistica (ISTAT), aggiornati al dicembre 2019. I dati, consultabili sul portale web dell'ISTAT, sono suddivisi sulle tre municipalità di Canneto Pavese, Castana e Montescano.

Per quanto concerne Canneto Pavese e Castana, la serie storica della popolazione residente vede un calo della popolazione dagli anni 50 sino al 1981, decennio a partire dal quale si ha un assestamento attorno ai 1.350 abitanti. A Montescano invece, la popolazione segue lo stesso andamento mostrando però un balzo positivo nelle ultime 2 annualità censite, il 2018 e il 2019.

Complessivamente, l'andamento nell'Unione copia quello dei comuni di Canneto Pavese e di Castana, lievemente attenuato negli ultimi 2 anni dai dati di Montescano. La *Tabella 4* e i grafici di seguito riportati rappresentano l'andamento demografico descritto.

*Tabella 4: popolazione residente - serie storica.*

Anno	Totale abitanti			
	Canneto Pavese	Castana	Montescano	Prima Collina [totale]
1951	2.051	1.289	474	3.814
1961	1.880	1.185	451	3.516
1971	1.683	949	366	2.998
1981	1.478	811	376	2.665
1991	1.324	771	378	2.473
2001	1.338	754	379	2.471
2011	1.423	744	383	2.550
2018	1.366	739	415	2.520
2019	1.356	726	403	2.485

Per quanto concerne la suddivisione della popolazione per classe di età quinquennale, i dati ISTAT relativi al 2019 sono riassunti nella *Tabella 6*, dove sono stati aggregati prendendo in considerazione l'unione dei comuni, e sono rappresentati nei successivi grafici (da *Figura 14* a *Figura 17*).

La concentrazione della popolazione è stata calcolata sulla scorta dei dati di popolazione del dicembre 2019 e delle superfici territoriali, sia delle 3 municipalità che dell'Unione, ed è riportata nella successiva *Tabella 5*. L'Unione di Comuni di Prima Collina ha una densità abitativa pari a circa 183 abitanti per km<sup>2</sup>.

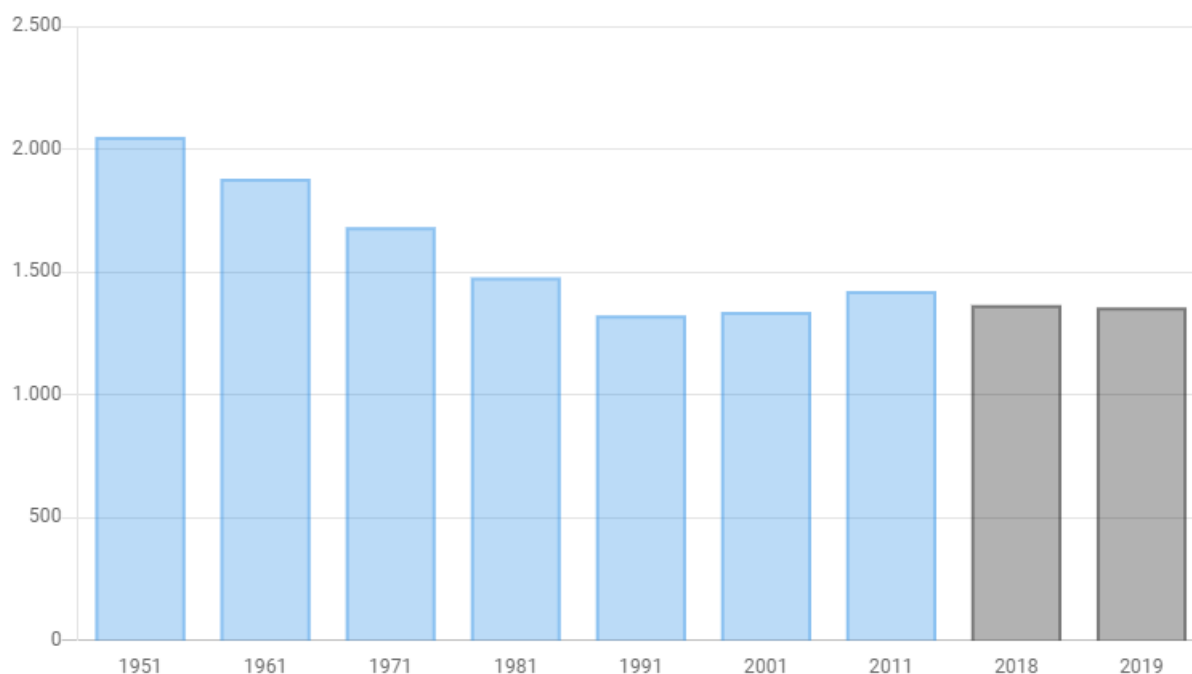


Figura 10: grafico dell'andamento della popolazione residente nel territorio di Canneto Pavese (ISTAT).

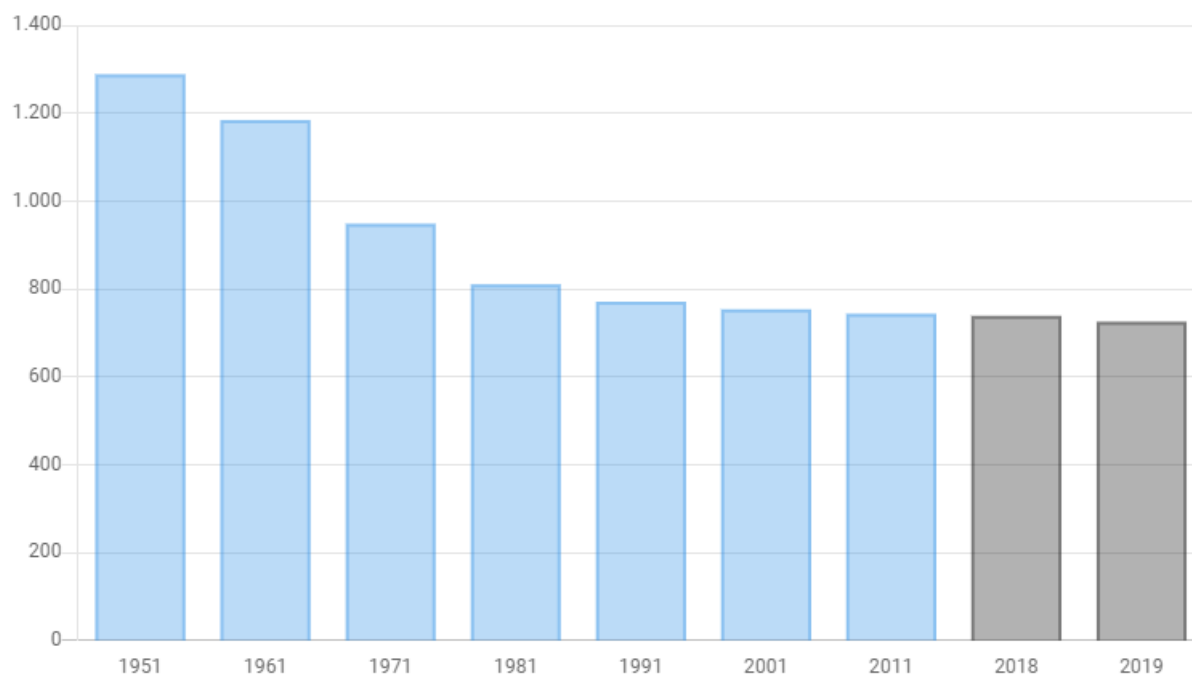


Figura 11: grafico dell'andamento della popolazione residente nel territorio di Castana (ISTAT).

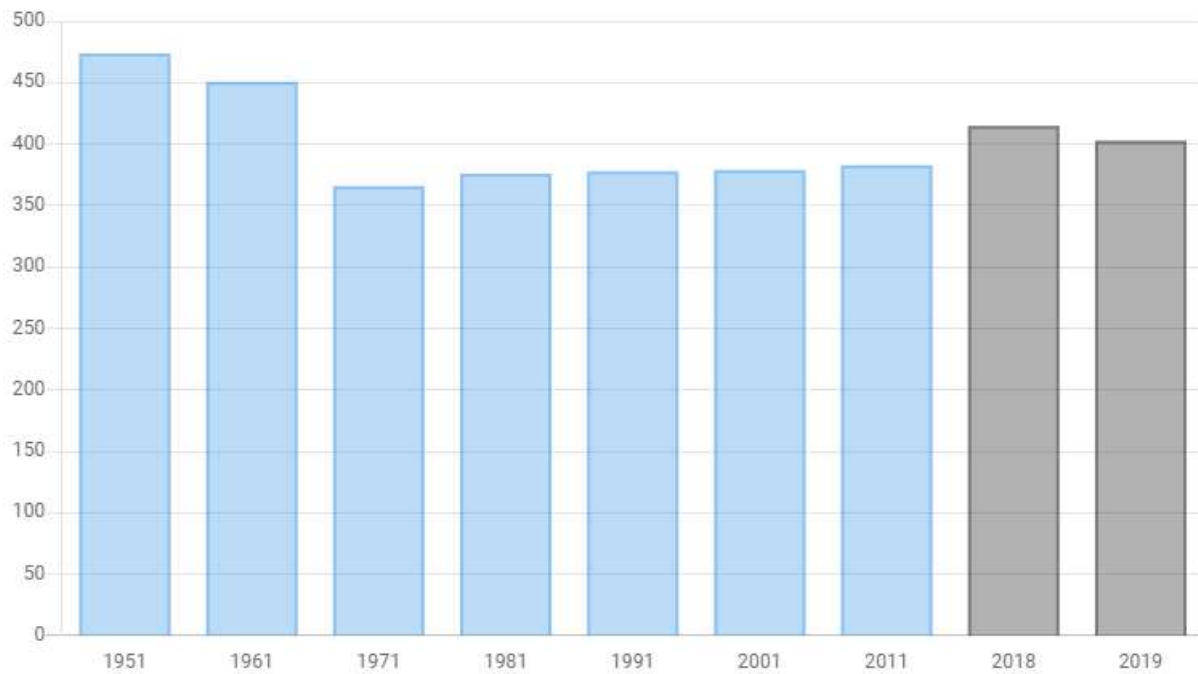


Figura 12: grafico dell'andamento della popolazione residente nel territorio di Montescano (ISTAT).

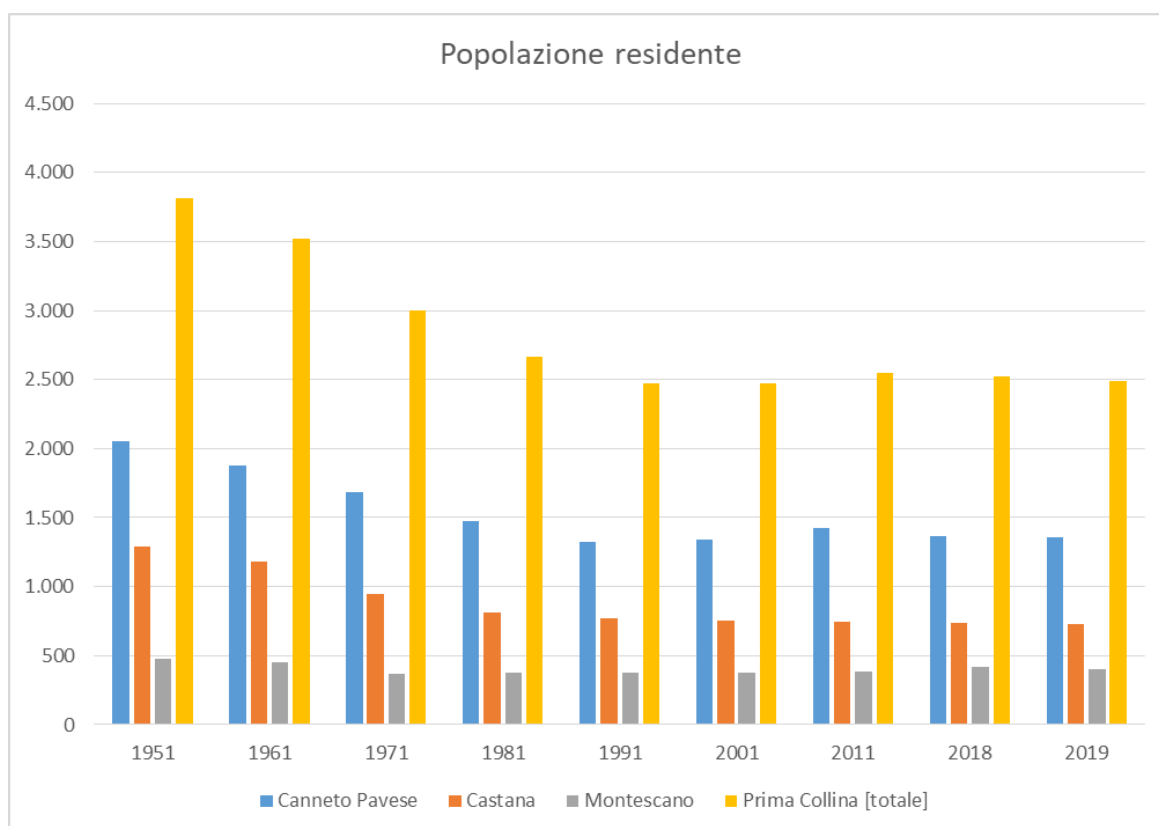


Figura 13: Andamento della popolazione a Prima Collina (rielaborazione dati ISTAT).

Tabella 5: densità abitativa.

	Canneto P.	Castana	Montescano	Prima Collina
Abitanti	1.356	726	403	2.485
Superficie [km <sup>2</sup> ]	5,87	5,36	2,30	13,52
Densità abitativa [ab/km <sup>2</sup> ]	231,2	135,5	175,3	<b>183,7</b>

Tabella 6: popolazione residente - serie storica.

Età	CANNETO PAVESE			CASTANA			MONTESCANO			PRIMA COLLINA		
	M	F	TOT	M	F	TOT	M	F	TOT	M	F	TOT
< 4	30	20	50	12	7	19	7	5	12	49	32	81
5-9	26	27	53	7	11	18	6	8	14	39	46	85
10-14	22	25	47	9	16	25	7	8	15	38	49	87
15-19	28	26	54	11	9	20	7	5	12	46	40	86
20-24	26	38	64	10	20	30	9	9	18	45	67	112
25-29	28	33	61	25	14	39	8	11	19	61	58	119
30-34	27	35	62	14	10	24	11	12	23	52	57	109
35-39	37	30	67	13	16	29	4	13	17	54	59	113
40-44	40	27	67	27	18	45	16	10	26	83	55	138
45-49	51	51	102	29	28	57	21	23	44	101	102	203
50-54	62	85	147	32	24	56	22	15	37	116	124	240
55-59	57	51	108	39	38	77	11	13	24	107	102	209
60-64	52	46	98	25	27	52	15	10	25	92	83	175
65-69	49	43	92	27	18	45	9	16	25	85	77	162
70-74	46	40	86	34	33	67	12	12	24	92	85	177
75-79	32	35	67	19	20	39	10	10	20	61	65	126
80-84	23	39	62	18	25	43	10	14	24	51	78	129
85-89	16	25	41	5	17	22	4	12	16	25	54	79
90-94	9	13	22	3	14	17	2	5	7	14	32	46
95-99	3	3	6	1	1	2	0	1	1	4	5	9
<b>Totale</b>	<b>664</b>	<b>692</b>	<b>1356</b>	<b>360</b>	<b>366</b>	<b>726</b>	<b>191</b>	<b>212</b>	<b>403</b>	<b>1215</b>	<b>1270</b>	<b>2485</b>

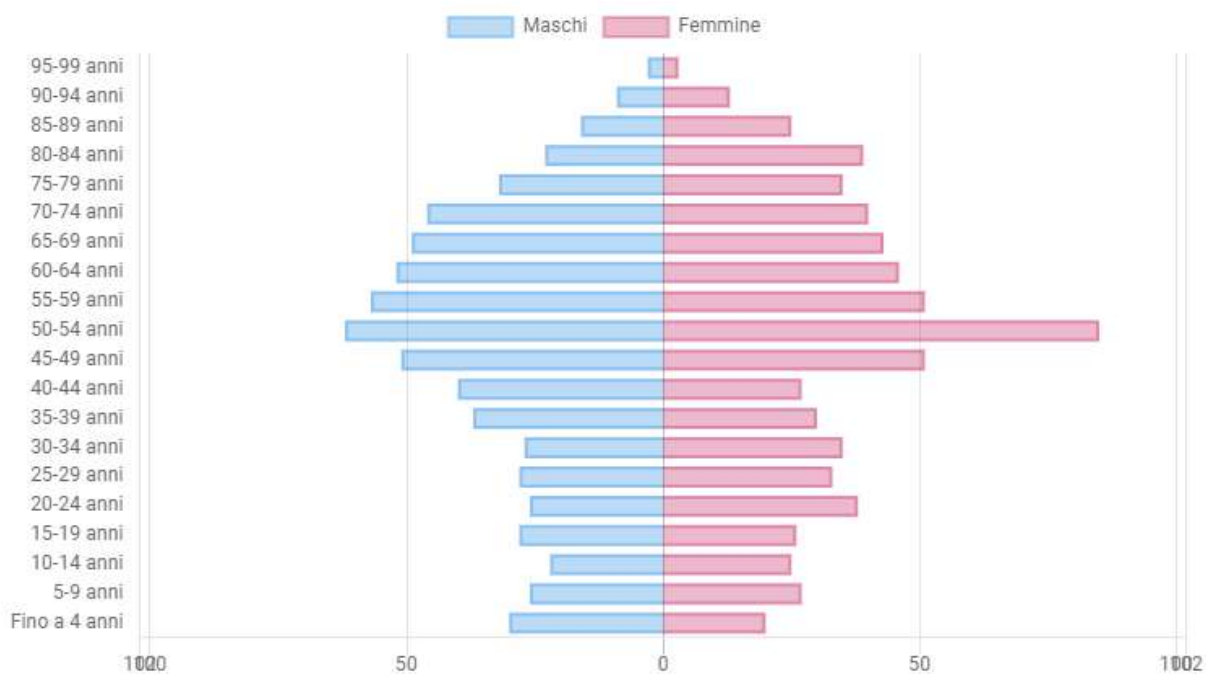


Figura 14: Piramide delle età della popolazione residente nel territorio di Canneto Pavese (ISTAT).

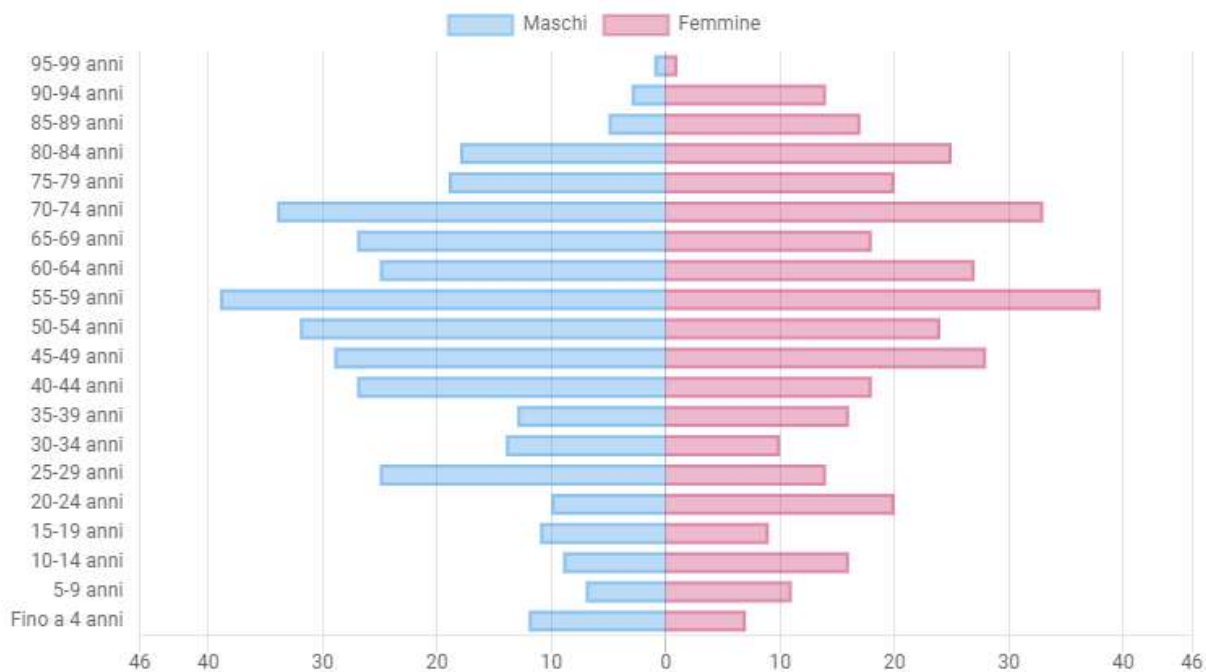


Figura 15: Piramide delle età della popolazione residente nel territorio di Castana (ISTAT).

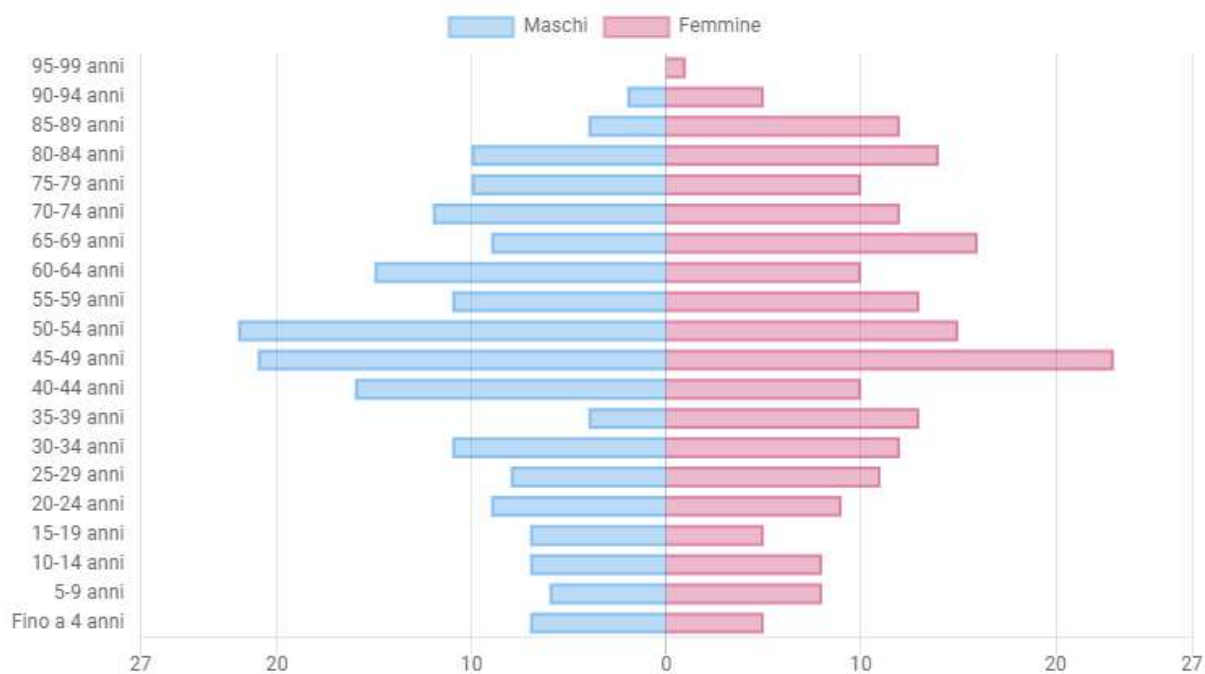


Figura 16: Piramide delle età della popolazione residente nel territorio di Montescano (ISTAT).

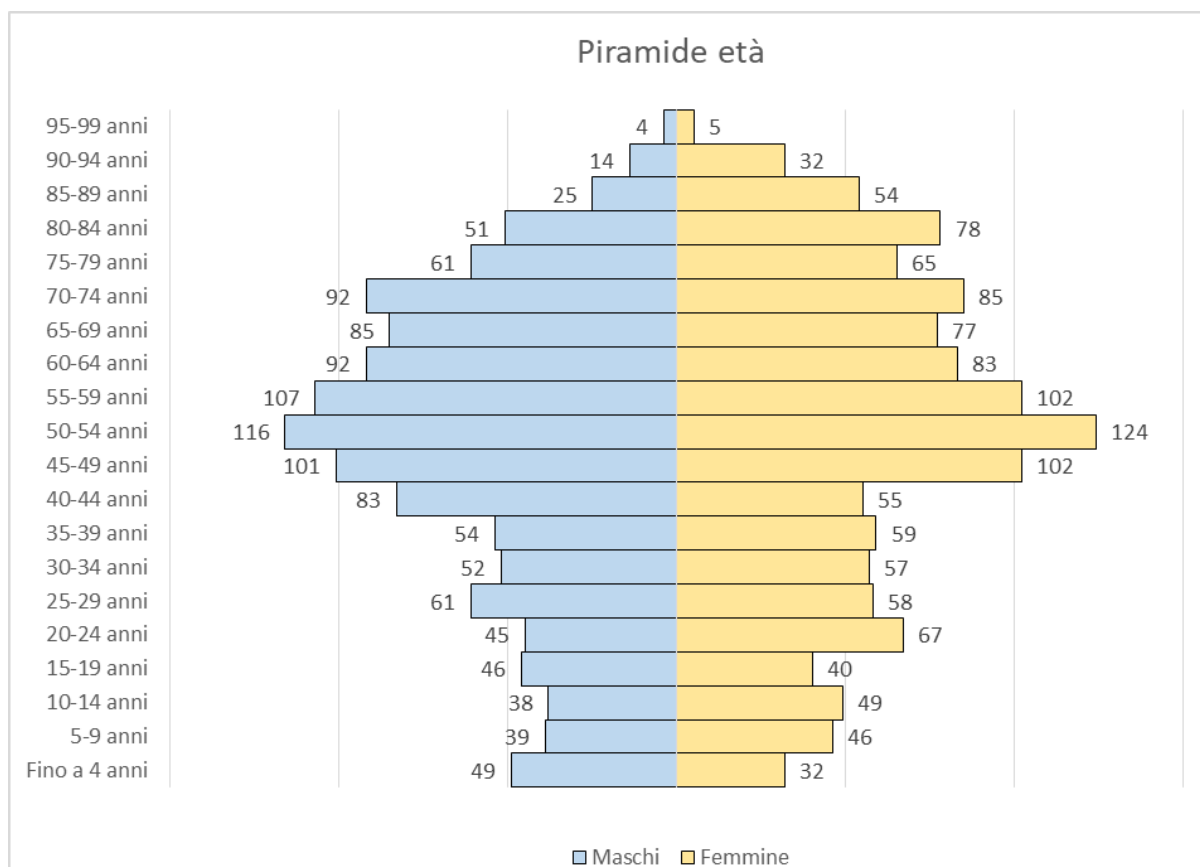


Figura 17: Piramide delle età della popolazione a Prima Collina (rielaborazione dati ISTAT).

### ***3 - IDROGRAFIA***

---

Il territorio intercomunale è attraversato dal corso del torrente Versa, affluente di destra del Fiume Po.

Il Versa si origina poco ad Est della fraz. Pometo nel comune di Colli Verdi (Pv) e confluisce nel Po all'altezza di Portalbera (Pv). Il corso d'acqua è lungo 24 km circa e scorre per i primi 20 km nel solco vallivo collinare e per i restanti 4 km nel settore pianeggiante dell'Oltrepò Pavese. L'affluente principale è il torrente Versiggia, di sinistra in prossimità di Begoglio, 1 km a valle dell'abitato di Santa Maria della Versa.

Il bacino idrografico del torrente Versa è delimitato ad Ovest dal bacino del torrente Scuropasso, a Sud e Est dal bacino del torrente Tidone e dai bacini di alcuni affluenti minori del Po, tra cui il torrente Bardonezza. Ha un bacino idrografico che si sviluppa quasi interamente in ambiente collinare e sbocca in pianura all'altezza dell'abitato di Stradella (Pv).

Il suo bacino ha quote variabili dai 578 m s.l.m. di Moncasacco (Pc), sullo spartiacque con il bacino del Tidone ed i 60 m s.l.m. del punto di confluenza nel Po.

L'andamento planimetrico del corso d'acqua è circa da Sud a Nord nel tratto vallivo, fino a Stradella. Dopo lo sbocco in pianura, il corso d'acqua devia verso Nord Nord-Est e si dirige verso Portalbera e alla confluenza in Po.

#### ***3.1 - RIO RILE DI VALLE PRAGA (RILE VERGOMBERA)***

---

Il bacino idrografico del torrente Rio di Valle Praga (Rile Vergombera) è collocato nel settore centro-orientale del territorio comunale di Canneto Pavese. La sua sezione di chiusura si colloca in località Vigalone (v. *Figura 19*).

Il bacino è caratterizzato da una quota altimetrica massima di 321,4 m s.l.m. in corrispondenza del monte Azzolo e una quota altimetrica minima pari a 108,26 m s.l.m. in Località Vigalone. All'interno del perimetro del bacino idrografico si evidenzia la presenza di alcune zone urbanizzate, ovvero il comune di Canneto Pavese, a nord, le località Fornace, Casabazzini e Vergombera, a ovest, le località Casa Zambianchi e Monteveroso, a sud, e la località di Vigalone, a Est, proprio in quest'ultima si colloca la sezione di chiusura in corrispondenza del torrente Versa.

Nell'area, il substrato geologico è costituito dalla formazione delle Marne di Sant'Agata Fossili (Tortoniano-Messiniano Inferiore) (v. **Elaborato 2**), appartenenti alla successione epiligure plio-pleistocenica (Serie del Margine). La formazione delle Marne di Sant'Agata Fossili è composta da sedimenti argillosi e marnosi di colore giallo-azzurrognolo, a stratificazione mal distinguibile, con intercalazioni di arenaria poco cementata con presenza di bioturbazioni. All'interno del bacino di studio esse affiorano localmente con immersione 30° N 20°, in strati disposti a reggipoggio (v. *Foto 1*).

La formazione è quasi interamente ricoperta da una coltre eluvio-colluviale prevalentemente limosa, derivata dall'alterazione del substrato, di spessore variabile fino a quasi 2 metri. L'analisi degli spessori della coltre sarà oggetto approfondito di uno dei capitoli successivi di questa relazione.



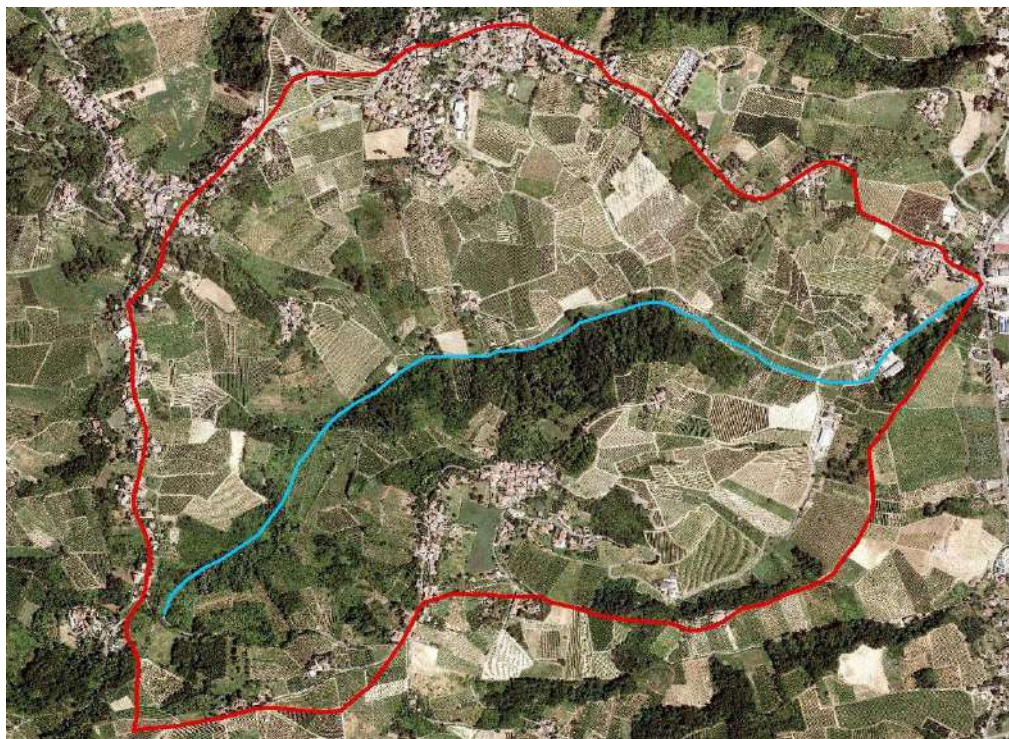
*Foto 1:Locale affioramento delle Marne di Sant'Agata Fossili.*

Il corso d'acqua Rio di Valle Praga della lunghezza complessiva di 1900 m è compreso tra la Località Casa Bernini e l'abitato di Vigalone. Scorre entro un intervallo altimetrico compreso circa tra le quote 160 m e 110 m s.l.m. ca., lungo un pendio esposto a Sud-Est, contraddistinto da un'acclività media, pari a ca. 10°, che aumenta leggermente verso monte (15°) (v. *Figura 20*).

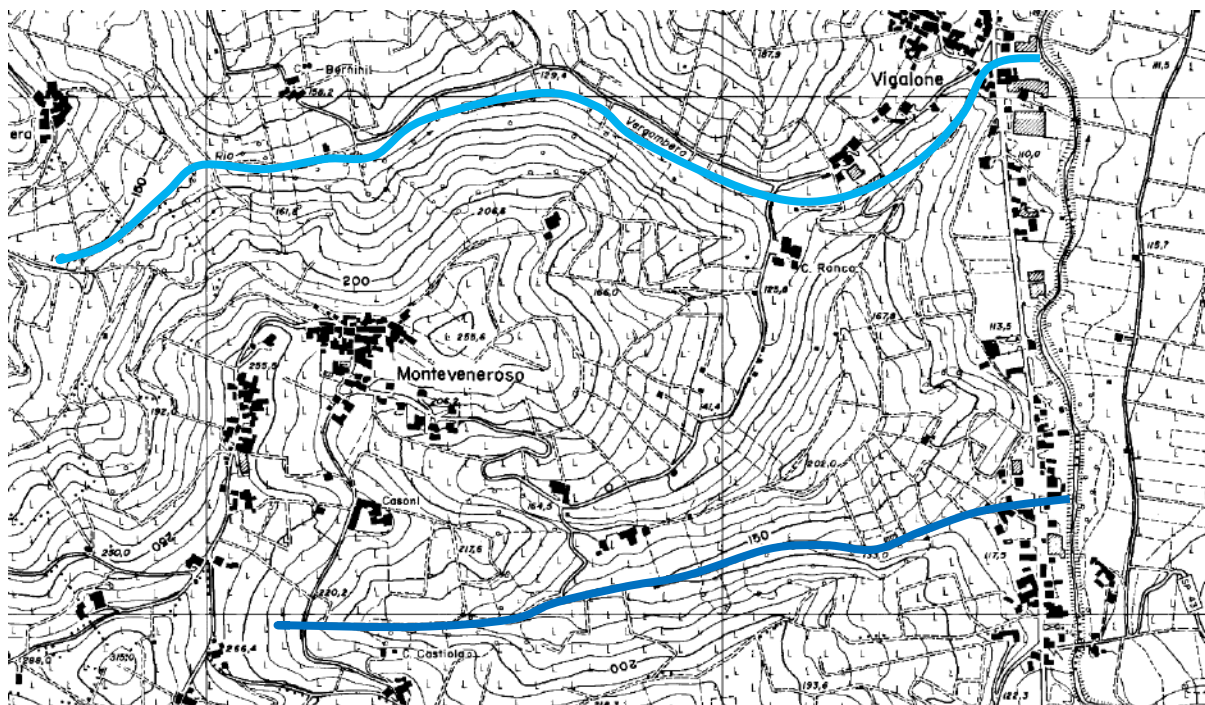
Nel tratto di fondovalle, compreso tra l'ingresso meridionale alla Frazione di Vigalone (in corrispondenza della sezione di attraversamento della strada comunale) e l'immissione nel torrente Versa, l'alveo è stato completamente intubato (condotta interrata in cls di diametro interno Ø 100 mm), con la finalità di salvaguardare l'abitato da possibili esondazioni del corso d'acqua stesso, legate a fenomeni alluvionali eccezionali. Inoltre, al fine di limitare le portate

in uscita attraverso la tubazione, in prossimità del settore antropizzato è stata a suo tempo realizzata una vaschetta naturale che funge da “*bacino di laminazione*” di tutte le acque derivanti dalla valle Praga (v. *Figura 21*).

Tale soluzione è stata messa in opera al fine di garantire il naturale adsorbimento nel terreno delle acque in ingresso ed un recapito verso il torrente Versa in concomitanza con eventi meteorici eccezionali.



*Figura 18: Inquadramento territoriale del corso d’acqua (tratto da AGEA Ortofoto BaseMap 2018). In azzurro viene evidenziato il corso del Rio di Valle Praga (Rile Vergombera), in rosso il perimetro del suo bacino idrografico.*



— Rile di Valle Praga (Rile Vergombera) l = 1900 m

— Rile di Val Prussiani l = 1200 ml

Figura 20: Inquadramento territoriale del corso del Rio di Valle Praga (Rile Vergombera) su base CTR.



Figura 21: Manufatto di attraversamento stradale e bacino di laminazione naturale realizzato nel 2012.

UNIONE DI COMUNI LOMBARDA "PRIMA COLLINA"  
 PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO - COMPONENTE GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO  
 AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA  
 (art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005; D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011; D.G.R. n. X/2129 del 11.07.2014;  
 D.G.R. n. X/6738 del 19.06.2017; D.G.R. n. XI/6702 del 18 luglio 2022)

**RI - RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

### 3.2 - EVENTO METEORICO DEL 26-27/07/2022

L'evento registrato in data 26-27 luglio 2022 dal pluviografo di ARPA Lombardia situato a Broni, è da considerare senza alcun dubbio un evento pluviometrico eccezionale poiché si è osservata una pioggia massima caduta in un'ora di 97,7 mm. A tale altezza oraria di pioggia si può assegnare sulla curva di possibilità pluviometrica ARPA un tempo di ritorno  $T_r$  superiore di circa 2000 anni, evento di elevata rarità.

Tale evento ha provocato la fuoriuscita di acqua del Rio di Valle Praga (Rile Vergombera) e dalla vasca di laminazione esistente (v. *descrizione nel paragrafo precedente e Figura 21*) causando ingenti danni alle infrastrutture e alla attività produttive e residenziali in Frazione di Vigalone, in corrispondenza del settore sud-orientale del territorio comunale di Canneto Pavese (v. *Foto 2*). Tra le attività produttive maggiormente colpite è stata la Cantina Giorgi, devastata dal fango proveniente dal bacino del Rio Valle Praga (v. *Foto 3*)

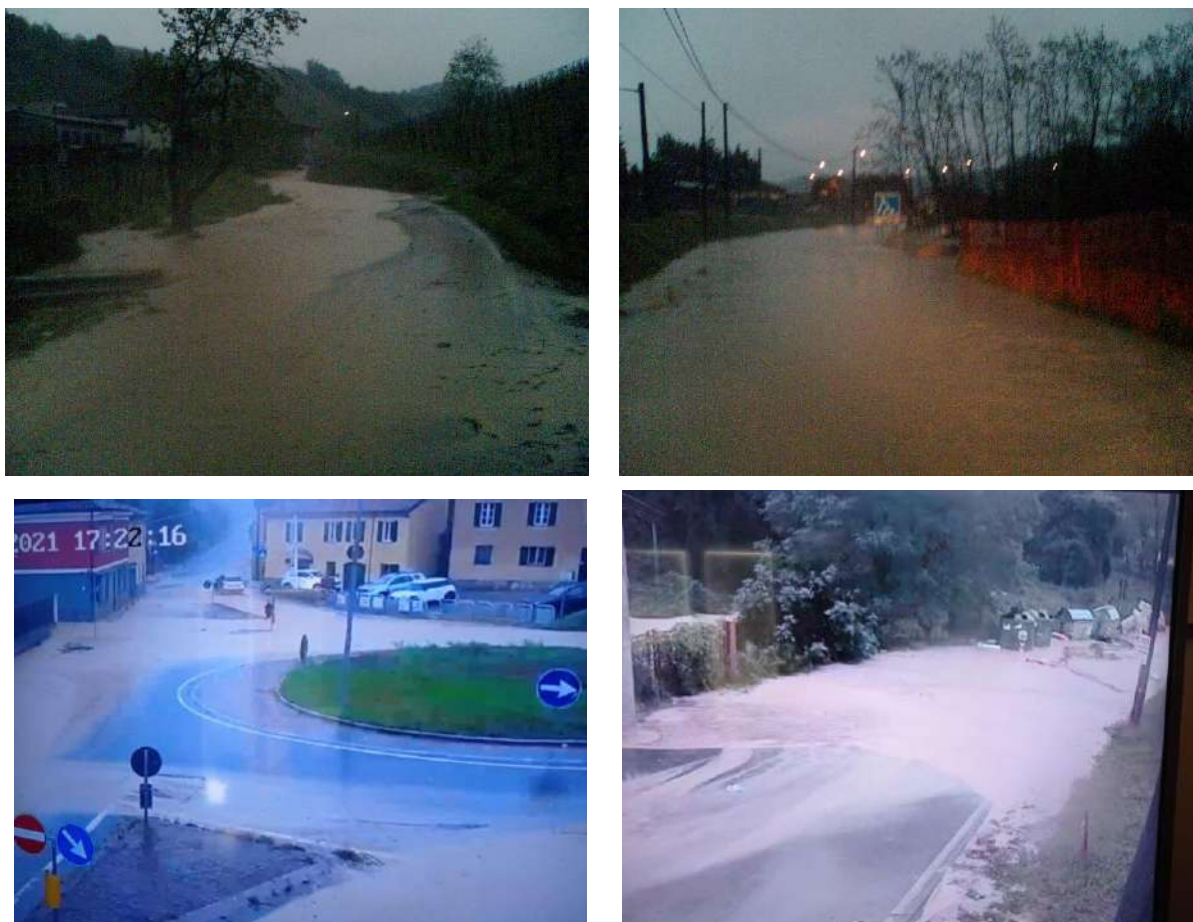


Foto 2: Esondazione del corso del Rio Rile di Valle Praga in data 26-27 luglio 2022 in località Vigalone.



*Foto 2: Danni alle attività produttive e alle coltivazioni a seguito dell'evento del 26-27 luglio 2022 (immagini da Web).*

L'esondazione del corso d'acqua verificatasi nel corso dell'evento è da ricondurre alla ridotta sezione di deflusso della tubazione (v. tratto intubato evidenziato in **Elaborato 9a-rev.02**) che risulta evidentemente insufficiente per lo smaltimento del deflusso meteorico.

A fronte di quanto accaduto, verificata la necessità di un potenziamento delle opere idrauliche attuali, è stato stanziato un finanziamento per la progettazione e la realizzazione di ulteriori opere in grado di supportare la capacità di smaltimento delle acque meteoriche in casi eccezionali di piena.

Nell'aggiornamento della Carta di fattibilità geologica (v. **Elaborato 10-rev.02** e **Elaborato 13-rev.02**), a fronte degli eventi alluvionali pregressi, la zona edificata presente in località Vigalone ricadente in parte in area P1/L e in parte in area P2/M è stata inserita nella *Sottoclasse 3b* con le norme delle **Eb** - aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità elevata per esondazione torrentizia (art. 9 comma 6 delle N.d.A. del PAI).

Sia per le nuove edificazioni che per le ristrutturazioni delle costruzioni/edifici esistenti, ricadenti in queste aree, deve essere condotto un preliminare Studio idraulico particolareggiato, finalizzato alla realizzazione dell'intervento (v. **Elaborato R2-rev.02**). Nell'**Elaborato R2-rev.02** sono inoltre esplicitati gli interventi da mettere in opera in queste aree per la riduzione della vulnerabilità degli elementi esposti alle alluvioni.

#### 4 - ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

---

Con l'entrata in vigore della D.G.R. n. X/2129 del 11.07.2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)" i tre comuni dell'Unione sono passati da Zona sismica 4 a Zona sismica 3 per cui, in accordo all'art. 2 di tale norma, vige l'obbligo che in occasione della prima revisione del Documento di Piano venga aggiornata anche la componente sismica dello studio geologico di supporto al PGT.

Le procedure necessarie per la definizione della pericolosità sismica del territorio dell'Unione sono regolate dalla normativa regionale e, nello specifico, dall'Allegato 5 alla D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011 "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12".

Si premette che l'Unione di Comuni Lombarda Prima Collina ha già provveduto a dotarsi di studio geologico, comprensivo dell'analisi sismica di primo livello.

Lo studio attuato è consistito nella raccolta e nell'analisi dei dati esistenti e disponibili, appositamente inseriti nella cartografia di inquadramento (carta geologica e carta geomorfologica), nella valutazione delle indagini reperite presso gli uffici comunali e nella redazione della "Carta di pericolosità sismica locale" (PSL).

In aggiornamento all'elaborato vigente sono state inserite anche le aree con caratteristiche geotecniche scadenti e potenzialmente scadenti con *scenario di pericolosità sismica locale Z2a* (v. *Elaborato 7*).

Nella *Tabella 7* di seguito riportata vengono evidenziati gli scenari di pericolosità sismica locale individuati nel territorio intercomunale con l'applicazione dell'analisi di primo livello.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide dellizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 7: scenari di pericolosità sismica locale individuati nel territorio intercomunale

scenario presente nel territorio intercomunale

Nello specifico sono stati individuati i seguenti scenari:

- **Zona di potenziale scenario di pericolosità sismica Z1a** (zona caratterizzata da movimenti franosi attivi, tali da far prevedere potenziali effetti sismici di instabilità).
- **Zona di potenziale scenario di pericolosità sismica Z1b** (zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti, tali da far prevedere potenziali effetti sismici di instabilità).
- **Zona di potenziale scenario di pericolosità sismica Z1c** (zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana tale da far prevedere potenziali effetti sismici di instabilità).
- **Zona di potenziale scenario di pericolosità sismica Z2a** (zona con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.).
- **Zona di potenziale scenario di pericolosità sismica Z3b** (linea sommitale di cucuzzolo arrotondato, tale da far prevedere potenziali effetti sismici di amplificazione topografica).
- **Zona di potenziale scenario di pericolosità sismica Z4a** (zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi tale da far prevedere potenziali effetti sismici di amplificazioni topografiche e geometriche).

L'aggiornamento della classificazione sismica dei comuni lombardi (D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014) ha determinato un declassamento di tutto il territorio intercomunale (dalla Zona sismica 4 alla Zona sismica 3) con l'obbligo pertanto di provvedere alla ridefinizione della componente sismica in base a quanto disposto dalla medesima D.G.R..

Nello specifico la metodologia di definizione e valutazione della componente sismica prevede tre livelli di approfondimento. Il primo e il secondo livello sono obbligatori in fase di pianificazione per tutti i comuni lombardi, in funzione della zona sismica di appartenenza.

Il terzo livello è obbligatorio in fase di progettazione:

- per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione (Z3 e Z4) quando, con il secondo livello, si dimostri l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale;
- per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità (Z1), cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z2).

Il terzo livello è obbligatorio in fase di progettazione di costruzioni ritenute strategiche e rilevanti, il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

#### **5 - ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO DEL TERRITORIO INTERCOMUNALE**

Nelle aree individuate nella "*Carta di pericolosità sismica locale*" suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche (scenario Z3b) e litologiche (scenario Z4a) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree ad espansione urbanistica dei Comuni di Canneto Pavese, Castana e Montescano, si è quindi proceduto ad applicare l'**analisi sismica di secondo livello**, illustrata nei paragrafi che seguono.

L'approfondimento di secondo livello non è invece stato eseguito per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità (scenari Z1a, Z1b, Z1c, Z2a). Per tali aree infatti la normativa prevede direttamente il passaggio all'analisi di terzo livello o, in alternativa, l'esclusione dalla possibilità di edificazione.

Il secondo livello è obbligatorio in fase pianificatoria e consiste nella caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella Carta di pericolosità sismica locale (v. **Elaborato 7**).

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di "Fattore di Amplificazione" (Fa). Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s. Tali intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale. In particolare l'intervallo tra 0,1-0,5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0,5-1,5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di secondo livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0,1-0,5 s. Questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno, che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0,5-1,5 s.

L'applicazione dell'analisi di secondo livello ha lo scopo di individuare le aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente (quando Fa calcolato risulta superiore a Fa di soglia comunale) a salvaguardare le strutture, esistenti e future, dagli effetti di amplificazione sismica locale. Per le aree in cui si è riscontrato il Fattore di Amplificazione superiore al valore soglia comunale (come di seguito illustrato nel dettaglio) si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di terzo livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

Per gli scenari Z3, i valori soglia sono definiti nelle Norme Tecniche per le Costruzioni al § 3.2.3.2.1 in funzione delle categorie topografiche; mentre i valori soglia per gli scenari Z4 sono stati fissati dalla Regione Lombardia e sono stati calcolati dal Politecnico di Milano in base alle diverse categorie di suolo e in funzione di due intervalli di periodo.

## **6 - SCENARI A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE Z3 – DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI MORFOLOGICI**

Le analisi della risposta sismica locale su scenari Z3 sono state condotte seguendo una metodologia basata su verifiche morfologiche bidimensionali che rappresentano le irregolarità topografiche (creste rocciose presenti nel territorio intercomunale).

Per la valutazione degli effetti di amplificazione sismica di tipo morfologico e geometrico, è molto influente l'angolo di incidenza delle onde sismiche rispetto all'irregolarità morfologica stessa. L'amplificazione infatti è prodotta dalla focalizzazione delle onde sismiche in

corrispondenza delle creste, a causa della riflessione sulla superficie libera e dell'interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto.

La valutazione del grado di protezione per gli scenari Z3 è stata effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di amplificazione (Fa) del sito con il valore soglia, rappresentato dal valore St (*coefficiente di amplificazione topografica*) come definito nelle Norme Tecniche per le Costruzioni al § 3.2.3.2.1.

Il valore di Fa del sito per gli scenari Z3 è ottenuto attraverso le schede di valutazione dell'Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011, come descritto nei paragrafi successivi. Il coefficiente di amplificazione topografica (St) è invece definito sulla base delle Tabb. 3.2.IV e 3.2.VI delle N.T.C di seguito riportate.

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 8: Tabella 3.2.IV - Categorie topografiche - N.T.C. 14/01/2008.

**Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 9: Tabella 3.2.VI - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica St - N.T.C. 14/01/2008.

I pendii e i rilievi presenti entro i limiti amministrativi dei Comuni di Canneto Pavese, Castana e Montescano sono ascrivibili alle categorie topografiche T2 e T3, da cui si ricava il **valore massimo del coefficiente di amplificazione topografica (St) pari a 1,2**.

Tale valore rappresenta il valore soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione del sito.

La procedura proposta da Regione Lombardia prevede di confrontare il valore di Fa ottenuto attraverso le schede di valutazione con il valore di soglia St, considerando una variabilità di  $\pm 0,1$ , e definire una delle due situazioni possibili:

- Fa < St: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e, quindi, si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- Fa > St: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e, quindi, è necessario effettuare analisi più approfondite (terzo livello) in fase di progettazione edilizia.

#### **6.1 - SCENARI A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE Z3a (SCARPATE)**

Per il calcolo del fattore di amplificazione per lo scenario Z3a, la Regione Lombardia propone delle apposite schede di valutazione, realizzate sulla base di analisi morfologiche eseguite su casistiche reali presenti nel territorio regionale, che hanno permesso di individuare criteri geometrici da utilizzare per l'identificazione degli scenari di riferimento.

Lo scenario di zona di scarpata rocciosa (Z3a) è caratterizzato da irregolarità con fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione ( $\alpha$ ) del fronte principale uguale o superiore ai 10°.

In funzione della tipologia del fronte superiore si distinguono:

- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;
- scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nel senso opposto a quello del fronte principale.

La misura dell'altezza H è da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore è da definire come distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

Inoltre la normativa prevede che si debbano considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano le seguenti caratteristiche:

- un fronte superiore (L) di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15-20 m;
- l'inclinazione ( $\beta$ ) del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione ( $\alpha$ ) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza (per  $\beta > 1/5 \alpha$  la situazione è da considerarsi pendio);
- il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpate in contropendenza (per  $h \geq 1/3 H$  la situazione è da considerarsi una cresta appuntita).

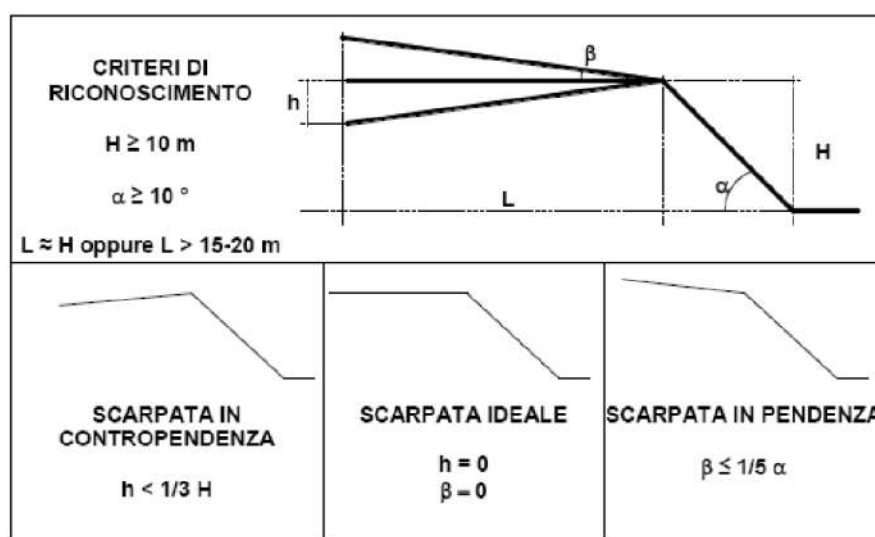


Figura 22: Criteri di riconoscimento delle scarpate (Z3a) - Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione dell'inclinazione  $\alpha$ , il valore di Fa nell'intervallo 0,1-0,5 s.

Tale valore di Fa dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato al ciglio del fronte principale, mentre all'interno della relativa area di influenza (fronte superiore) il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario; lungo il fronte principale tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del fronte stesso.

I valori di Fa così ottenuti dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

Sul territorio comunale di Canneto Pavese, Castana e Montescano, secondo quanto riportato nella "Carta di pericolosità sismica locale", l'analisi di primo livello non ha portato al riconoscimento di scenari di tipo Z3a. L'approfondimento di secondo livello non ha comportato

dunque la verifica geometrica di alcuna scarpata cartografata interferente con l'urbanizzato.

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $F_{a_{0,1-0,5}}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4}H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3}H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

Tabella 10: Scheda di valutazione per le scarpate (Z3a) - Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011.

### 6.2 - SCENARI A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE Z3b (CRESTE ROCCIOSE)

La procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Z3b), caratterizzata da pendii con inclinazione ( $\alpha_1$  e  $\alpha_2$ ) maggiore o uguale ai  $10^\circ$ . Il rilievo deve essere identificato sulla base di cartografie a scala almeno 1:10.000 e la larghezza alla base deve essere valutata in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche. Secondo la definizione, sono da considerare creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H).

Nell'ambito delle creste si possono distinguere due situazioni, come di seguito descritto:

- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta (l) molto inferiore alla larghezza alla base (L) (cresta appuntita);
- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno  $1/3$  della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o subpianeggiante con inclinazioni inferiori a  $10^\circ$  (cresta arrotondata).

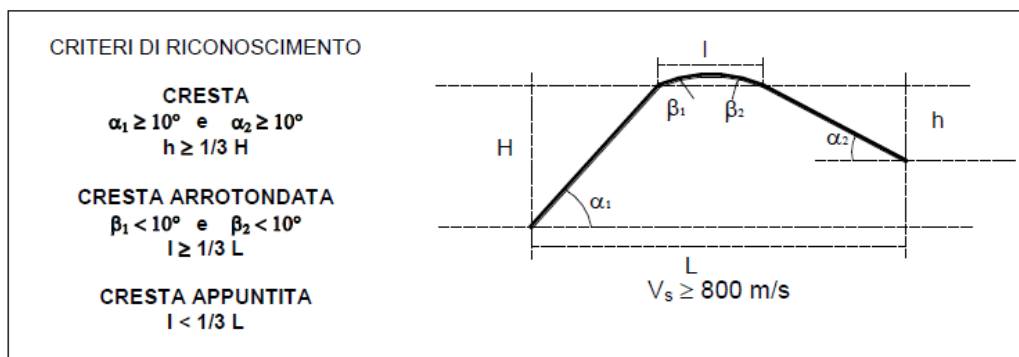


Figura 23: Criteri di riconoscimento delle creste rocciose (Z3b) - Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011.

Per l'utilizzo della scheda di valutazione proposta si richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- larghezza alla base del rilievo (L);
- larghezza in cresta del rilievo (l);
- dislivello altimetrico massimo (H) e dislivello altimetrico minimo (h) dei versanti;
- coefficiente di forma (H/L).

I fattori sopraelencati possono definire due situazioni, quella di cresta arrotondata e quella di cresta appuntita. In funzione della tipologia di cresta (arrotondata o appuntita) e del coefficiente di forma (H/L), per le creste appuntite vengono proposte quattro curve per la valutazione del valore di  $F_a$  nell'intervallo 0,1-0,5 s, mentre per le creste arrotondate esiste una sola curva (v. Figura 21).

Il valore di  $F_a$  determinato deve essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta l, mentre lungo i versanti tale valore è stato scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante.

I valori di  $F_a$  così ottenuti vengono utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto dal sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione, per ambedue gli scenari (zona di scarpata e zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo), viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di  $F_a$  ottenuti dalle schede di valutazione con il valore di  $St$  delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Tale valore  $St$  rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

	L > 350	250 < L < 350	150 < L < 250	L < 150
<b>Creste Appuntite</b>	$Fa_{0,1-0,5} = e^{1,11H/L}$	$Fa_{0,1-0,5} = e^{0,93H/L}$	$Fa_{0,1-0,5} = e^{0,73H/L}$	$Fa_{0,1-0,5} = e^{0,40H/L}$
<b>Creste Arrotondate</b>	$Fa_{0,1-0,5} = e^{0,47H/L}$			

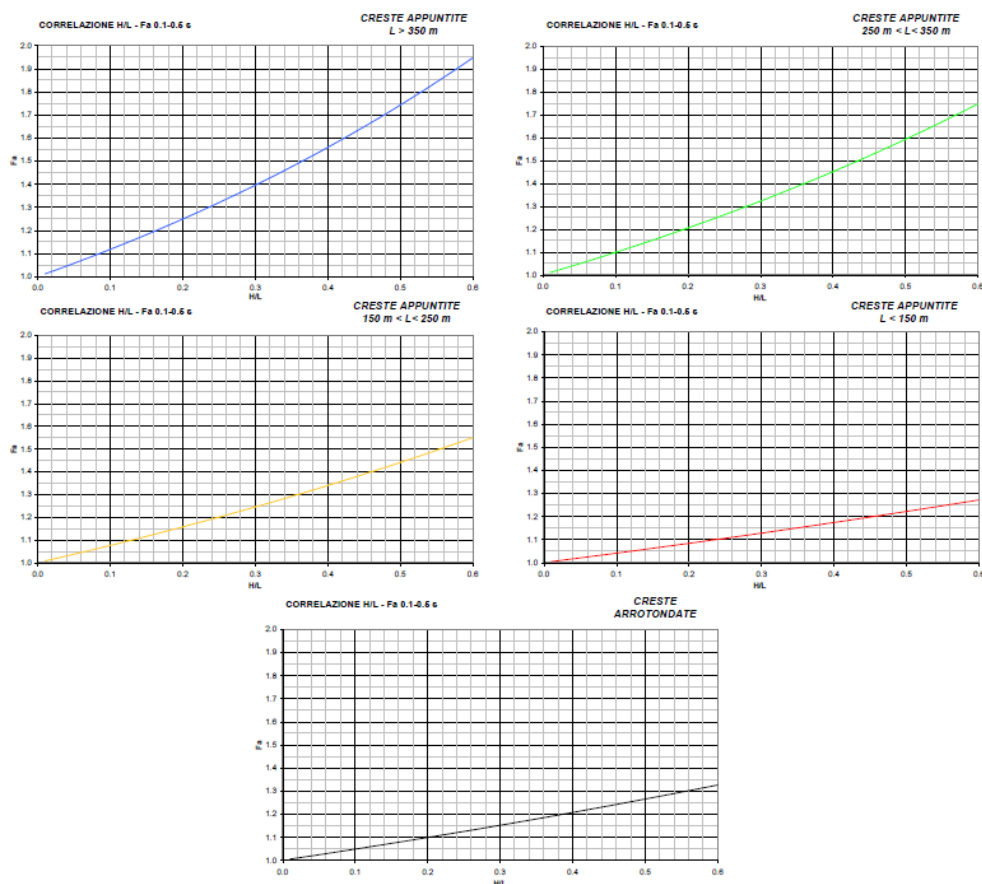


Figura 24: Scheda di valutazione per le creste rocciose (Z3b) - Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011.

Per l'analisi dei crinali del territorio comunale di Canneto Pavese, Castana e Montescano, sono state verificate sezioni topografiche a distanze variabili tra loro in funzione della morfologia del crinale e del grado di urbanizzazione dei rilievi considerati, utilizzando come base di lavoro il modello aerofotogrammetrico, in cui le isolinee rappresentanti l'altimetria (curve di livello) sono caratterizzate da un'equidistanza pari a 5,0 m. In questo modo sono state ottenute sezioni rappresentative dei crinali, per chiarezza individuate con i numeri da 1 a 13, da cui sono stati ricavati i dati richiesti dalla procedura per l'elaborazione del fattore di amplificazione Fa.

Per ogni crinale analizzato è stata predisposta un'apposita scheda concernente l'analisi sismica di secondo livello, in cui sono stati riportati il profilo altimetrico, i parametri di riconoscimento (H, l e L), la tipologia di cresta (appuntita o arrotondata), il fattore di forma (H/L) e, infine, il valore del fattore di amplificazione (Fa) ricavato.

Il valore di Fa per ciascun profilo è stato poi confrontato con il valore soglia ottenuto con la procedura semplificata proposta dalla Regione Lombardia, sempre considerando la variabilità di  $\pm 0,1$  prevista dalla normativa.

Complessivamente sono stati analizzati n. 13 profili altimetrici per i n. 5 crinali presi in considerazione, in corrispondenza delle seguenti aree: Montù de' Gabbi (Tavola 1a), Tenuta Malpaga (Tavola 1b), Monteveneroso (Tavola 1c), Monte Azzolo (Tavola 1d) e C. Moscatelli (Tavola 1e).

Il fattore di amplificazione dei crinali compresi nei Comuni di Canneto Pavese, Castana e Montescano varia dal **valore minimo di 1,12** (Tavola 1e - sezione 11-11' - C. Moscatelli) al **valore massimo pari a 1,31** (Tavola 1a - sezione 2-2' - Montù de' Gabbi).

Pertanto, per quanto attiene alle amplificazioni topografiche dello scenario Z3b, la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalle N.T.C. 2008 per quanto riguarda le località di Tenuta Malpaga (Tavola 1b), Monteveneroso (Tavola 1c), Monte Azzolo (Tavola 1d) e C. Moscatelli (Tavola 1e).

Al contrario, per quanto riguarda la località di Montù de' Gabbi (Tavola 1a), in tutte e tre le sezioni verificate, il valore di Fa è risultato superiore al valore di soglia corrispondente.

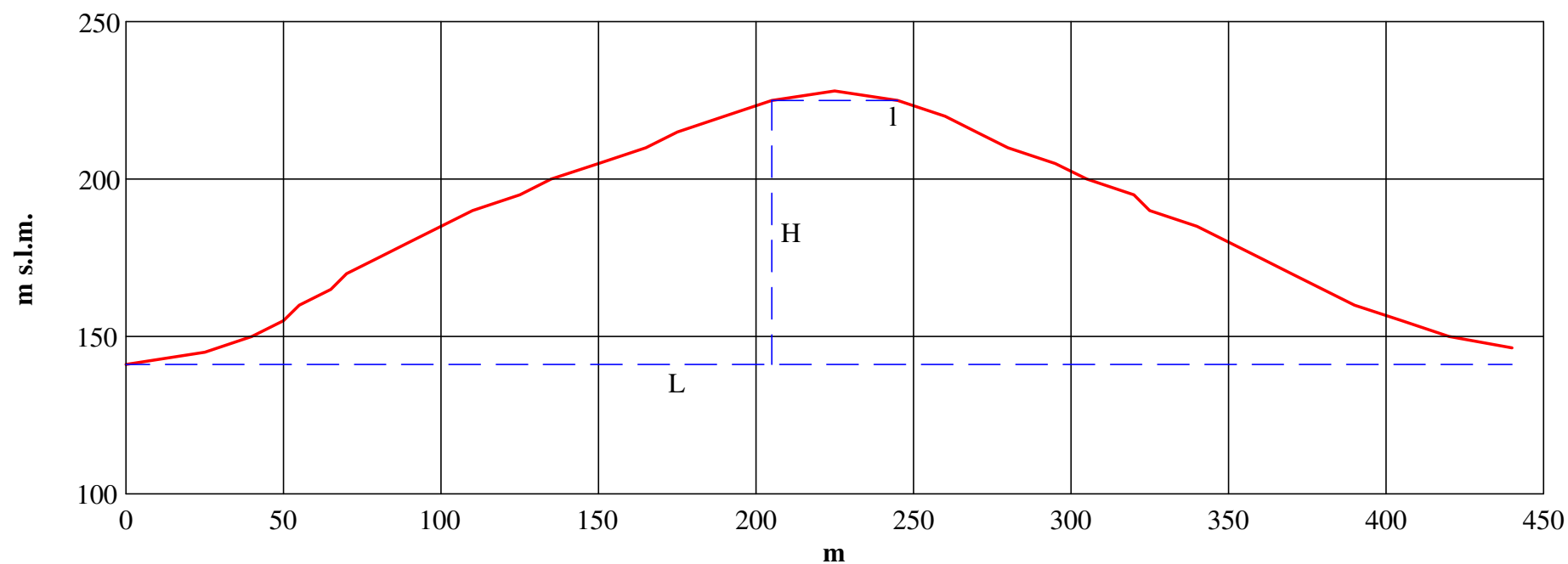
Nello specifico: 1,23 per la sezione 1-1', 1,31 per la sezione 2-2' e 1,22 per la sezione 3-3'.

La normativa è quindi insufficiente, in questo caso, a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e, quindi, in fase di progettazione edilizia in località Montù de' Gabbi, sarà obbligatorio procedere all'effettuazione di analisi più approfondite (analisi di terzo livello).



## profilo altimetrico sez. 1-1'

scala 1 : 2.000

Parametri di  
riconoscimento:

H = 83,9 m  
 l = 40 m  
 L = 440 m

Tipologia di  
cresta:

APPUNTITA

Fattore di  
forma H/L:

0,19

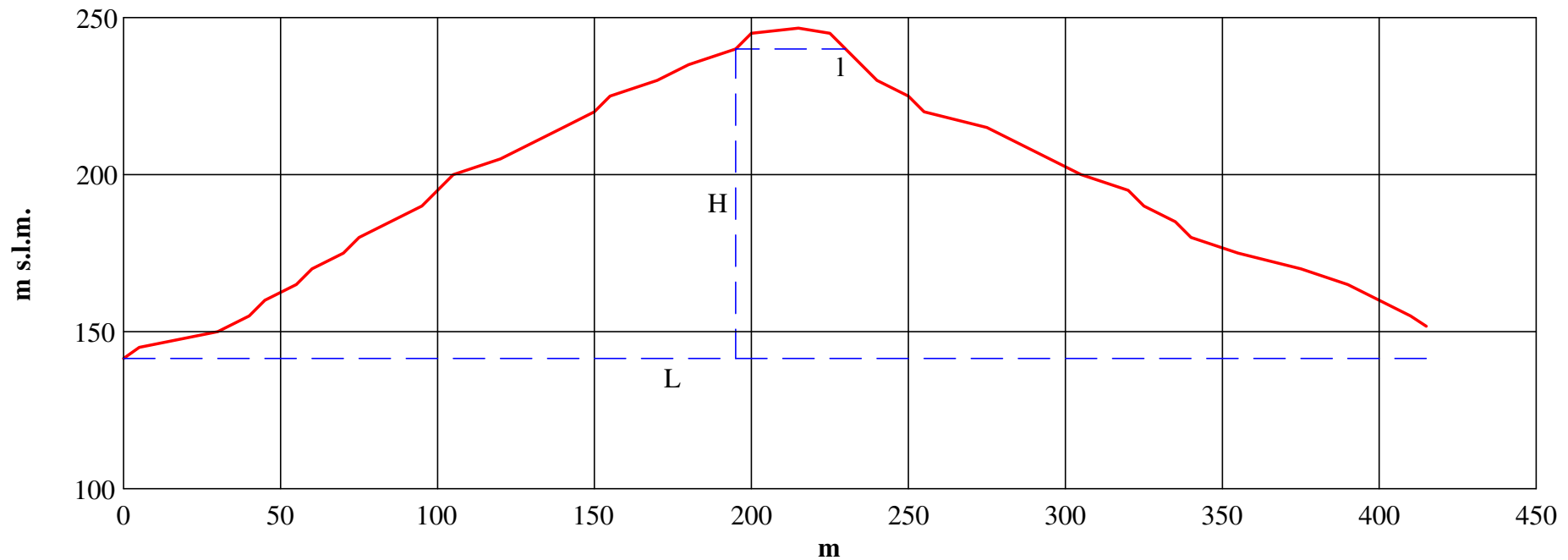
Fattore di  
amplificazione  $F_a$ :**1,23**Fa soglia 0,1-0,5 s  
St = 1,2

1,23 ± 0,1 &gt; 1,2

**NON VERIFICATO**

profilo altimetrico sez. 2-2'

scala 1 : 2.000

Parametri di  
riconoscimento:

H = 98,5 m  
l = 35 m  
L = 415 m

Tipologia di  
cresta:

APPUNTITA

Fattore di  
forma H/L:

0,24

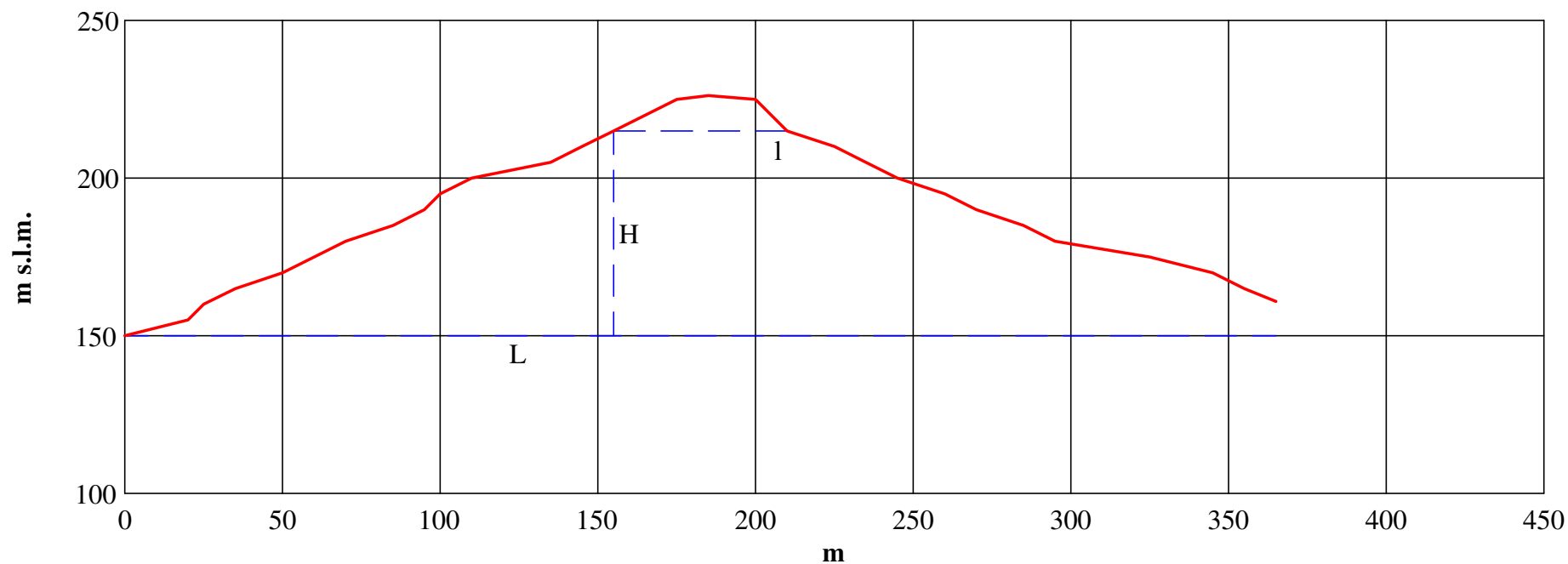
Fattore di  
amplificazione Fa:**1,31**Fa soglia 0,1-0,5 s  
St = 1,2

1,31 ± 0,1 &gt; 1,2

**NON VERIFICATO**

profilo altimetrico sez. 3-3'

scala 1 : 2.000

Parametri di  
riconoscimento:

H = 65 m  
 l = 55 m  
 L = 365 m

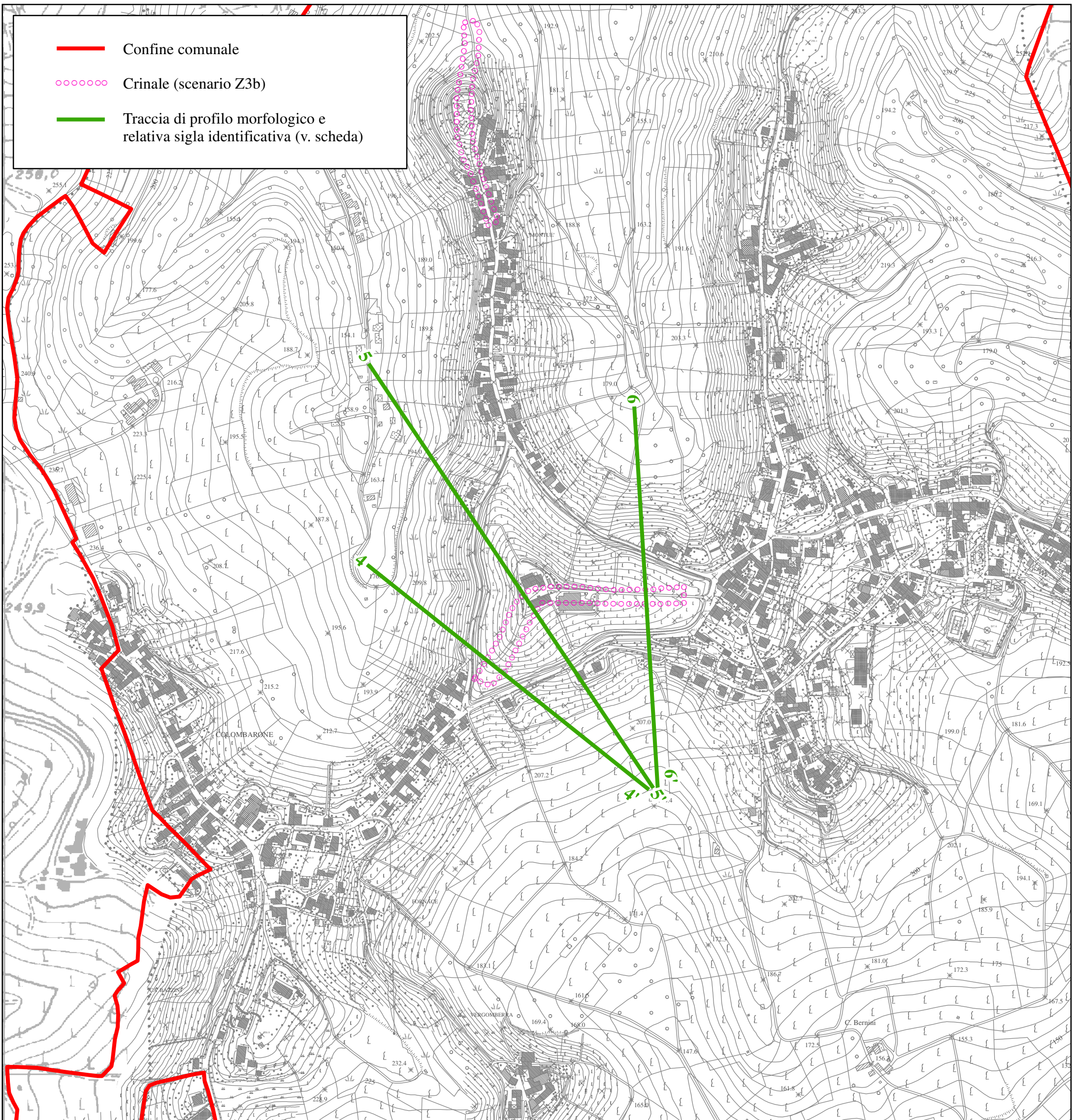
Tipologia di  
cresta:

APPUNTITA

Fattore di  
forma H/L:

0,18

Fattore di  
amplificazione  $F_a$ :**1,22**Fa soglia 0,1-0,5 s  
St = 1,2 $1,22 \pm 0,1 > 1,2$ **NON VERIFICATO**



**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**  
**COMPONENTE GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO**  
 AGGIORNAMENTO ALLA CLASSIFICAZIONE SISMICA  
 DI REGIONE LOMBARDIA (D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014)  
 E ADEGUAMENTO ALLE DISPOSIZIONI DI CUI ALLA D.G.R. n. X/6738 del 19.06.2017  
 (art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005; D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011)



**ANALISI DEL RISCHIO SISMICO**  
 2° LIVELLO  
 CARTA DELLE AMPLIFICAZIONI SISMICHE LOCALI

ALLEGATO 1b  
 EFFETTI MORFOLOGICI - CRESTE (scenario Z3b)

UNIONE DI COMUNI LOMBARDA  
 "PRIMA COLLINA"

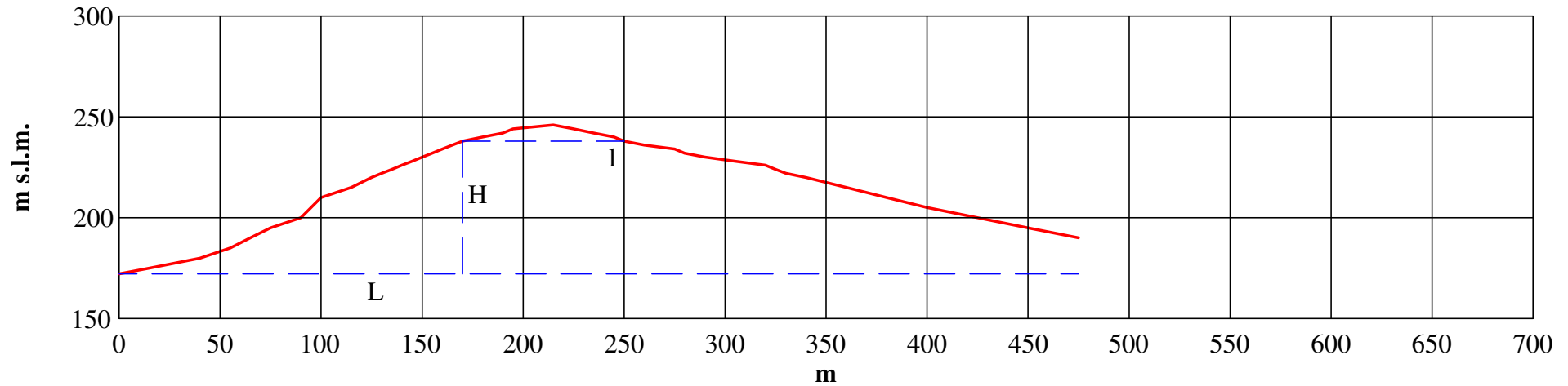
TAVOLA 1b

12/2017

1:5.000

profilo altimetrico sez. 4-4'

scala 1 : 3.000

Parametri di  
riconoscimento:

H = 65,8 m  
 l = 80 m  
 L = 475 m

Tipologia di  
cresta:

APPUNTITA

Fattore di  
forma H/L:

0,14

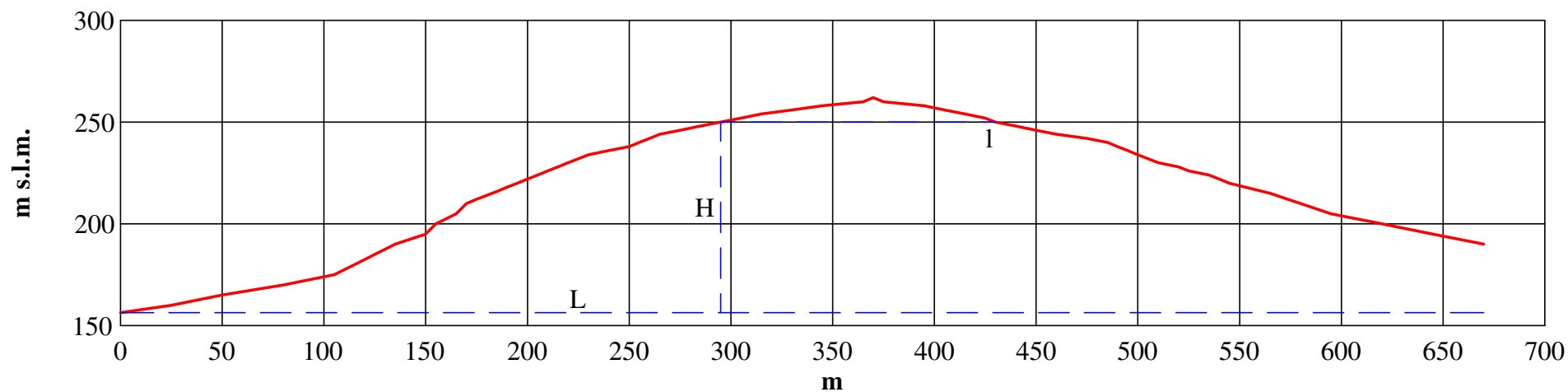
Fattore di  
amplificazione Fa:**1,17**Fa soglia 0,1-0,5 s  
St = 1,2

1,17 ± 0,1 &lt; 1,2

**VERIFICATO**

profilo altimetrico sez. 5-5'

scala 1 : 3.000

Parametri di  
riconoscimento:

H = 93,6 m  
 l = 135 m  
 L = 670 m

Tipologia di  
cresta:

APPUNTITA

Fattore di  
forma H/L:

0,14

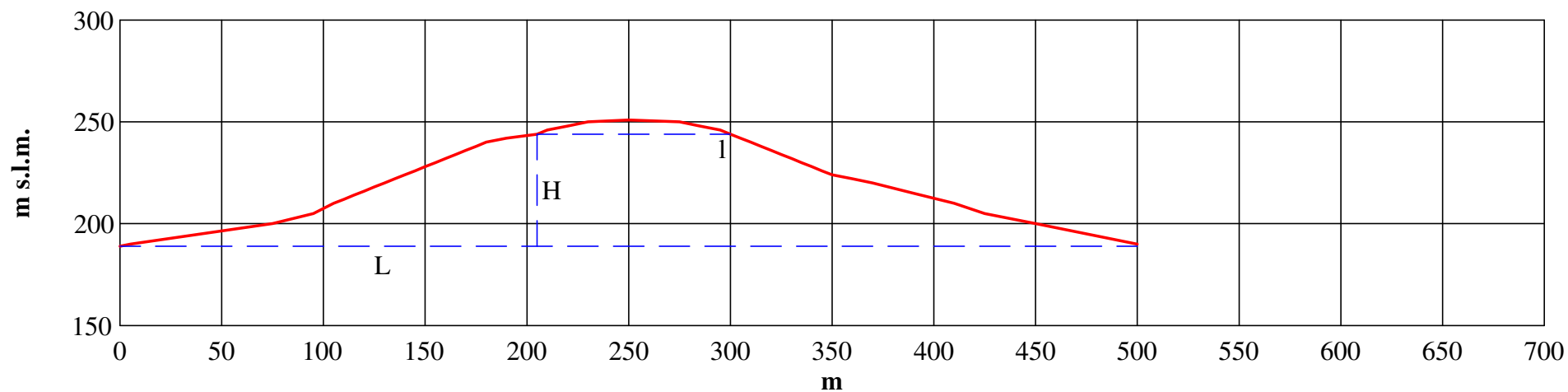
Fattore di  
amplificazione Fa:**1,17**Fa soglia 0,1-0,5 s  
St = 1,2

1,17 ± 0,1 &lt; 1,2

VERIFICATO

profilo altimetrico sez. 6-6'

scala 1 : 3.000

Parametri di  
riconoscimento:

H = 55,1 m  
 l = 95 m  
 L = 500 m

Tipologia di  
cresta:

APPUNTITA

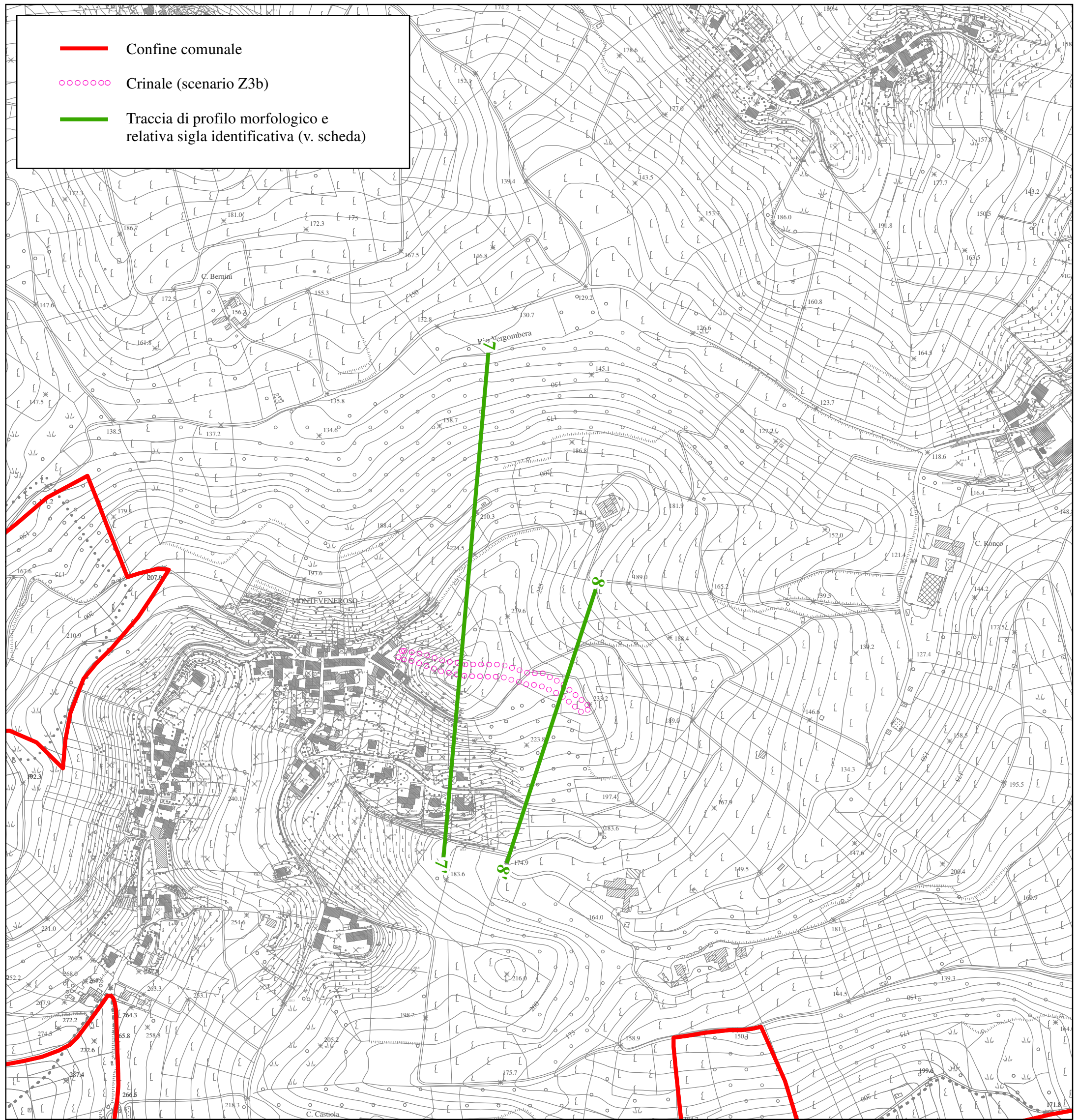
Fattore di  
forma H/L:

0,11

Fattore di  
amplificazione  $F_a$ :**1,13**Fa soglia 0,1-0,5 s  
St = 1,2

1,13 ± 0,1 &lt; 1,2

VERIFICATO



- Confine comunale
- - - - - Crinale (scenario Z3b)
- Traccia di profilo morfologico e relativa sigla identificativa (v. scheda)

**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**  
**COMPONENTE GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO**  
 AGGIORNAMENTO ALLA CLASSIFICAZIONE SISMICA  
 DI REGIONE LOMBARDIA (D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014)  
 E ADEGUAMENTO ALLE DISPOSIZIONI DI CUI ALLA D.G.R. n. X/6738 del 19.06.2017  
 (art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005; D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011)



**ANALISI DEL RISCHIO SISMICO**  
**2° LIVELLO**  
*CARTA DELLE AMPLIFICAZIONI SISMICHE LOCALI*

**ALLEGATO 1c**  
*EFFETTI MORFOLOGICI - CRESTE (scenario Z3b)*

UNIONE DI COMUNI LOMBARDA  
 "PRIMA COLLINA"

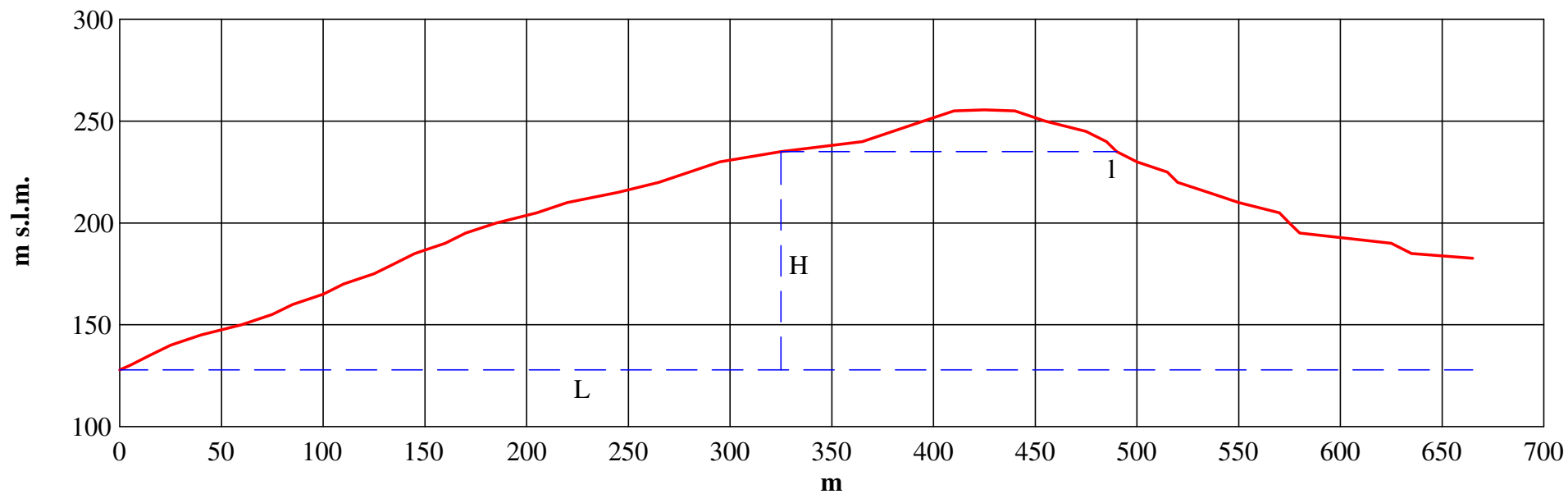
TAVOLA 1c

12/2017

1:5.000

profilo altimetrico sez. 7-7'

scala 1 : 3.000

Parametri di  
riconoscimento:

H = 107,2 m  
l = 165 m  
L = 665 m

Tipologia di  
cresta:

APPUNTITA

Fattore di  
forma H/L:

0,16

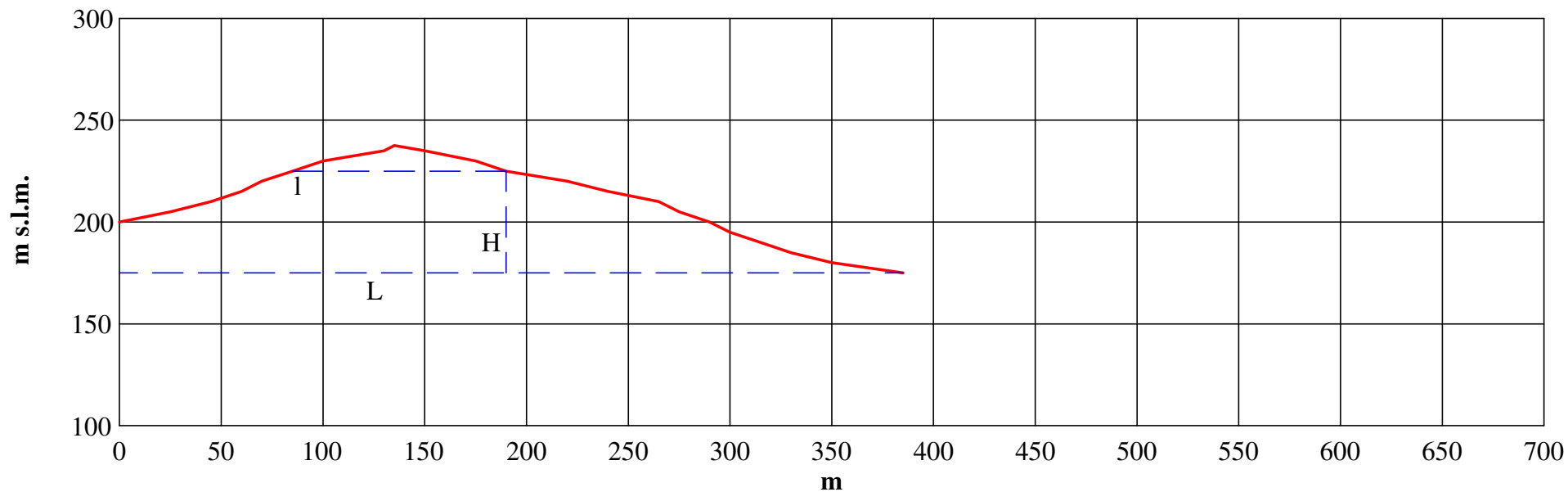
Fattore di  
amplificazione Fa:**1,19**Fa soglia 0,1-0,5 s  
St = 1,2

1,19 ± 0,1 &lt; 1,2

**VERIFICATO**

profilo altimetrico sez. 8-8'

scala 1 : 3.000

Parametri di  
riconoscimento:

H = 50 m  
 l = 105 m  
 L = 385 m

Tipologia di  
cresta:

APPUNTITA

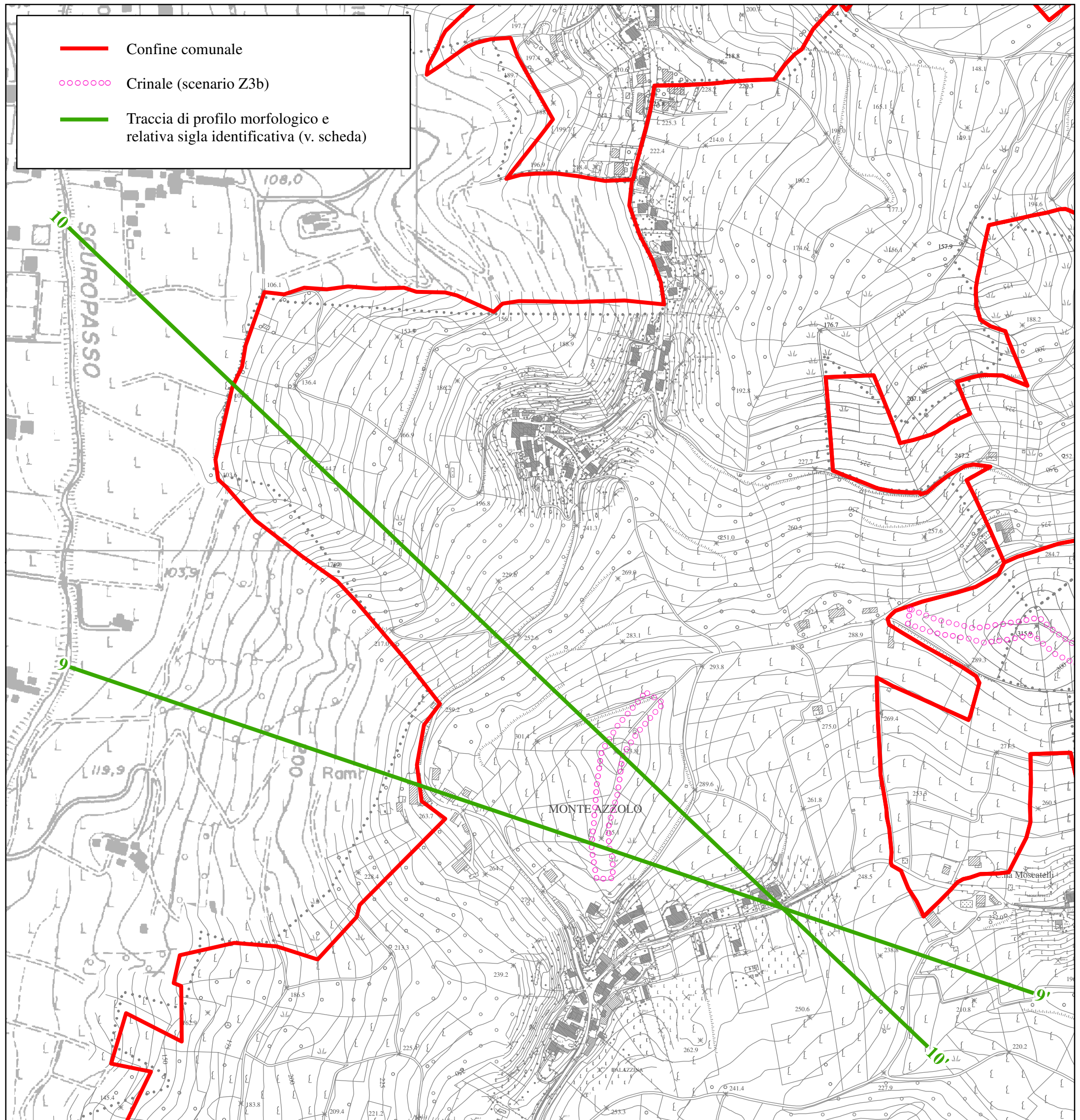
Fattore di  
forma H/L:

0,13

Fattore di  
amplificazione Fa:**1,16**Fa soglia 0,1-0,5 s  
St = 1,2

1,16 ± 0,1 &lt; 1,2

VERIFICATO



- Confine comunale
- ⋯⋯⋯⋯ Crinale (scenario Z3b)
- Traccia di profilo morfologico e relativa sigla identificativa (v. scheda)

**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**  
**COMPONENTE GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO**  
 AGGIORNAMENTO ALLA CLASSIFICAZIONE SISMICA  
 DI REGIONE LOMBARDIA (D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014)  
 E ADEGUAMENTO ALLE DISPOSIZIONI DI CUI ALLA D.G.R. n. X/6738 del 19.06.2017  
 (art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005; D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011)



**ANALISI DEL RISCHIO SISMICO**  
 2° LIVELLO  
 CARTA DELLE AMPLIFICAZIONI SISMICHE LOCALI

**ALLEGATO 1d**  
 EFFETTI MORFOLOGICI - CRESTE (scenario Z3b)

UNIONE DI COMUNI LOMBARDA  
 "PRIMA COLLINA"

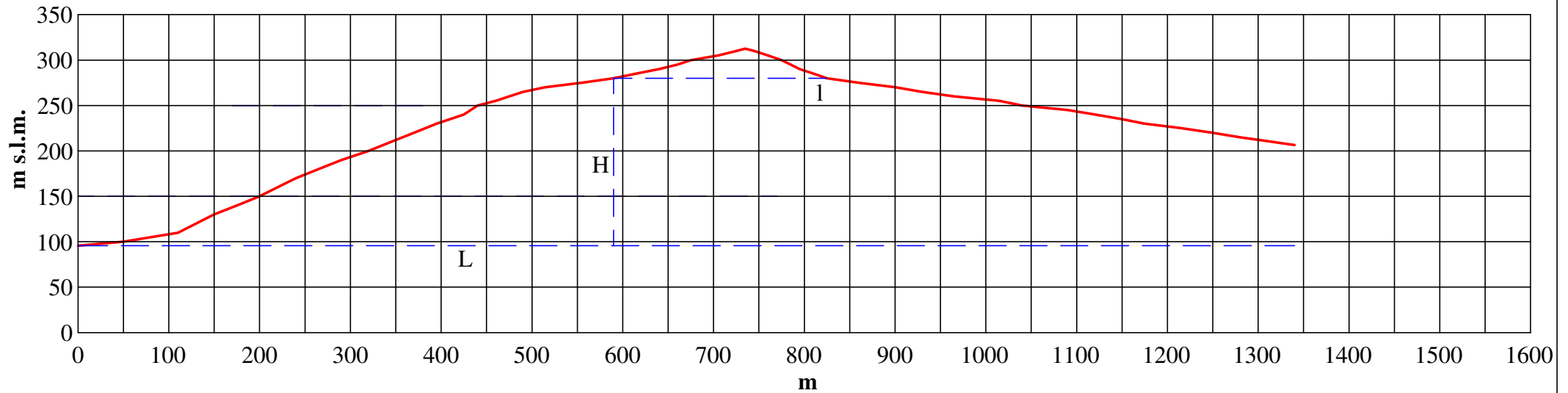
TAVOLA 1d

12/2017

1:5.000

**profilo altimetrico sez. 9-9'**

**scala 1 : 6.000**



Parametri di  
riconoscimento:

H = 184,4 m  
l = 235 m  
L = 1340 m

Tipologia di  
cresta:

APPUNTITA

Fattore di  
forma H/L:

0,14

Fattore di  
amplificazione Fa:

**1,17**

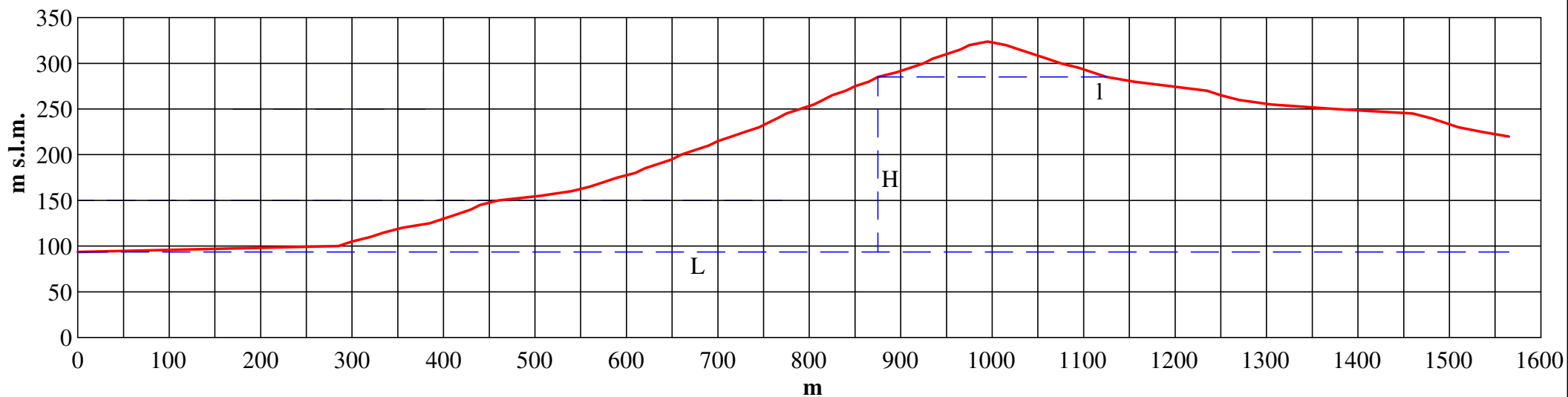
Fa soglia 0,1-0,5 s  
St = 1,2

1,17 ± 0,1 < 1,2

VERIFICATO

**profilo altimetrico sez. 10-10'**

**scala 1 : 6.000**



Parametri di  
riconoscimento:

H = 191,4 m  
l = 250 m  
L = 1565 m

Tipologia di  
cresta:

APPUNTITA

Fattore di  
forma H/L:

0,12

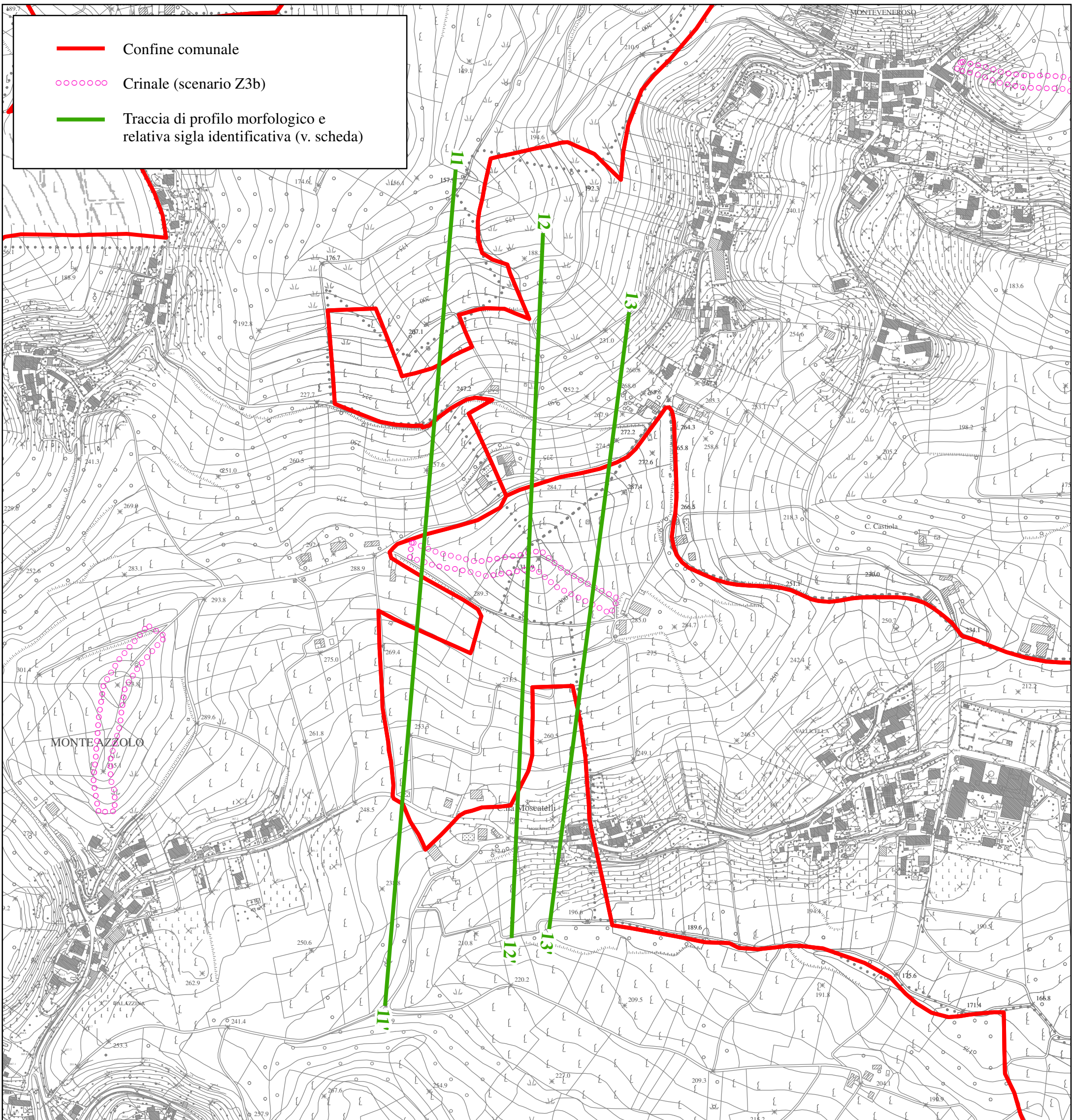
Fattore di  
amplificazione Fa:

**1,14**

Fa soglia 0,1-0,5 s  
St = 1,2

1,14 ± 0,1 < 1,2

VERIFICATO



**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**  
**COMPONENTE GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO**  
 AGGIORNAMENTO ALLA CLASSIFICAZIONE SISMICA  
 DI REGIONE LOMBARDIA (D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014)  
 E ADEGUAMENTO ALLE DISPOSIZIONI DI CUI ALLA D.G.R. n. X/6738 del 19.06.2017  
 (art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005; D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011)

**ANALISI DEL RISCHIO SISMICO**  
 2° LIVELLO  
 CARTA DELLE AMPLIFICAZIONI SISMICHE LOCALI

ALLEGATO 1e  
 EFFETTI MORFOLOGICI - CRESTE (scenario Z3b)

TAVOLA 1e

12/2017

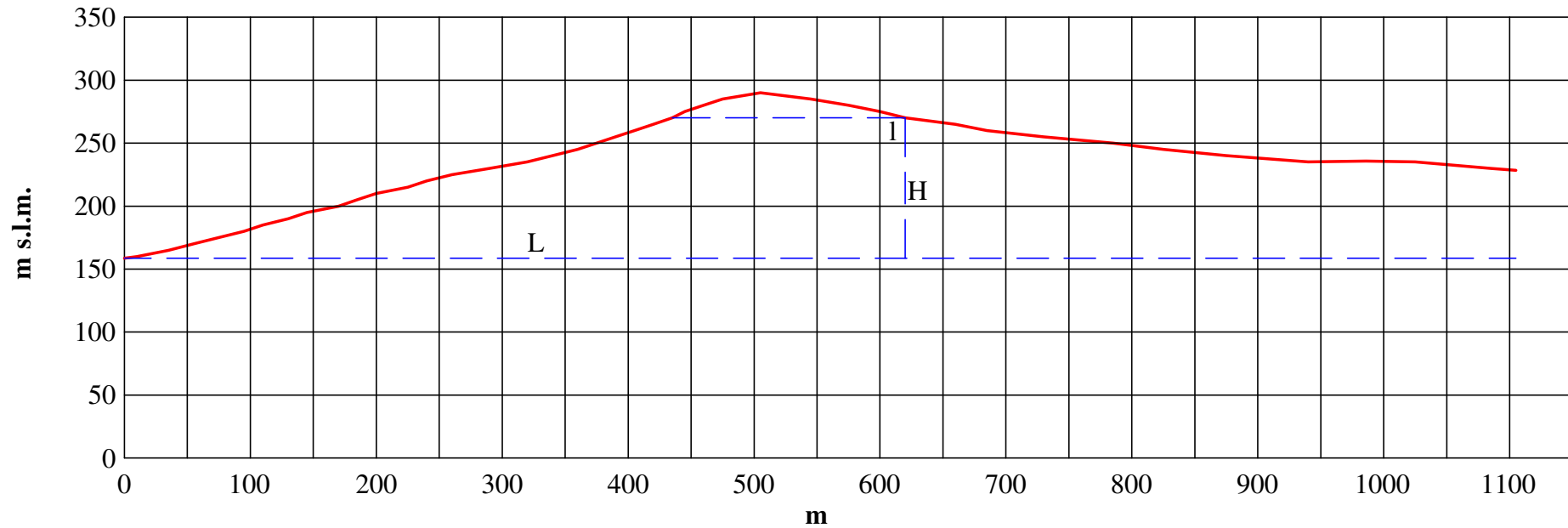
1:5.000



UNIONE DI COMUNI LOMBARDA  
 "PRIMA COLLINA"

## profilo altimetrico sez. 11-11'

scala 1 : 5.000

Parametri di  
riconoscimento:

H = 111,4 m  
 l = 185 m  
 L = 1105 m

Tipologia di  
cresta:

APPUNTITA

Fattore di  
forma H/L:

0,10

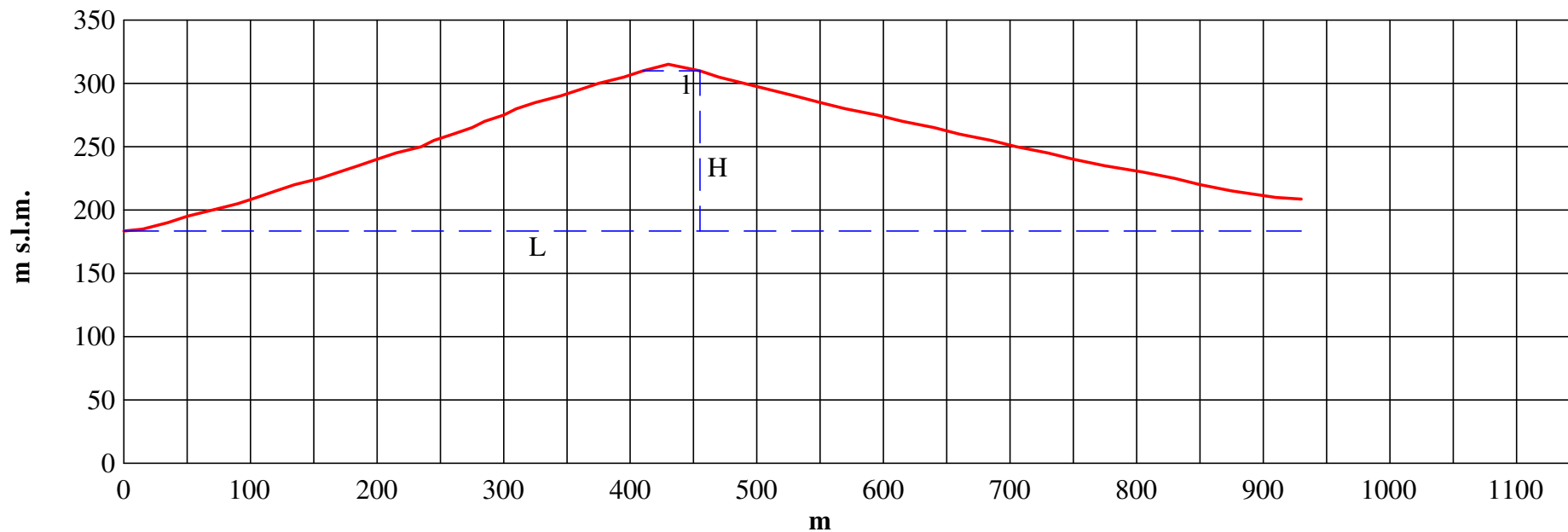
Fattore di  
amplificazione  $F_a$ :**1,12**Fa soglia 0,1-0,5 s  
St = 1,2

1,12 ± 0,1 &lt; 1,2

**VERIFICATO**

**profilo altimetrico sez. 12-12'**

**scala 1 : 5.000**



Parametri di  
riconoscimento:

H = 126,6 m  
l = 45 m  
L = 930 m

Tipologia di  
cresta:

APPUNTITA

Fattore di  
forma H/L:

0,14

Fattore di  
amplificazione Fa:

**1,17**

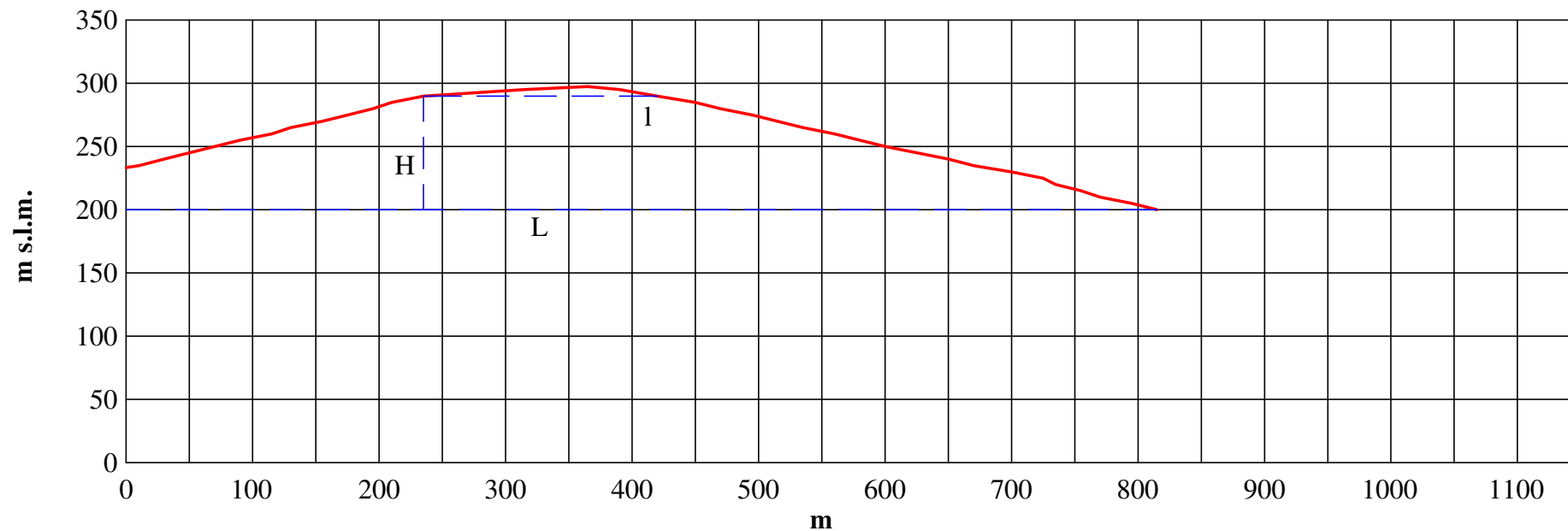
Fa soglia 0,1-0,5 s  
St = 1,2

1,17 ± 0,1 < 1,2

VERIFICATO

profilo altimetrico sez. 13-13'

scala 1 : 5.000

Parametri di  
riconoscimento:

H = 90 m  
 l = 185 m  
 L = 815 m

Tipologia di  
cresta:

APPUNTITA

Fattore di  
forma H/L:

0,11

Fattore di  
amplificazione Fa:**1,13**Fa soglia 0,1-0,5 s  
St = 1,2

1,13 ± 0,1 &lt; 1,2

VERIFICATO

## **7 - SCENARI A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE Z4 – DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE**

---

### **7.1 - SCENARI A PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE Z4a (FONDOVALLE CON DEPOSITI ALLUVIONALI)**

---

Come già sottolineato, nel caso delle valli fluviali con presenza di depositi alluvionali, il fattore che influenza maggiormente l'amplificazione del moto sismico in superficie è la focalizzazione delle onde sismiche in aree prossime al bordo valle, a causa della genesi di onde superficiali o per incidenza delle onde di volume sull'interfaccia obliqua roccia-sedimento del bordo stesso.

Con l'analisi di primo livello precedentemente condotta si era proceduto ad una valutazione qualitativa delle litologie presenti. Con l'analisi di secondo livello, di seguito illustrata, si è invece provveduto ad analizzare nel dettaglio lo scenario Z4a attraverso lo studio dei dati litostratigrafici e attraverso specifiche indagini geofisiche per la ricostruzione delle Vs con la profondità (di seguito indicato come profilo geofisico).

Gli approfondimenti richiesti dall'analisi sismica di secondo livello hanno comportato in primo luogo la definizione delle Vs con la profondità nelle zone oggetto di indagini sismiche di dettaglio, al fine di ricostruire per ciascuna zona il profilo Vs<sub>30</sub>, cioè sino alla profondità indicativa di 30 m dal piano campagna, e quindi il valore caratteristico Vs<sub>30</sub>, in funzione del quale si determina la categoria di sottosuolo ai sensi della Tab. 3.2.II delle N.T.C., tenendo presente la seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

Successivamente il profilo sismico di ciascuna area di indagine è stato rielaborato secondo le metodologie previste dalla normativa regionale per la determinazione del Fa.

Nello specifico, la procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, è stata individuata la litologia prevalente presente nel sito, per la quale è stata scelta la relativa scheda di valutazione di riferimento, tenendo presente che attualmente sono disponibili:

- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- una scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.

Una volta individuata la scheda di riferimento si è reso necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità; in particolare è stato verificare l'andamento delle Vs con la profondità partendo dalla scheda tipo 1. Nel caso in cui non è risultata verificata la validità per valori di Vs inferiori ai 600 m/s, si è passati all'utilizzo della scheda tipo 2.

All'interno della scheda di valutazione si è scelto, in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0,1-0,5 s e nell'intervallo 0,5-1,5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T. Il valore di Vs dello strato superficiale riportato nella scheda è da intendersi come limite massimo di ogni intervallo.

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è stato calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 * \sum_{i=1}^n h_i}{\frac{\sum_{i=1}^n V_{si} * h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}}$$

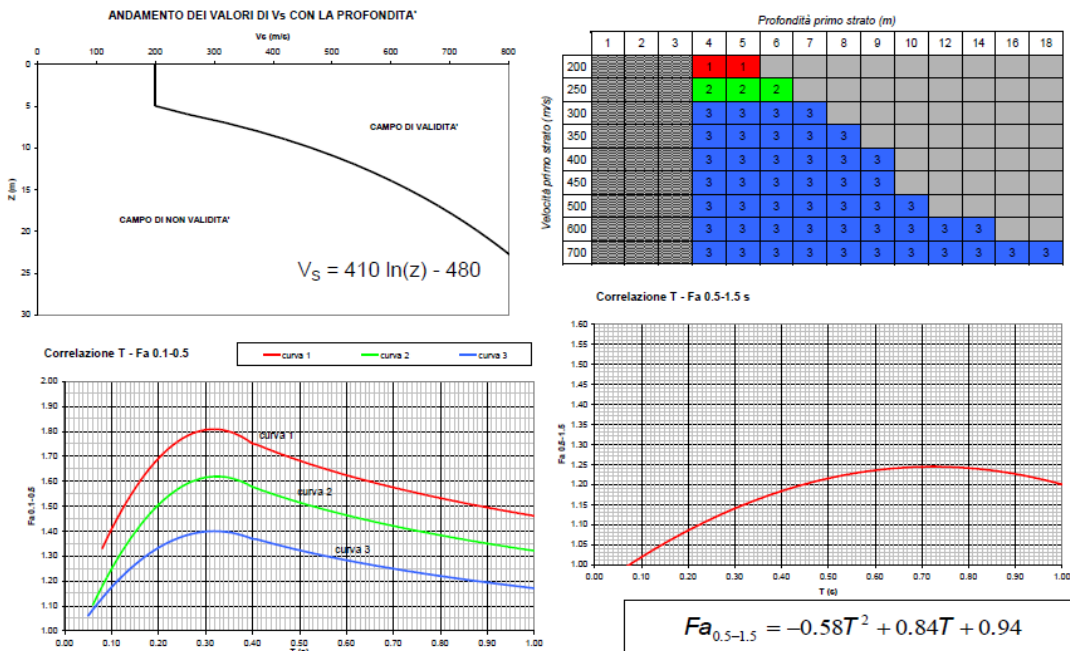
ove  $h_i$  e  $V_{si}$  sono lo spessore e la velocità dello strato  $i$ -esimo del modello.

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA

**PARAMETRI INDICATIVI**

**GRANULOMETRIA:**  
Da ghiaie e ciottoli con blocchi a ghiaie e sabbie limose debolmente argillose passando per ghiaie con sabbie limose, ghiaie sabbiose, ghiaie con limo debolmente sabbiose e sabbie con ghiaie

**NOTE:**  
Comportamento granulare  
Struttura granulo-sostenuta  
Frazione ghiaiosa superiore al 35%  
Frequenti clasti con  $D_{max} > 20$  cm  
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 65%  
Matrice limoso - argillosa fino ad un massimo del 30% con frazione argillosa subordinata (fino al 5%)  
Presenza di eventuali trovanti con  $D > 50$  cm  
Presenza di eventuali orizzonti localmente cementati



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.46 - 0.32LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -7.4T^2 + 4.8T + 0.84$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.32 - 0.28LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.17 - 0.22LnT$

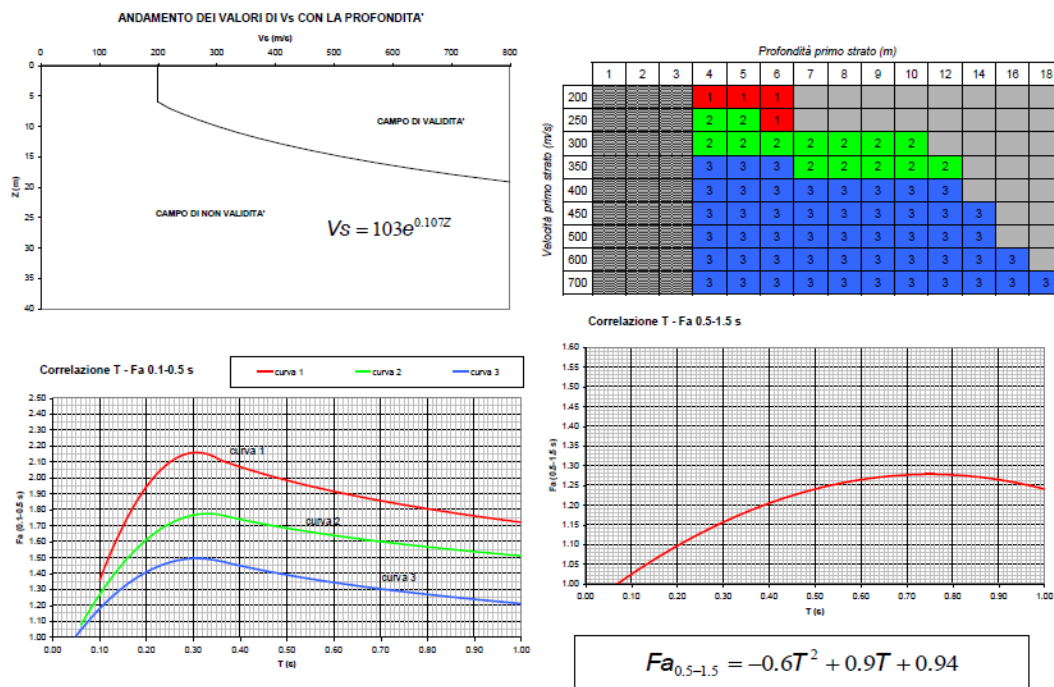
Figura 25: Scheda di valutazione per i depositi alluvionali di fondovalle a prevalenza ghiaiosa (Z4a) - Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011.

EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 1

**PARAMETRI INDICATIVI**

**GRANULOMETRIA:**  
Da limi ghiaioso – argillosi debolmente sabbiosi ad argille con limi passando per limi argillosi, limi con sabbie argillose, limi e sabbie con argille, argille ghiaiose, argille ghiaiose debolmente limose ed argille con sabbie debolmente limose

**NOTE:**  
Comportamento coesivo  
Struttura matrice-sostenuta  
Frazione limosa superiore al 40%  
Presenza di clasti immersi con  $D_{max} < 2-3$  cm  
Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 25%  
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 35%  
Frazione argillosa compresa tra 20% e 60%  
Presenza di eventuali sottili orizzonti ghiaioso fini e sabbioso medio-grossolani



**Profondità primo strato (m)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
200				1	1	1								
250				2	2	1								
300				2	2	2	2	2	2	2				
350				3	3	3	2	2	2	2	3			
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3		
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -18.7T^2 + 11.5T + 0.39$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.72 - 0.38LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

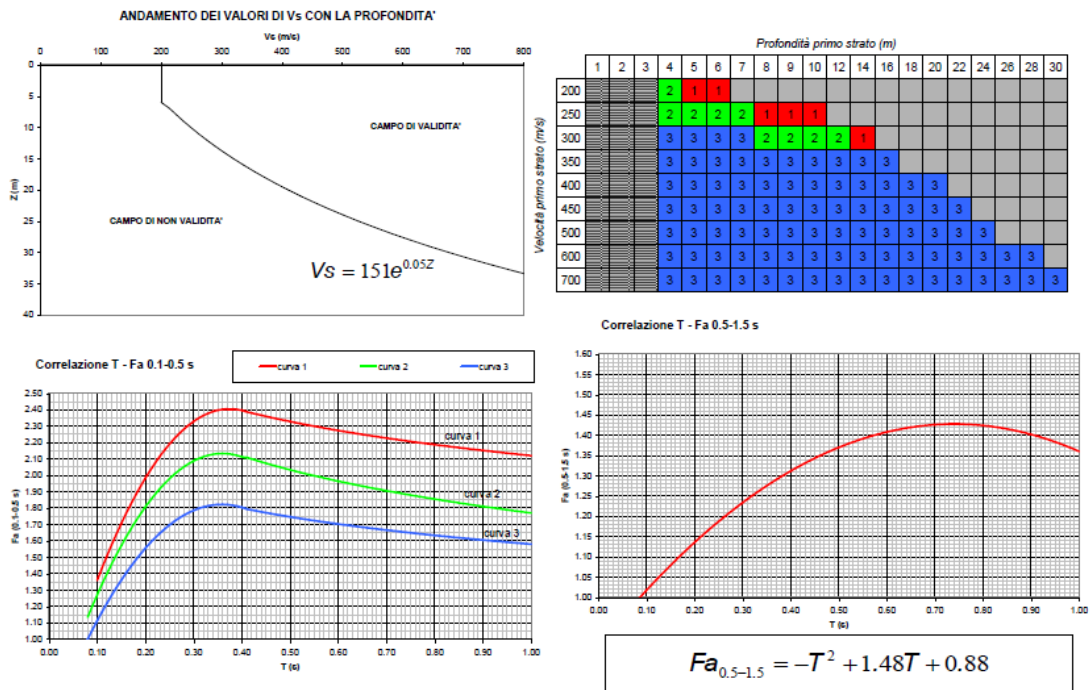
Figura 26: Scheda di valutazione per i depositi alluvionali di fondovalle a prevalenza limoso-argillosa di tipo 1 (Z4a) - Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011.

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 2

**PARAMETRI INDICATIVI**

GRANULOMETRIA e NOTE: come per la litologia limoso - argillosa TIPO 1, a cui in aggiunta è possibile associare i seguenti range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per argille con limi ghiaiosi debolmente sabbiosi:

PARAMETRO		INTERVALLO
Peso di volume naturale	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	19.5-20.0
Peso specifico particelle solide	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	25.7-26.7
Contenuto d'acqua naturale	w [%]	20-25
Limite di liquidità	w <sub>l</sub> [%]	30-50
Limite di plasticità	w <sub>p</sub> [%]	15-20
Indice di plasticità	I <sub>p</sub> [%]	15-30
Indice dei vuoti	e	0.5-0.7
Grado di saturazione	S <sub>r</sub> [%]	90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K <sub>0</sub>	0.5-0.6
Indice di compressione	C <sub>c</sub>	0.15-0.30
Indice di rigonfiamento	C <sub>s</sub>	0.02-0.06
Coefficiente di consolidazione secondaria	C <sub>α</sub>	0.001-0.005
Grado di consolidazione	OCR	1-3
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N <sub>spt</sub>	15-30



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

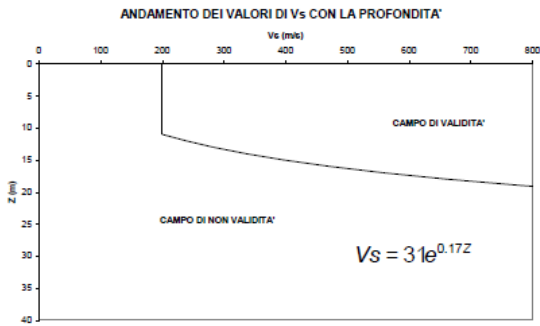
Figura 27: Scheda di valutazione per i depositi alluvionali di fondovalle a prevalenza limoso-argillosa di tipo 2 (Z4a) - Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011.

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 1

**PARAMETRI INDICATIVI**

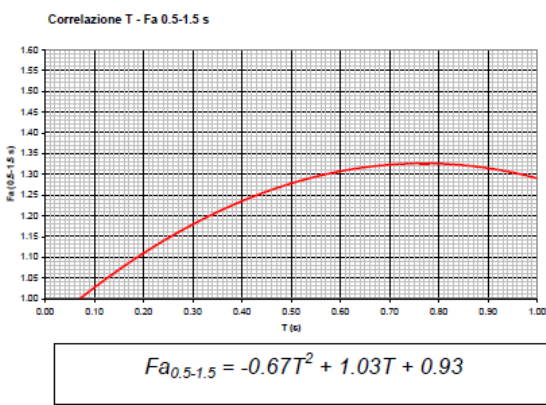
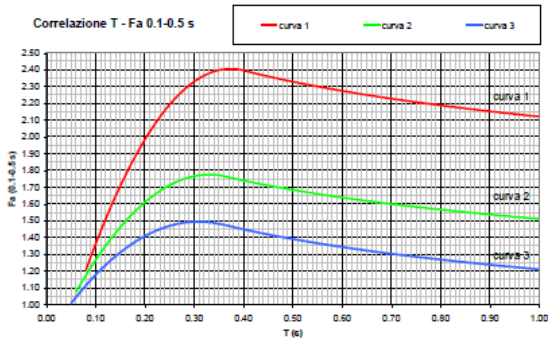
**GRANULOMETRIA:**  
Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

**NOTE:**  
Comportamento coesivo  
Frazione limosa ad un massimo del 95%  
Presenza di clasti immersi con  $D_{max} < 2-3$  cm  
Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%  
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%  
Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%  
A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi



Profondità primo strato (m)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
200				1	1	1	1	1	1	1	1	1						
250				2	2	2	2	2	2	2	2	2						
300				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2				
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

Figura 28: Scheda di valutazione per i depositi alluvionali di fondovalle a prevalenza limoso-sabbiosa di tipo 1 (Z4a) - Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011.

Il presente elaborato è di proprietà intellettuale esclusiva di Dott. Geol. Paola. La riproduzione o distribuzione (totale o parziale) deve essere preventivamente autorizzata.

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2

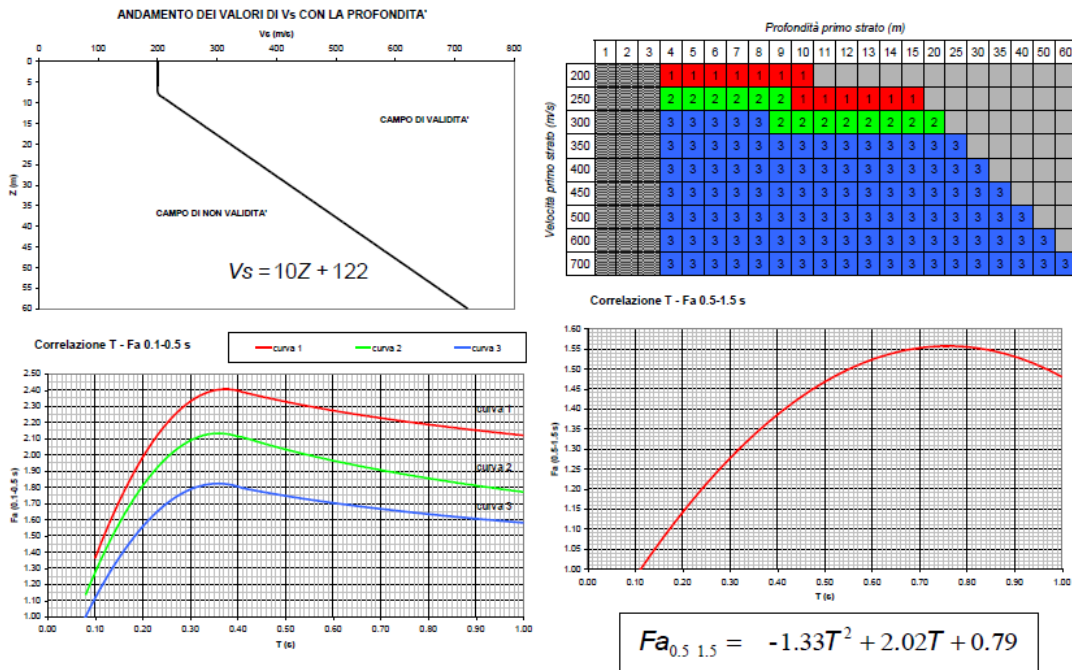
**PARAMETRI INDICATIVI**

**GRANULOMETRIA:**  
Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

**NOTE:**  
Comportamento coesivo  
Frazione limosa ad un massimo del 95%  
Presenza di clasti immersi con  $D_{max} < 2-3$  cm  
Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%  
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%  
Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%  
A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi

**FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO**

PARAMETRO	INTERVALLO
Peso di volume naturale	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) 18.5-19.5
Peso specifico particelle solide	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> ) 26.0-27.9
Contenuto d'acqua naturale	w (%) 25-30
Limite di liquidità	W <sub>L</sub> (%) 25-35
Limite di plasticità	W <sub>p</sub> (%) 15-20
Indice di plasticità	I <sub>p</sub> (%) 5-15
Indice dei vuoti	e 0.6-0.9
grado di saturazione	S <sub>v</sub> (%) 90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K <sub>0</sub> 0.4-0.5
Indice di compressione	C <sub>c</sub> 0.10-0.30
Indice di rigonfiamento	C <sub>s</sub> 0.03-0.05
Coefficiente di consolidazione secondaria	C <sub>α</sub> 0.002-0.006
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N <sub>60</sub> 0-20



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

Figura 29: Scheda di valutazione per i depositi alluvionali di fondovalle a prevalenza limoso-sabbiosa di tipo 2 (Z4a) - Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011.

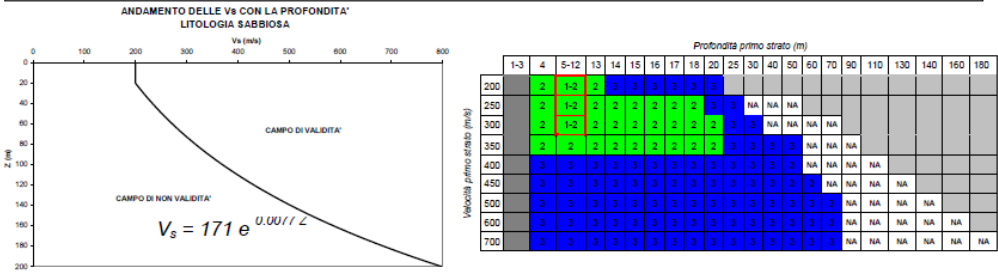
Il presente elaborato è di proprietà intellettuale esclusiva di Dott. Geol. Paola. La riproduzione o distribuzione (totale o parziale) deve essere preventivamente autorizzata.

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

**PARAMETRI INDICATIVI**

**GRANULOMETRIA:**  
Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

**NOTE:**  
Comportamento granulare  
Struttura granulo-sostenuta  
Clasti con  $D_{max} > 20$  cm inferiori al 15%  
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%  
Frazione limosa fino ad un massimo del 70%



ove  
la sigla NA indica  $Fa = 1$

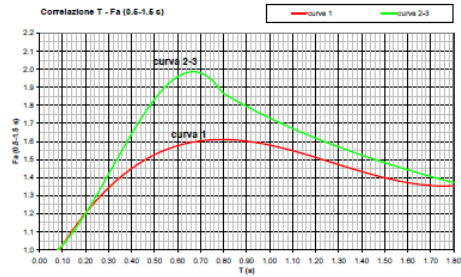
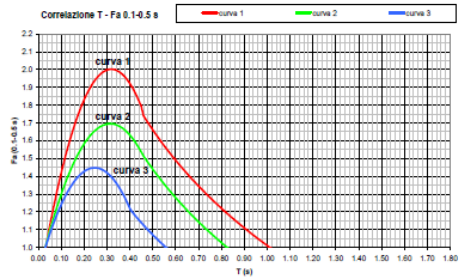
il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1  
**CONDIZIONE:** strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media  $V_s$  minore o uguale a 300 m/s poggiate su strato con velocità maggiore di 500 m/s

$V_s < 300$  m/s

$V_s > 500$  m/s

0

5-12 m



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.21 T^2 + 7.73 T + 0.76$	$0.50 \leq T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94 \ln T$	$T > 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	$0.03 \leq T \leq 0.45$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.65 T^2 + 5.44 T + 0.84$	$0.45 \leq T \leq 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88 \ln T$	$T > 0.80$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -9.68 T^2 + 4.77 T + 0.86$	$0.50 \leq T \leq 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65 \ln T$	$T > 0.55$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Curva	$0.08 \leq T \leq 1.80$	
1	$Fa_{0.5-1.5} = 0.57 T^2 - 2.18 T + 2.38 T + 0.81$	
2	$0.08 \leq T < 0.80$	$0.80 \leq T \leq 1.80$
	$Fa_{0.5-1.5} = -6.11 T^3 + 5.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$	$Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61 \ln T$

Figura 30: Scheda di valutazione per i depositi alluvionali di fondovalle a prevalenza sabbiosa (Z4a) - Allegato 5 alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011.

Il presente elaborato è di proprietà intellettuale esclusiva di Dott. Geol. Paola. La riproduzione o distribuzione (totale o parziale) deve essere preventivamente autorizzata.

Il valore di Fa determinato è stato approssimato alla prima cifra decimale ed è stato utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun Comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (soglie\_lomb.xls) e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di Fa con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di  $\pm 0,1$  che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- Fa < St: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e, quindi, si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- Fa > St: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e, quindi, è necessario in fase di progettazione edilizia effettuare analisi più approfondite (analisi di terzo livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:
  - anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
  - anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
  - anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

## 7.2 - METODOLOGIA DI INDAGINE - MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Le prove geofisiche oggetto del presente rapporto hanno riguardato la valutazione della velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali nei terreni interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree ad espansione urbanistica dei Comuni di Canneto Pavese, Castana e Montescano, facenti parte dell'Unione di Comuni di Prima Collina.

Quanto sopra, al fine di definire il parametro  $V_{S30}$  secondo quanto previsto da O.P.C.M. 3274 e s.m.i. e D.M. 14.01.2008. La caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico richiede la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  degli strati di terreno presenti nel sito, fino alla profondità di almeno 30 m dal piano campagna, secondo quanto richiesto dalle sopra citate normative. Secondo quanto previsto dal programma d'indagine, sono state realizzate n. 3 indagini sismiche con metodologia M.A.S.W..

### 7.2.1 - UBICAZIONE DEGLI STENDIMENTI SISMICI

Le indagini sono state eseguite in n. 3 zone considerate significative vista la loro posizione. L'ubicazione delle aree è riportata nelle figure seguenti.



Figura 31: Ubicazione dello stendimento sismico in corrispondenza dell'area di indagine 1, situata tra le località Beria e Vignalone, in Comune di Canneto Pavese.



Figura 32: Ubicazione dello stendimento sismico in corrispondenza dell'area di indagine 2, situata in Comune di Montescano.



Figura 33: Ubicazione dello stendimento sismico in corrispondenza dell'area di indagine 3, situata presso la località Molinazzo, in Comune di Montescano.

## **7.2.2 - DESCRIZIONE METODOLOGICA D'INDAGINE**

---

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, scoppi, ecc..

### **Moto del segnale sismico**

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi, ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P** - Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S** - Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L** - Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R** - Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

### **Onde di Rayleigh - "R"**

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P, S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

### **Analisi del segnale con tecnica MASW**

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (*Teorema di Fourier*), i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette *armoniche del segnale*. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica, il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato, dove è possibile identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali e osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità - frequenza è detto *spettro di dispersione*. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta *curva di dispersione sperimentale* e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

## Modellizzazione

A partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle onde P, è possibile simulare la curva di dispersione teorica che lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta *inversione* e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

## Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale, è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

## Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

### 7.2.3 - STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'esecuzione dell'indagine si è utilizzato un sismografo a 24 canali, modello ECHO 24/2002 della Ambrogeo di Rivergaro (PC), con le seguenti principali impostazioni utilizzate:

Campionamento: 0.131 msec  
Convertitore A/D 16 bit  
Guadagno singoli canali: 100 dB  
Distorsione: 0.01%  
Risposta in frequenza: 7 - 950 Hz



Lo strumento è collegato ad un PC notebook via cavo, sul quale è installato il programma di acquisizione Ambrogeo 7.0. I ricevitori sono geofoni con frequenza propria 4.5 Hz. Le energizzazioni sono fornite da una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Operativamente si è realizzata una linea sismica con 24 geofoni con interdistanza 2 m ed energizzazioni a 2 m, 4 m e 6 m di distanza dal primo ed ultimo geofono dello stendimento.

## 7.2.4 - INTERPRETAZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Per l'elaborazione è stato utilizzato il software Easy Masw della Geostru Software e si è sviluppata in due fasi:

1. determinazione della curva di dispersione e valutazione dello spettro di velocità;
2. inversione della curva di dispersione interpretata, mediante picking di un modo dell'onda di Rayleigh e successiva applicazione di algoritmi genetici.

La sovrapposizione delle curve teoriche e sperimentali fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante.

### AREA DI INDAGINE 1- Loc. Beria-Vigalone, Canneto Pavese (PV)

#### Tracce

<b>N. tracce</b>	24
<b>Durata acquisizione [ms]</b>	1000.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	2.0
<b>Periodo di campionamento [ms]</b>	0.131

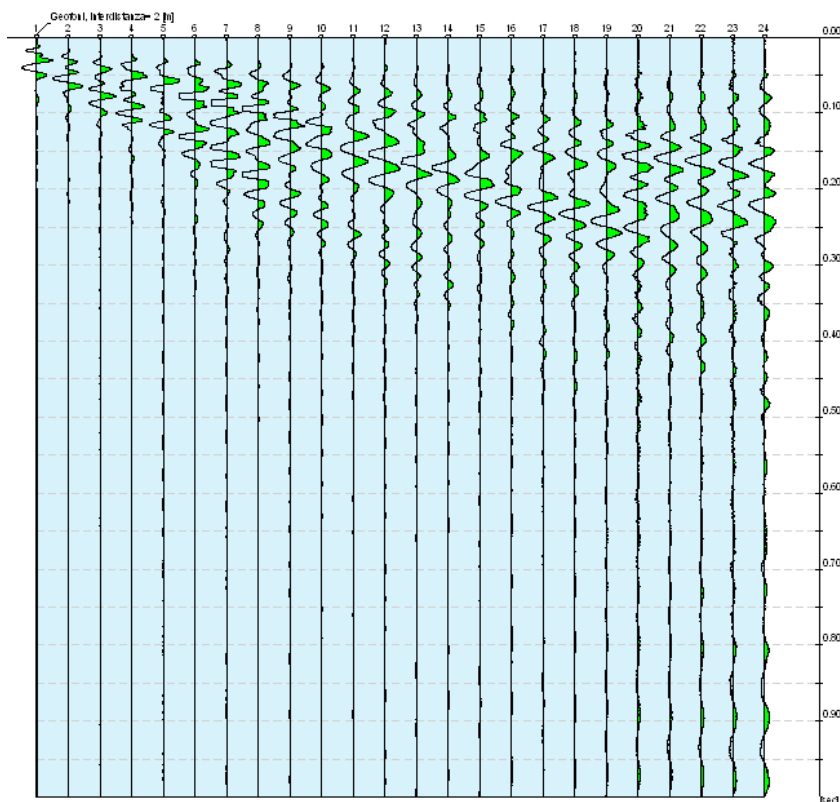


Figura 34: Sismogramma stendimento MASW.

## Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/s]	1
Velocità massima di elaborazione [m/s]	800
Intervallo velocità [m/s]	1

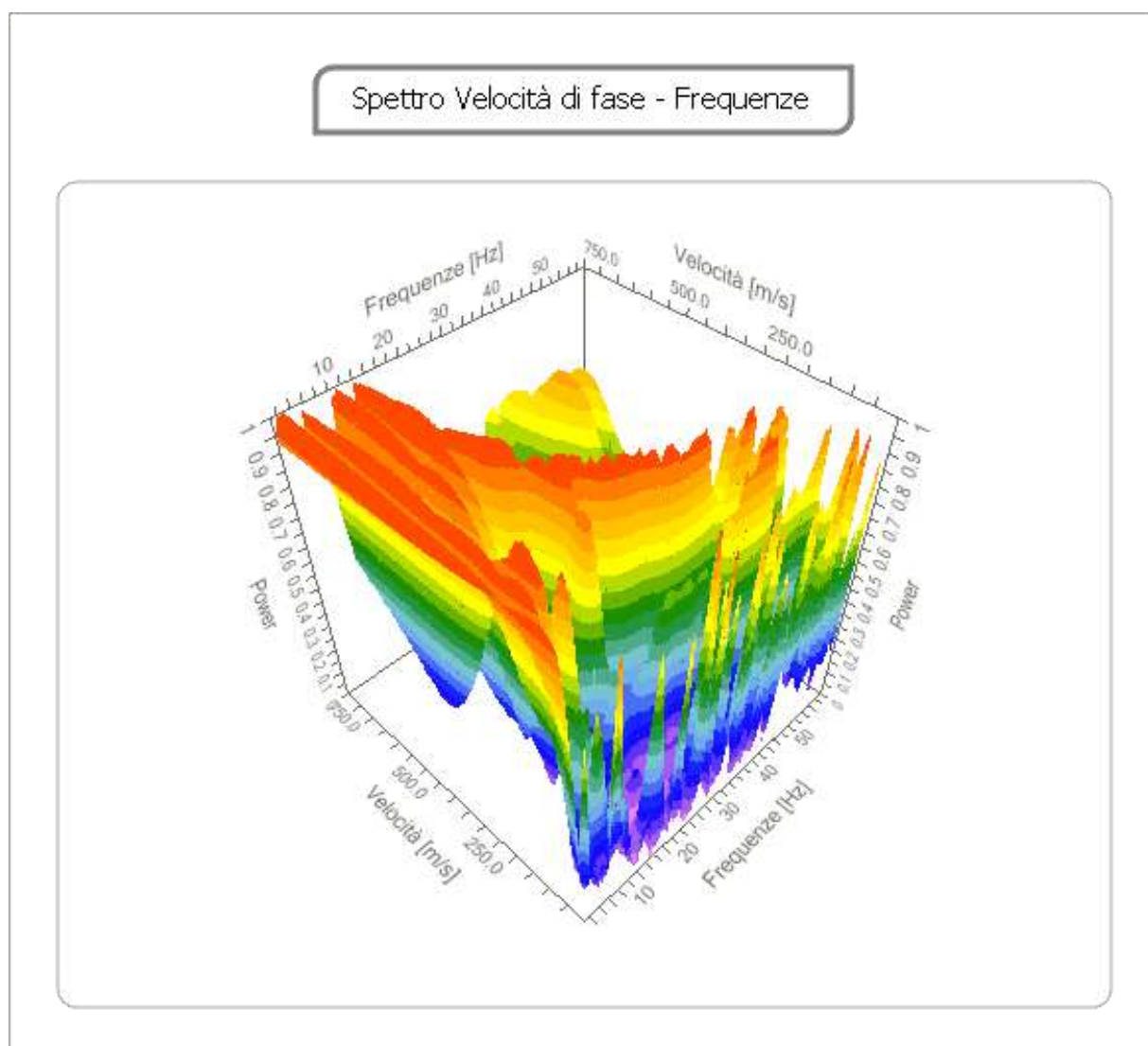


Figura 35: Analisi spettrale.

### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.0	321.0	0
2	4.9	341.5	0
3	7.7	394.0	0
4	10.6	438.5	0
5	13.5	456.5	0
6	16.4	445.3	0
7	19.3	411.5	0
8	22.2	366.5	0
9	25.1	322.3	0
10	28.4	285.4	0
11	30.9	266.3	0
12	33.7	247.1	0
13	36.6	237.5	0
14	39.4	234.3	0
15	42.2	231.1	0
16	45.0	227.9	0
17	48.0	224.7	0
18	51.1	226.0	0
19	53.9	218.3	0
20	56.4	215.1	0

Tabella 11: Parametri della curva di dispersione.

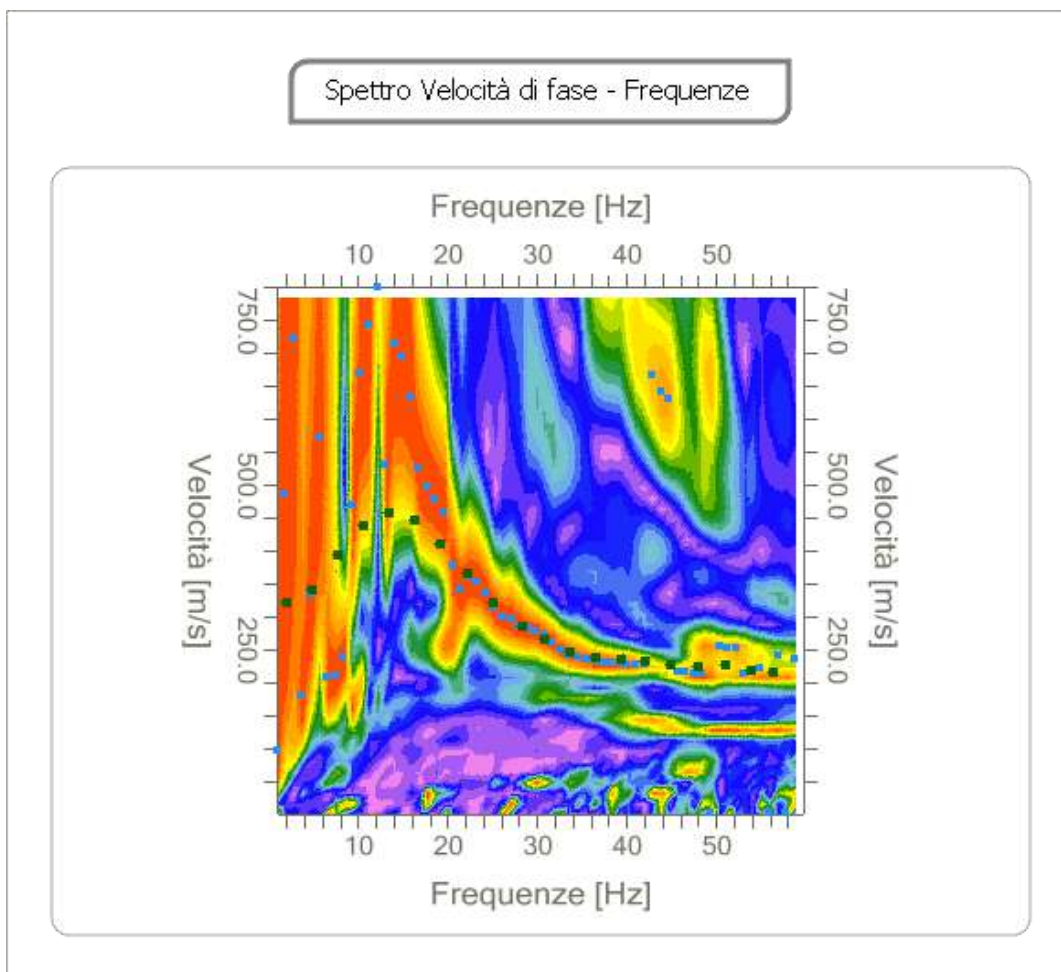


Figura 36: Curva di dispersione stendimento MASW.

### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.98	3.98	1800.0	0.3	438.4	234.3
2	7.17	3.19	1800.0	0.3	715.3	382.3
3	12.56	5.39	1800.0	0.3	772.1	412.7
4	17.76	5.20	1800.0	0.3	816.8	436.6
5	29.31	11.55	1800.0	0.3	812.2	434.1
6	∞	∞	1900.0	0.3	810.7	433.3

Tabella 12: Valori dell'inversione.

Percentuale di errore

1.125%

Fattore di disadattamento della soluzione

0.091

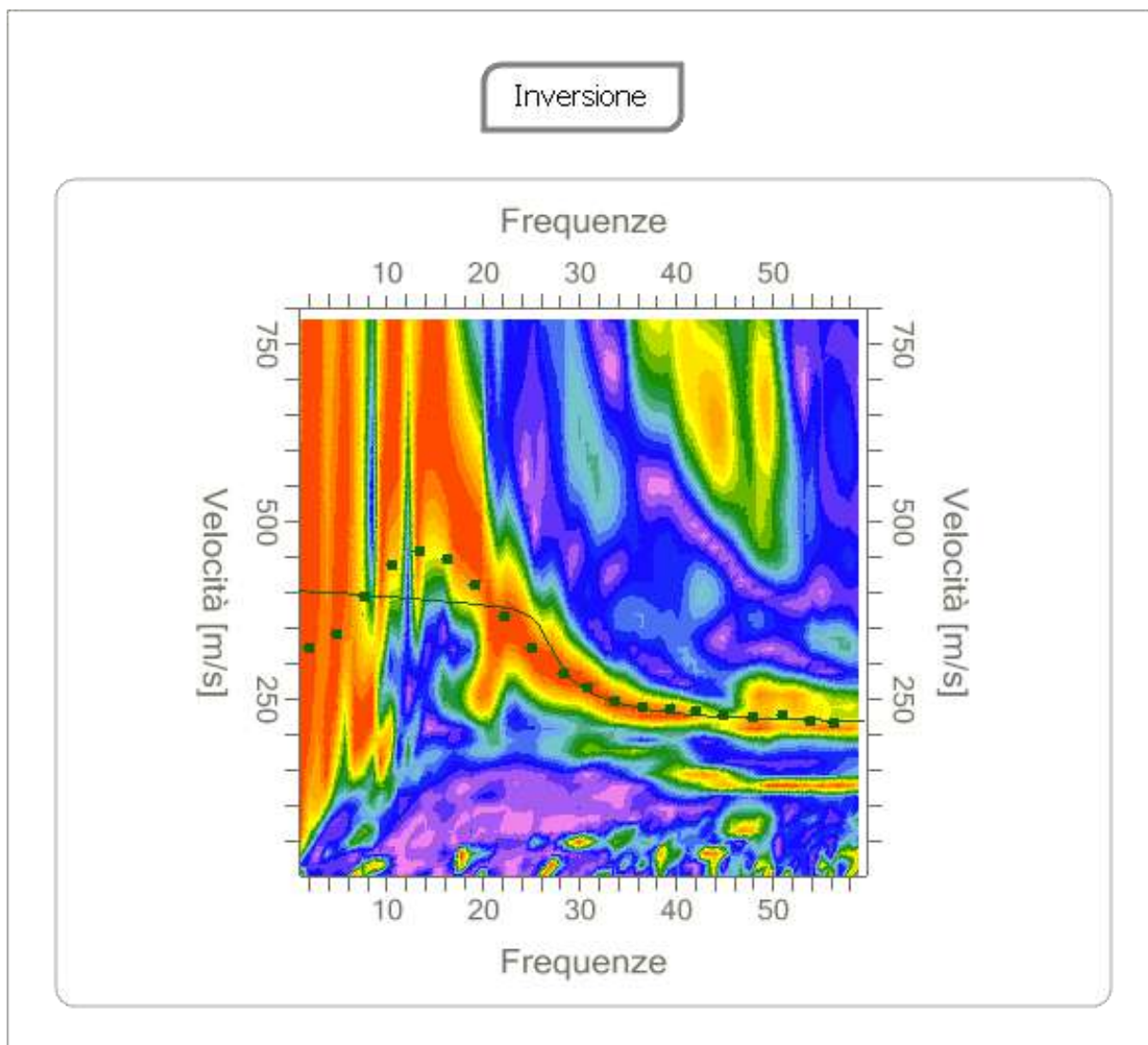


Figura 37: Inversione.

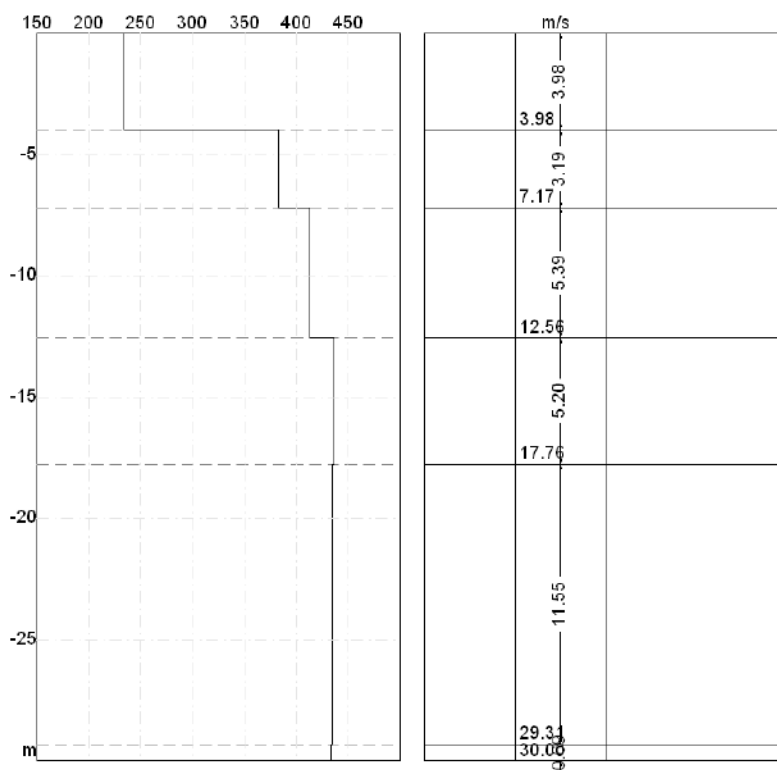
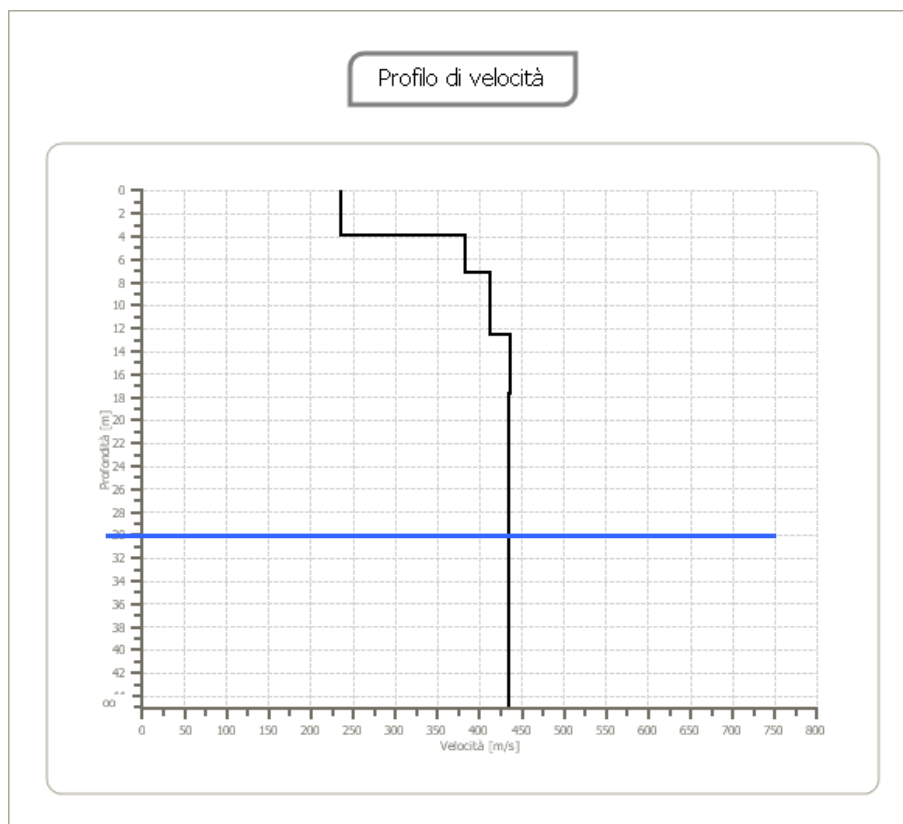


Figura 38: Modello risultante dall'inversione dei dati - Sismostratigrafia.

## AREA DI INDAGINE 2 - Montescano (PV)

### Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [ms]	1000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [ms]	0.131

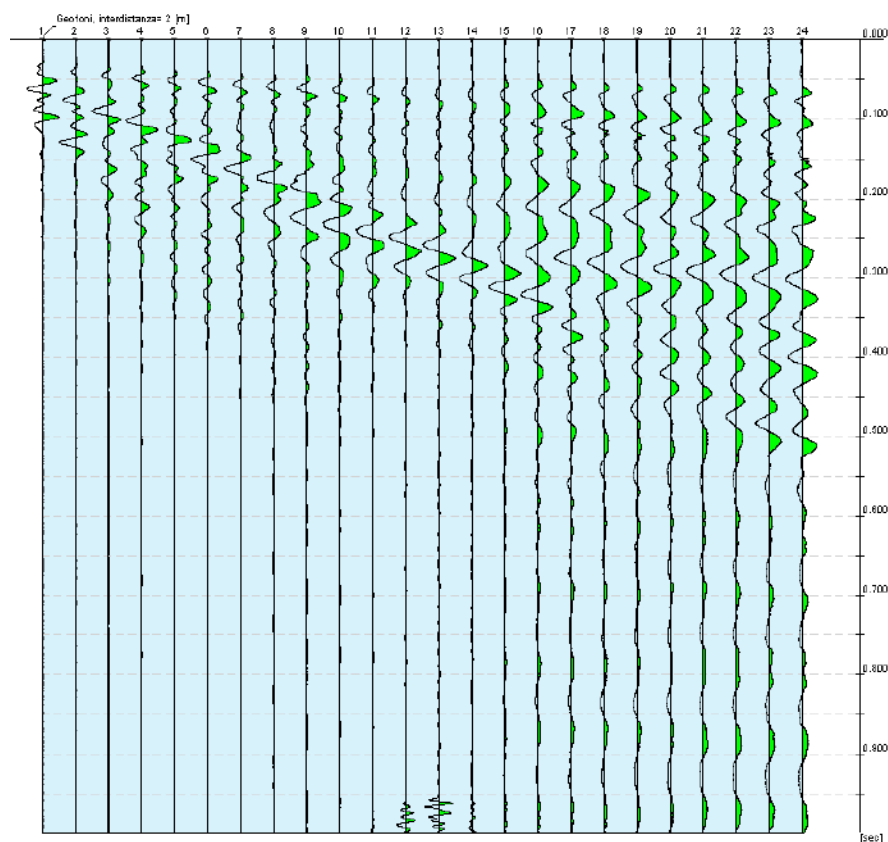


Figura 36: Sismogramma stendimento MASW.

### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/s]	1
Velocità massima di elaborazione [m/s]	800
Intervallo velocità [m/s]	1

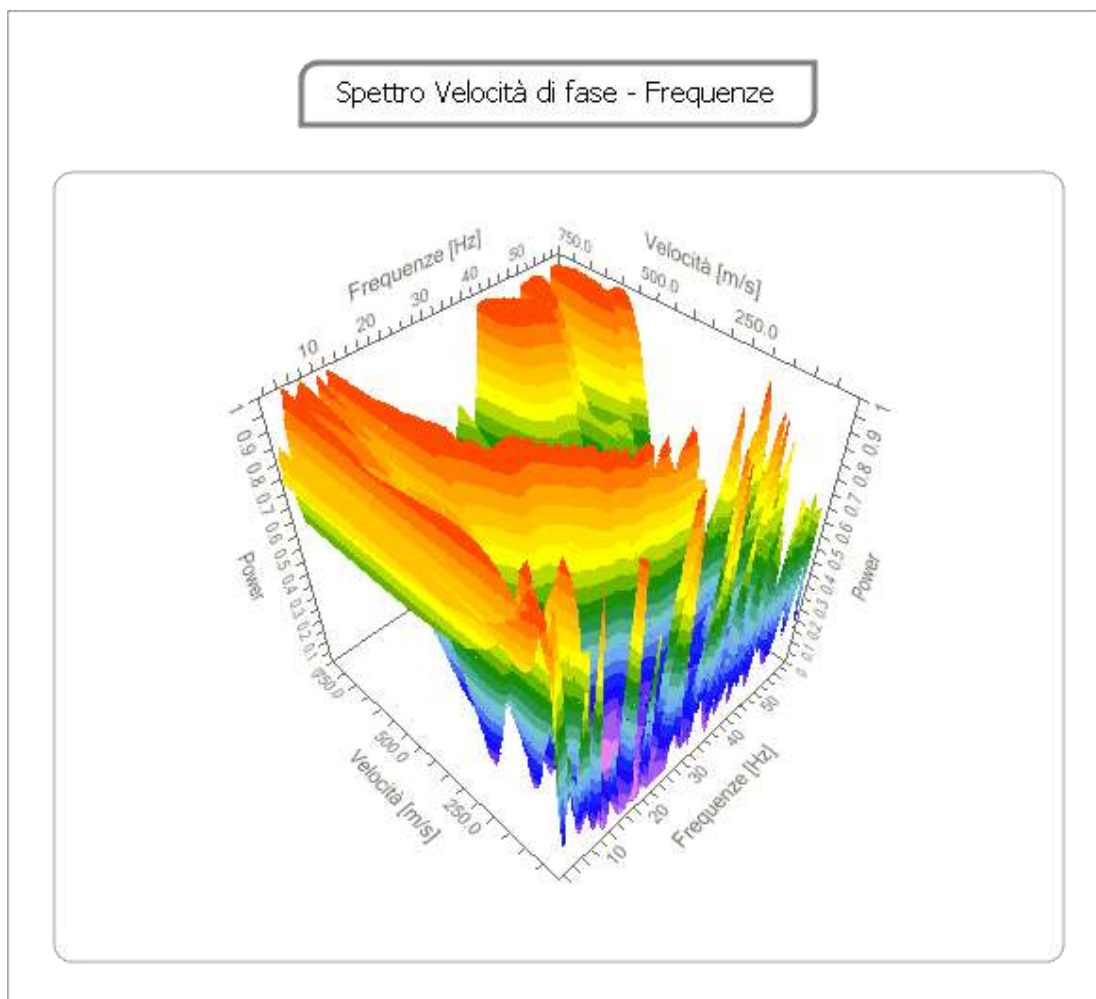


Figura 39: Analisi spettrale.

### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.1	343.9	0
2	5.8	400.5	0
3	8.9	436.3	0
4	11.3	460.1	0
5	14.7	445.6	0
6	16.6	406.9	0
7	20.1	355.4	0
8	22.9	303.8	0
9	25.8	262.0	0

UNIONE DI COMUNI LOMBARDA "PRIMA COLLINA"  
 PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO - COMPONENTE GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO  
 AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA  
 (art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005; D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011; D.G.R. n. X/2129 del 11.07.2014;  
 D.G.R. n. X/6738 del 19.06.2017; D.G.R. n. XI/6702 del 18 luglio 2022)

**RI - RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

10	28.6	216.9	0
11	31.4	197.5	0
12	34.5	181.4	0
13	37.1	171.8	0
14	39.7	162.1	0
15	42.7	155.6	0
16	45.8	155.6	0
17	48.4	155.6	0
18	51.5	158.9	0
19	54.5	149.2	0
20	57.3	155.6	0

Tabella 13: Parametri della curva di dispersione.

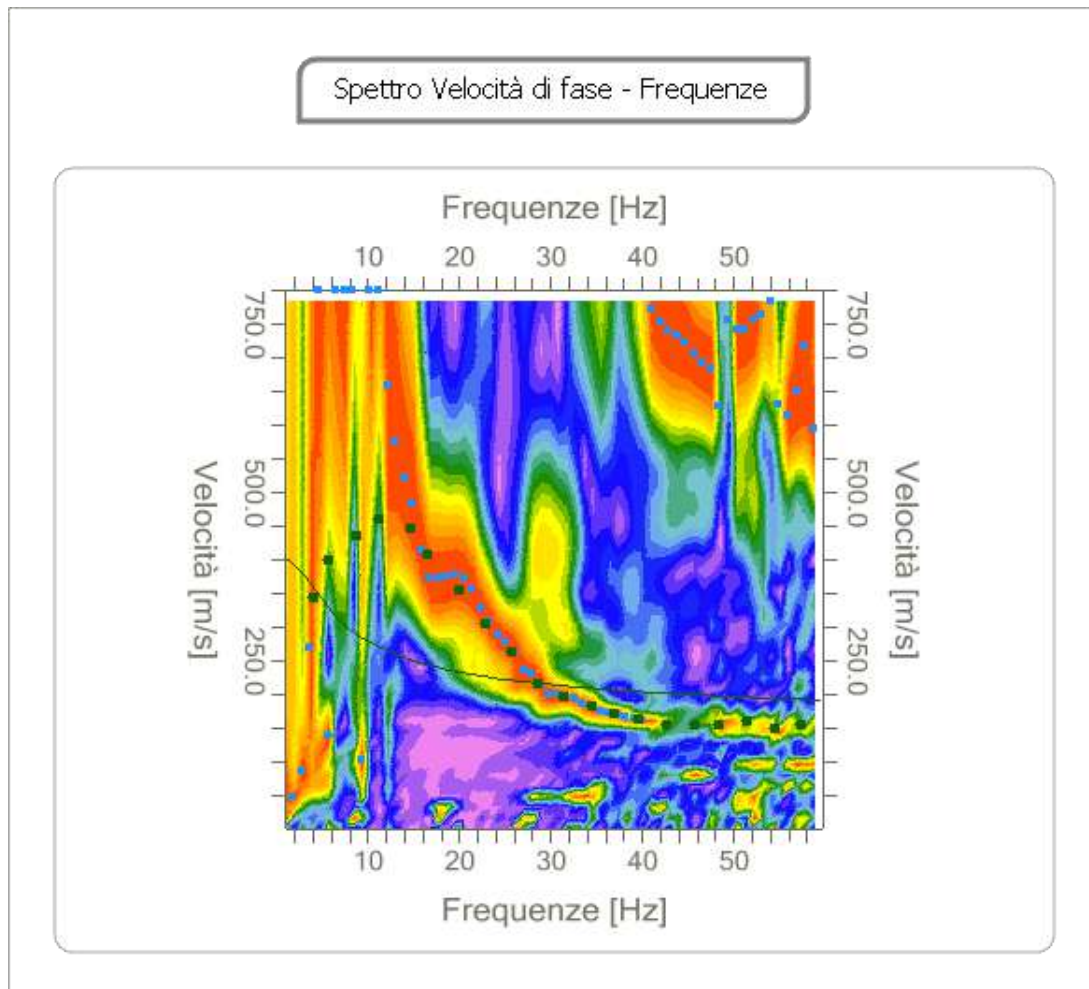


Figura 40: Curva di dispersione stendimento MASW.

## Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.10	2.10	1800.0	0.3	298.6	159.6
2	5.11	3.01	1800.0	0.3	608.9	325.4
3	8.11	3.00	1800.0	0.3	828.6	442.9
4	15.51	7.40	1800.0	0.3	904.4	483.4
5	35.32	19.80	1800.0	0.3	903.5	482.9
6	oo	oo	1900.0	0.3	902.9	482.6

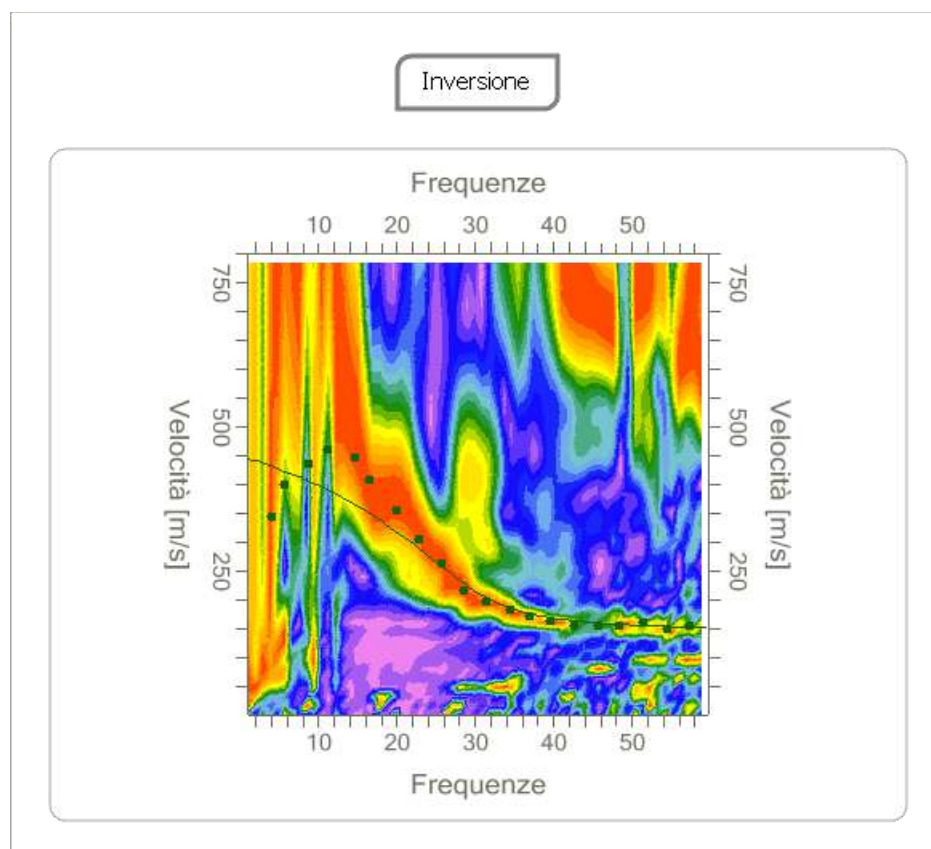
*Tabella 14: Valori dell'inversione.*

Percentuale di errore

1.568%

Fattore di disadattamento della soluzione

0.093



*Figura 41: Inversione.*

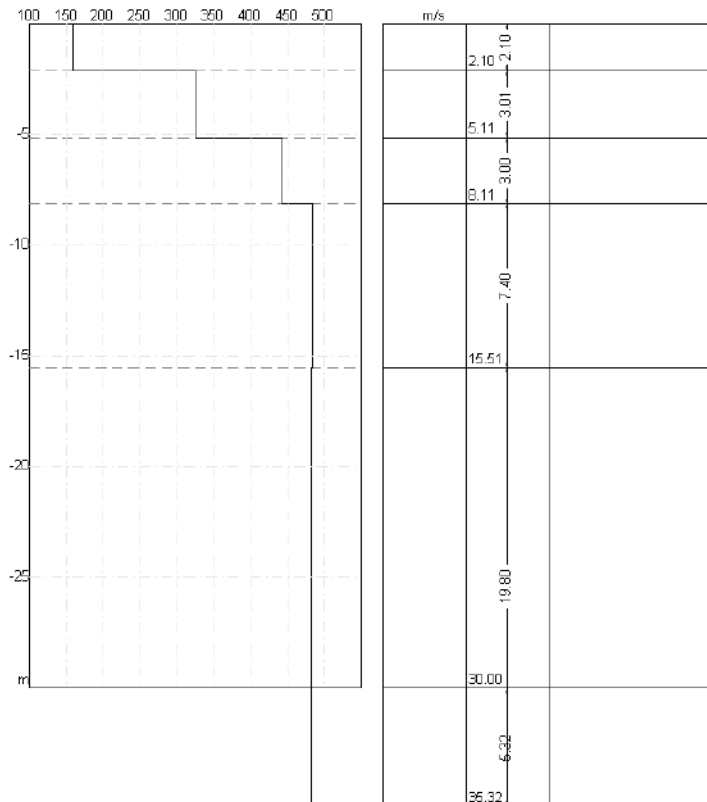
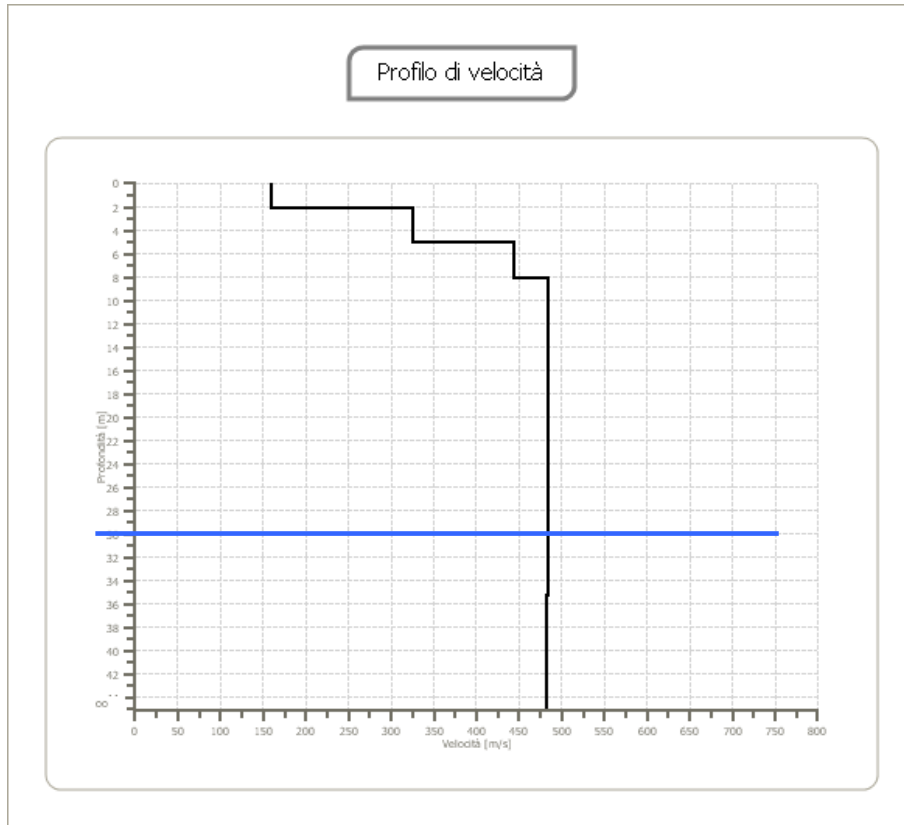


Figura 42: Modello risultante dall'inversione dei dati - Sismostratigrafia.

## AREA DI INDAGINE 3 - Loc. Molinazzo, Montescano (PV)

### Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [ms]	1000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [ms]	0.131

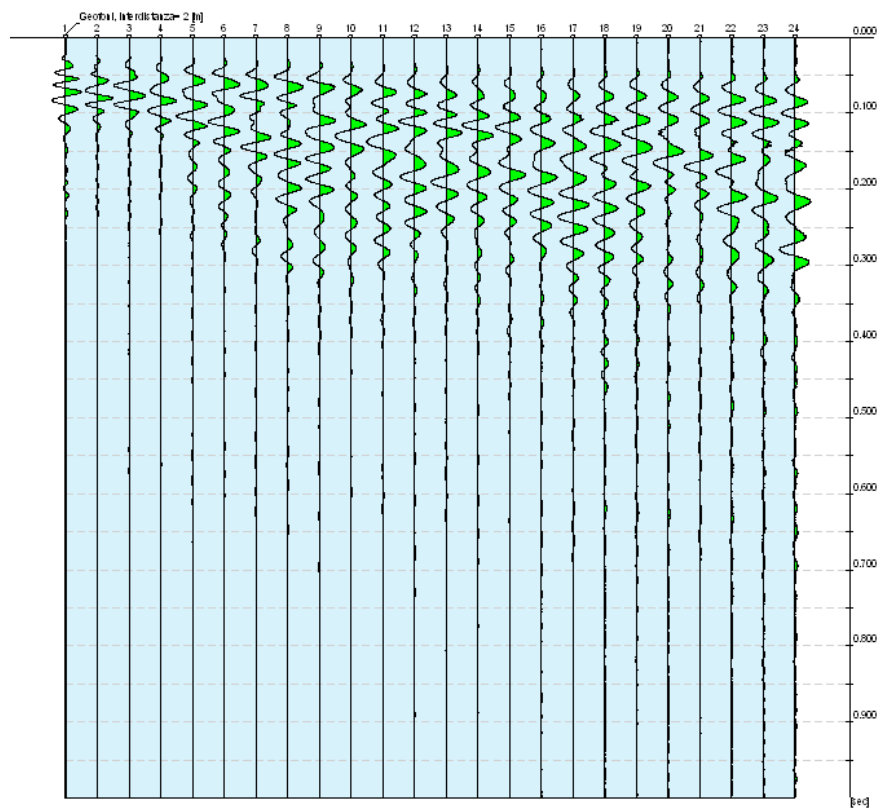


Figura 43: Sismogramma stendimento MASW.

### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/s]	1
Velocità massima di elaborazione [m/s]	800
Intervallo velocità [m/s]	1

### Spettro Velocità di fase - Frequenze

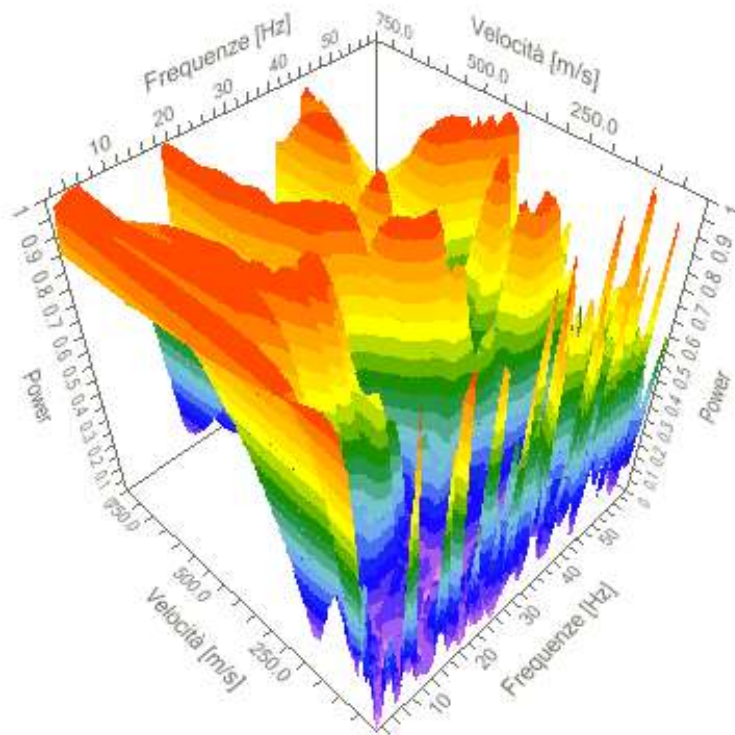


Figura 44: Analisi spettrale.

### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.9	544.1	0
2	5.7	545.2	0
3	8.6	528.7	0
4	11.4	501.7	0
5	14.2	473.7	0
6	17.1	450.9	0
7	19.9	437.4	0

8	22.8	434.8	0
9	25.6	438.7	0
10	28.5	446.7	0
11	31.3	456.7	0
12	34.1	466.3	0
13	37.0	473.1	0
14	39.8	474.7	0
15	42.7	469.7	0
16	45.5	457.9	0
17	48.4	441.3	0
18	51.2	414.1	0
19	54.0	395.6	0
20	56.9	406.3	0

Tabella 15: Parametri della curva di dispersione.

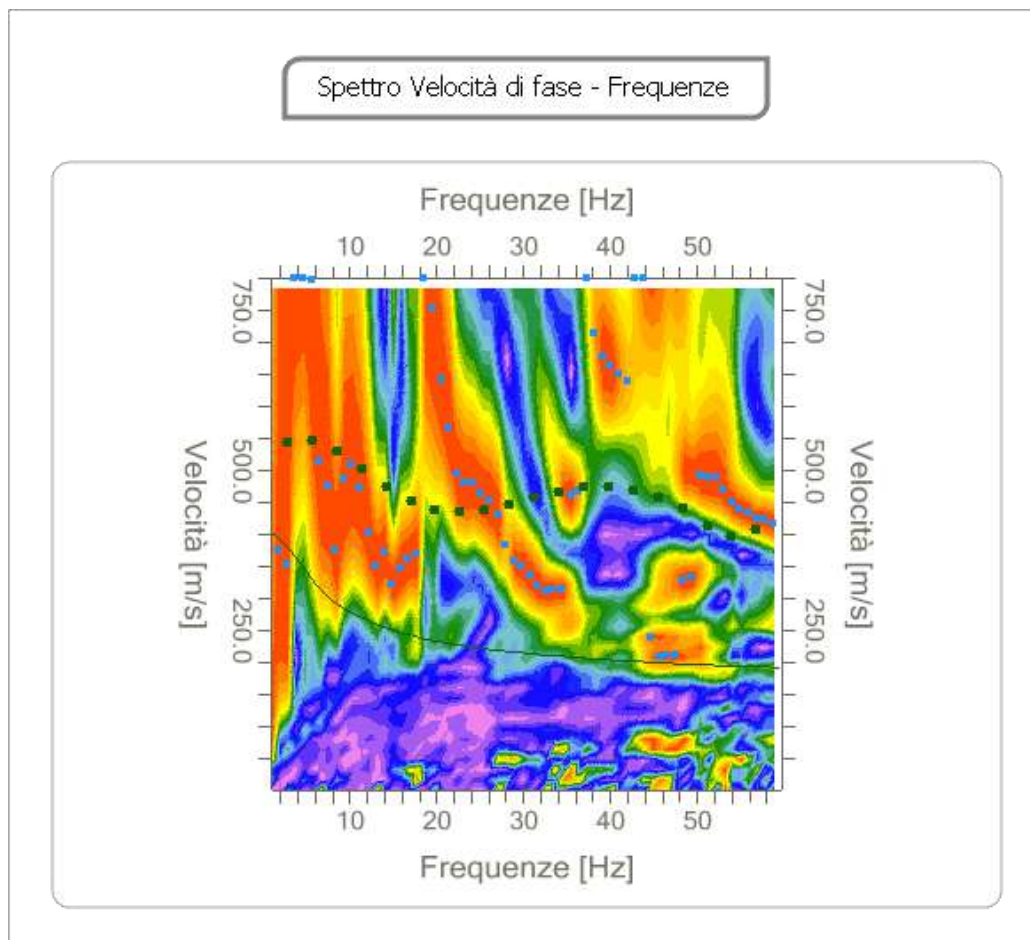


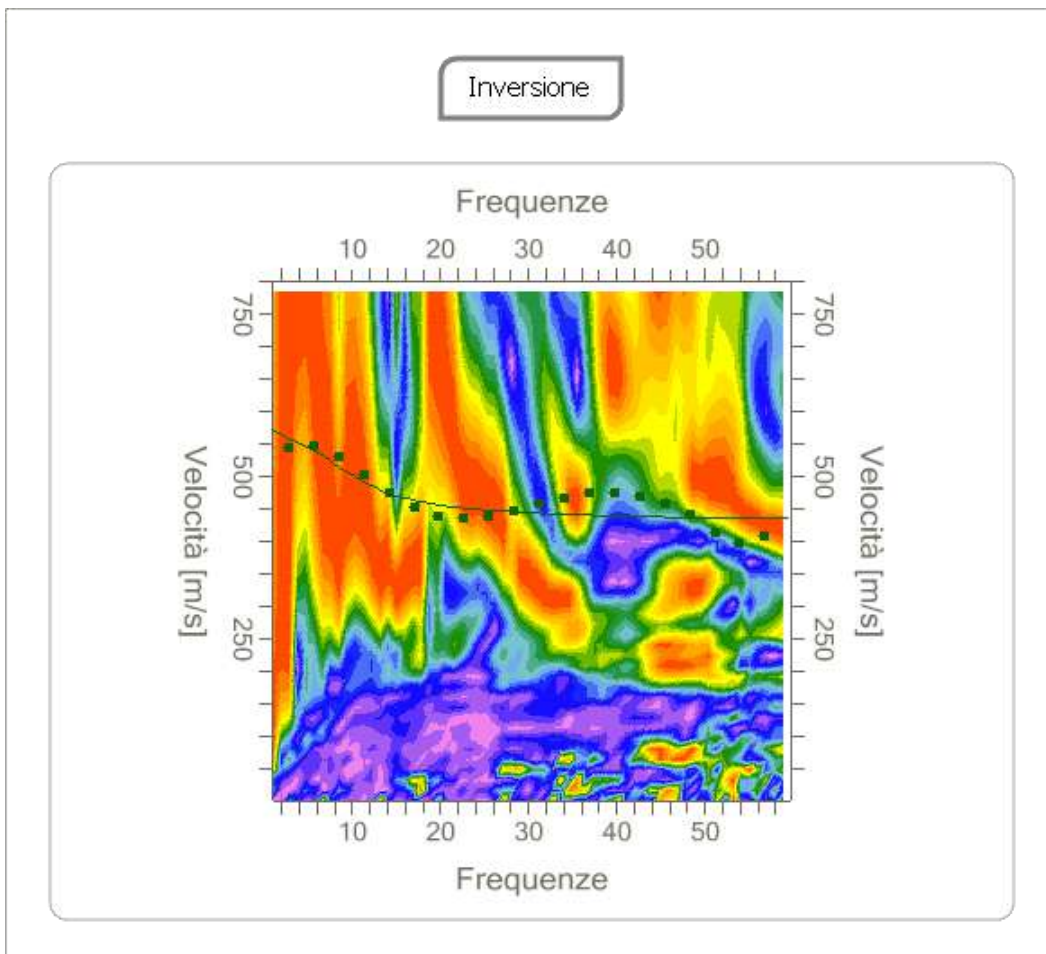
Figura 45: Curva di dispersione stendimento MASW.

## Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	4.67	4.67	1800.0	0.2	773.4	473.6
2	10.11	5.44	1800.0	0.2	805.4	493.2
3	16.99	6.87	1800.0	0.2	841.6	515.4
4	24.90	7.92	1800.0	0.2	982.2	601.5
5	32.54	7.64	1800.0	0.2	1059.8	649.0
6	oo	oo	1800.0	0.2	1045.1	640.0

*Tabella 16: Valori dell'inversione.*

Percentuale di errore 0.205%  
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.047



*Figura 46: Inversione.*

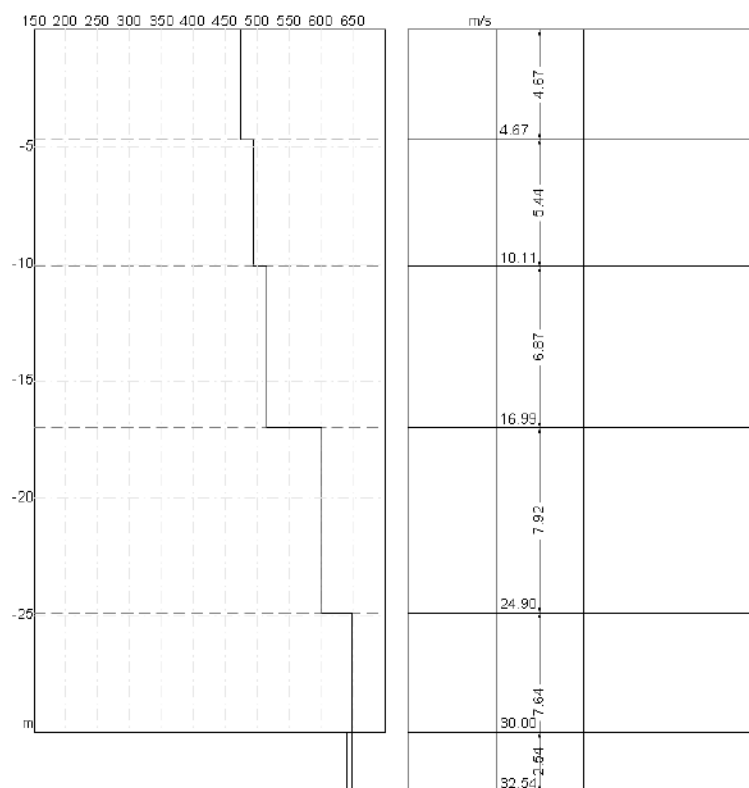
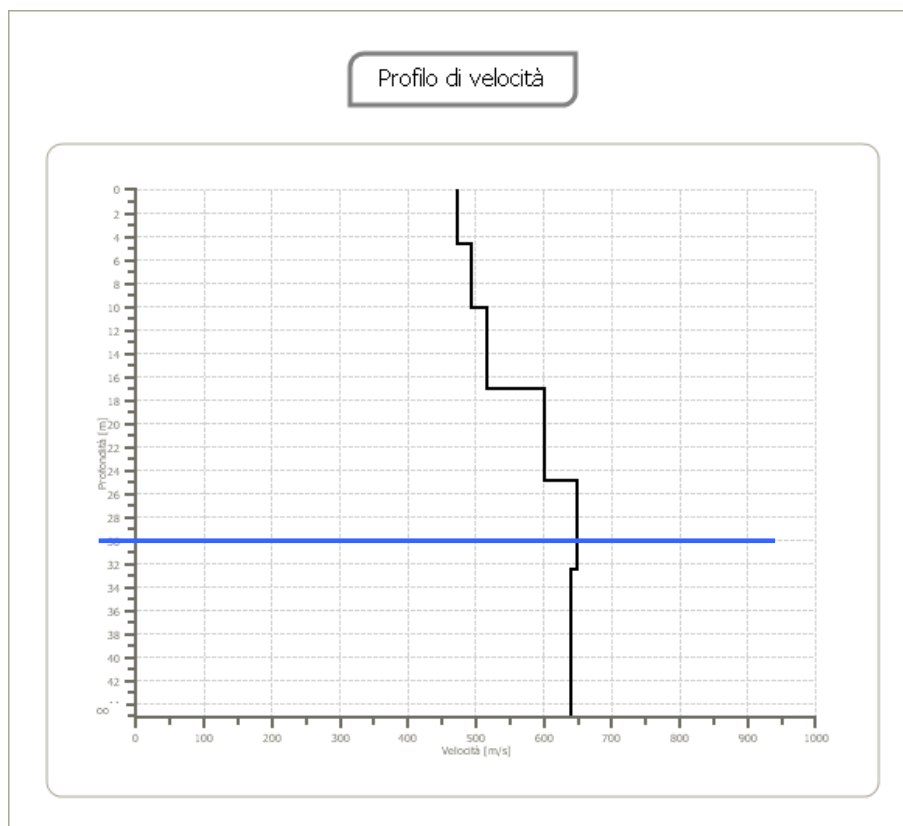


Figura 47: Modello risultante dall'inversione dei dati - Sismostratigrafia.

## 7.2.5 - RISULTATI

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato nel capitolo precedente, è possibile calcolare il valore delle  $V_{s30}$ , che rappresenta la “velocità equivalente” di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio a partire dal piano campagna.

Per il calcolo delle  $V_{s30}$  si fa riferimento alla seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove  $H_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.

I risultati vengono riportati nelle tabelle seguenti:

<b>AREA DI INDAGINE 1 - Loc. Beria-Vigalone, Canneto Pavese (PV)</b>		
<b>Onde di taglio orizzontali Vs (m/s)</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Spessore strati (m)</b>
234,30	-3,98	3,98
382,30	-7,17	3,19
412,70	-12,56	5,39
436,60	-17,76	5,20
434,10	-29,31	11,55
433,30	-30,00	0,69

<b><math>V_{s30}</math> (m/s)</b>	<b>382,16</b>
<b>Categoria del suolo</b>	<b>B</b>

<b>AREA DI INDAGINE 2 - Montescano (PV)</b>		
<b>Onde di taglio orizzontali Vs (m/s)</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Spessore strati (m)</b>
159,60	-2,10	2,10
325,40	-5,11	3,01
442,90	-8,11	3,00
483,40	-15,51	7,40
482,90	-30,00	14,49

<b>Vs<sub>30</sub> (m/s)</b>	<b>402,71</b>
<b>Categoria del suolo</b>	<b>B</b>

<b>AREA DI INDAGINE 3 - Loc. Molinazzo, Montescano (PV)</b>		
<b>Onde di taglio orizzontali Vs (m/s)</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Spessore strati (m)</b>
473,60	-4,67	4,67
493,20	-10,11	5,44
515,40	-16,99	6,88
601,50	-24,90	7,91
649,00	-30,00	5,10

<b>Vs<sub>30</sub> (m/s)</b>	<b>543,00</b>
<b>Categoria del suolo</b>	<b>B</b>

L'interpretazione delle misure geofisiche realizzate nell'area consente di definire le caratteristiche litologiche fisiche di rigidità dei depositi naturali compatibili con la categoria di suolo **B** - *Suolo di tipo B: 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 e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).*

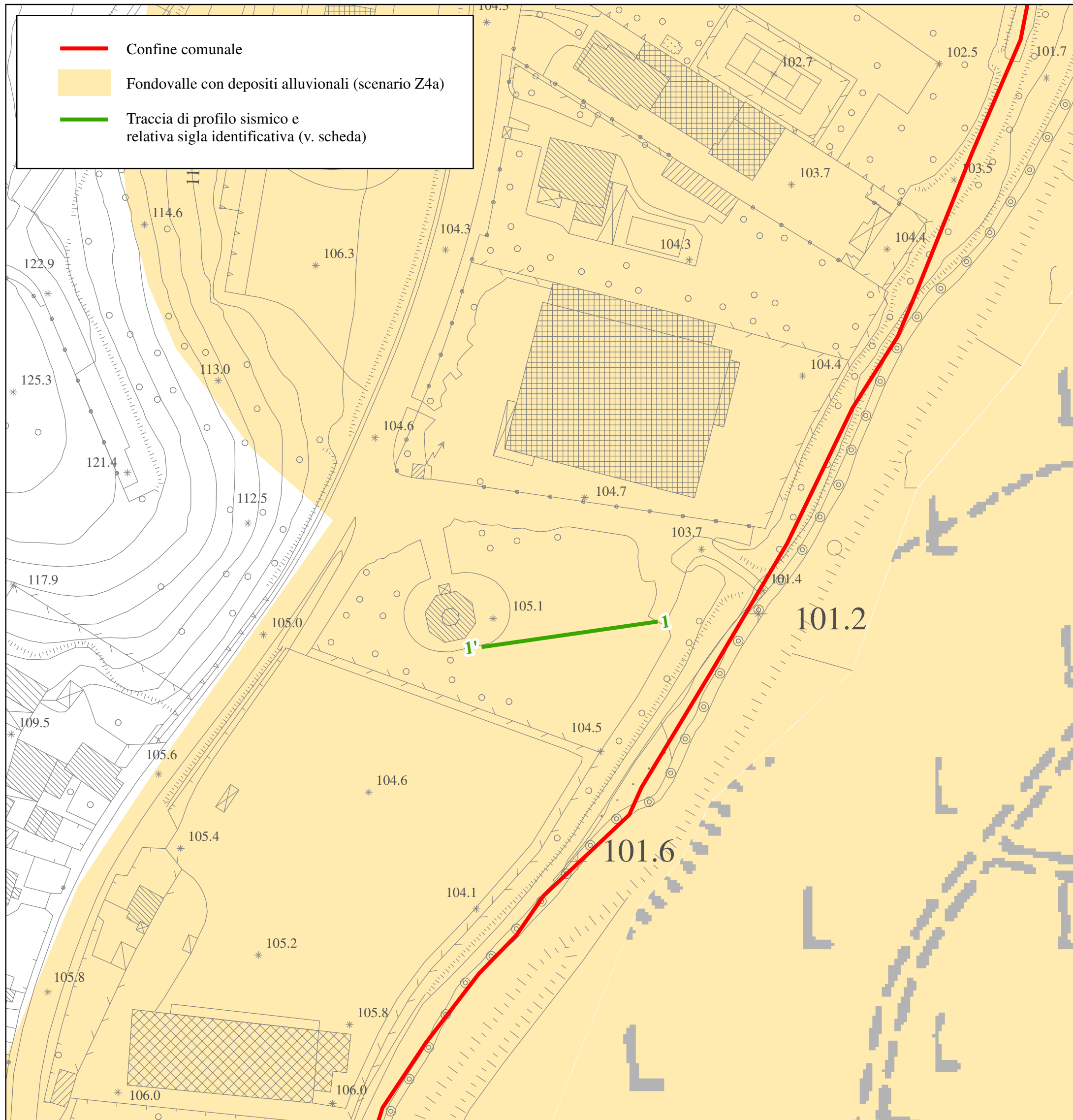
Per tutti i profili analizzati, la scelta della scheda di riferimento si è basata, come previsto dalla normativa vigente (Allegato 5 alla D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011), non tanto sulla litologia esaminata, quanto piuttosto sull'andamento delle Vs.

Infatti, per tutti i profili geofisici analizzati (profili geofisici 1, 2 e 3) la scelta è caduta sulla scheda della litologia limoso - sabbiosa tipo 2, poiché tale scheda presenta un andamento delle Vs con la profondità del tutto simile a quelle misurate in sito.

Per ciascun sito oggetto di analisi di dettaglio è stata predisposta un'apposita scheda concernente l'analisi sismica di secondo livello, in cui sono stati riassunti i dati geofisici del terreno, l'andamento delle Vs con la profondità, la correlazione con la curva proposta per la litologia di riferimento, il valore numerico del periodo proprio del sito T, la scheda litologica regionale di riferimento e la curva adottata e, infine, il valore di Fa ricavato.

All'interno della scheda di riferimento, in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale, è stata scelta, per ogni sito analizzato e per il profilo geofisico associato, la curva più appropriata per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0,1-0,5 s; quindi sono stati ricavati i valori del fattore di amplificazione, in relazione a T, periodo proprio del sito, per gli intervalli 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s.

I fattori di amplificazione così ottenuti sono stati confrontati con i parametri di analogo significato definiti per i Comuni di Canneto Pavese, Castana e Montescano, facenti parte dell'Unione di Comuni Lombarda Prima Collina (Zona sismica 3), per la categoria di suolo oggetto di indagine (B) al fine di valutare il grado di protezione raggiunto per il sito dall'applicazione della normativa vigente.



**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**  
**COMPONENTE GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO**  
 AGGIORNAMENTO ALLA CLASSIFICAZIONE SISMICA  
 DI REGIONE LOMBARDA (D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014)  
 E ADEGUAMENTO ALLE DISPOSIZIONI DI CUI ALLA D.G.R. n. X/6738 del 19.06.2017  
 (art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005; D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011)



**ANALISI DEL RISCHIO SISMICO**  
 2° LIVELLO  
*CARTA DELLE AMPLIFICAZIONI SISMICHE LOCALI*

**ALLEGATO 2a**  
*EFFETTI LITOLOGICI - DEPOSITI ALLUVIONALI (scenario Z4a)*

UNIONE DI COMUNI LOMBARDA  
 "PRIMA COLLINA"

TAVOLA 2a

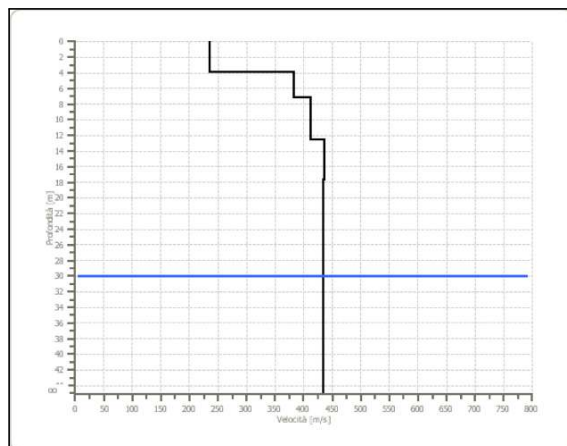
12/2017

1:1.000

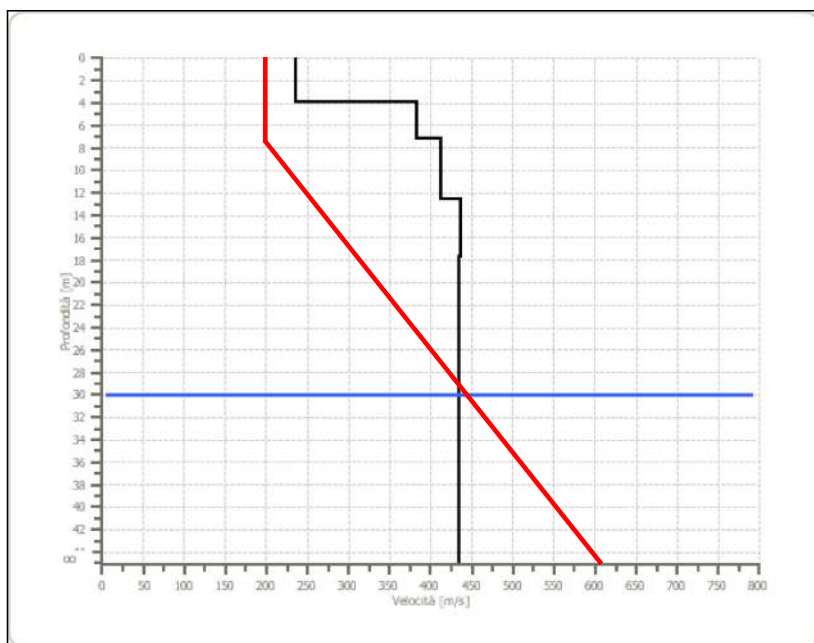
DETERMINAZIONE DEL Fa

PROFILO GEOFISICO

AREA DI INDAGINE 1 - Loc. Beria-Vigalone, Canneto Pavese (PV)				
Strato	h	z	Vs	Vs*h
1	3,98	3,98	234,30	932,51
2	3,19	7,17	382,30	1219,54
3	5,39	12,56	412,70	2224,45
4	5,20	17,76	436,60	2270,32
5	11,55	29,31	434,10	5013,86
6	0,69	30,00	433,30	298,98



ANDAMENTO DELLE Vs  
CON LA PROFONDITA'  
LITOLOGIA LIMOSO - SABBIOSA (TIPO 2)



**PERIODO (T)**  
0,301

**SCHEDA**  
LIMOSO -SABBIOSA (TIPO 2)

**CURVA**  
2

**Fa (0,1-0,5 s)**  
**2,09**

**Fa (0,5-1,5 s)**  
**1,28**

<b>Fa (0,1-0,5 s)</b> <b>SUOLO B</b>	<b>1,4</b>
---	------------



<b>2,09</b>
-------------

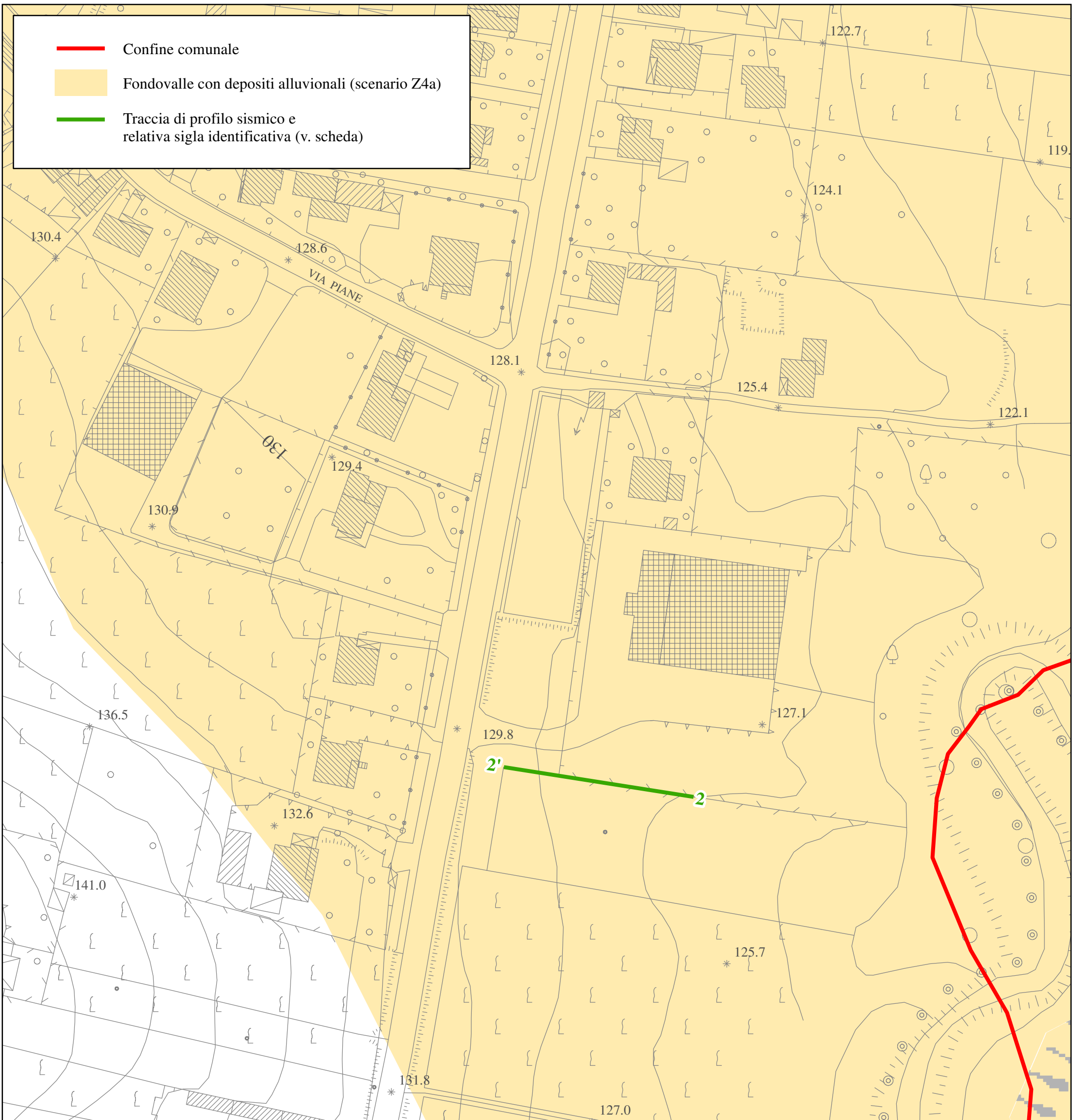
NON VERIFICATO

<b>Fa (0,5-1,5 s)</b> <b>SUOLO B</b>	<b>1,7</b>
---	------------



<b>1,28</b>
-------------

VERIFICATO



**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**  
**COMPONENTE GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO**  
 AGGIORNAMENTO ALLA CLASSIFICAZIONE SISMICA  
 DI REGIONE LOMBARDIA (D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014)  
 E ADEGUAMENTO ALLE DISPOSIZIONI DI CUI ALLA D.G.R. n. X/6738 del 19.06.2017  
 (art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005; D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011)



**ANALISI DEL RISCHIO SISMICO**  
 2° LIVELLO  
 CARTA DELLE AMPLIFICAZIONI SISMICHE LOCALI

**ALLEGATO 2b**  
 EFFETTI LITOLOGICI - DEPOSITI ALLUVIONALI (scenario Z4a)

UNIONE DI COMUNI LOMBARDA  
 "PRIMA COLLINA"

TAVOLA 2b

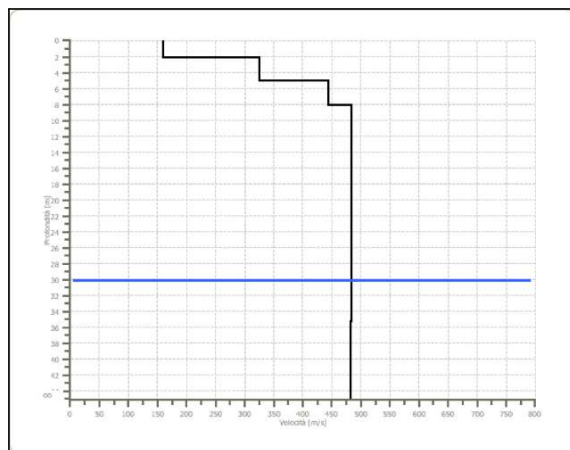
12/2017

1:1.000

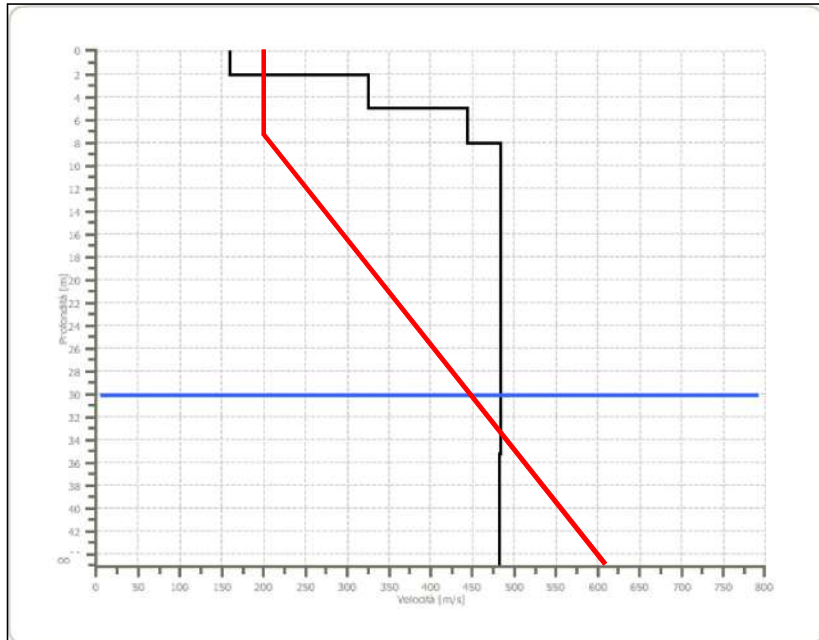
DETERMINAZIONE DEL Fa

PROFILO GEOFISICO

AREA DI INDAGINE 2 - Montescano (PV)				
Strato	h	z	Vs	Vs*h
1	2,10	2,10	159,60	335,16
2	3,01	5,11	325,40	979,45
3	3,00	8,11	442,90	1328,70
4	7,40	15,51	483,40	3577,16
5	14,49	30,00	482,90	6997,22



ANDAMENTO DELLE Vs  
CON LA PROFONDITA'  
LITOLOGIA LIMOSO - SABBIOSA (TIPO 2)



**PERIODO (T)**  
0,218

**SCHEDA**  
LIMOSO -SABBIOSA (TIPO 2)

**CURVA**  
2

**Fa (0,1-0,5 s)**  
**2,04**

**Fa (0,5-1,5 s)**  
**1,24**

**Fa (0,1-0,5 s)**  
**SUOLO B**      **1,4**

**Fa (0,5-1,5 s)**  
**SUOLO B**      **1,7**

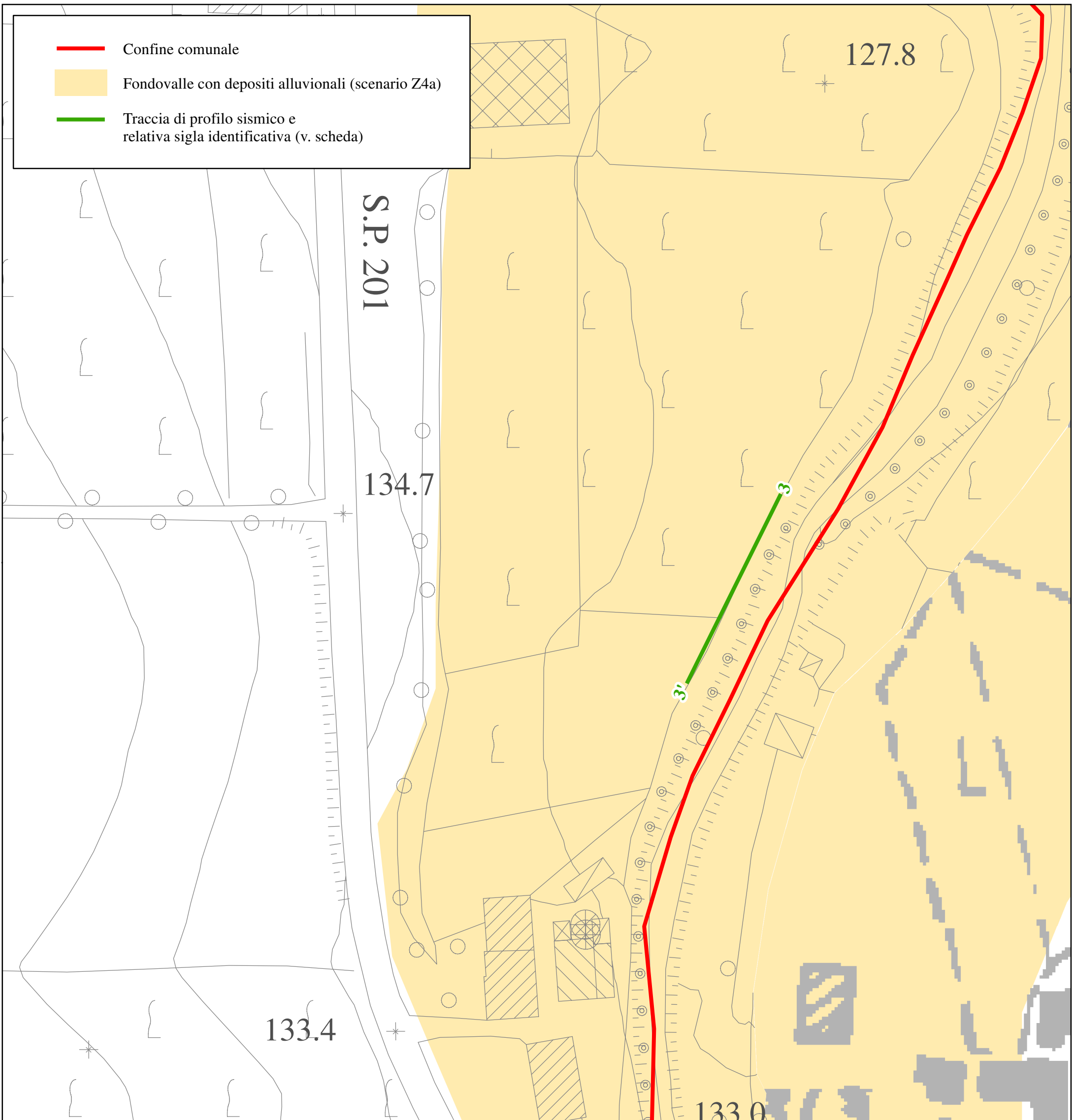


**2,04**

**1,24**

NON VERIFICATO

VERIFICATO



**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**  
**COMPONENTE GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO**  
 AGGIORNAMENTO ALLA CLASSIFICAZIONE SISMICA  
 DI REGIONE LOMBARDA (D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014)  
 E ADEGUAMENTO ALLE DISPOSIZIONI DI CUI ALLA D.G.R. n. X/6738 del 19.06.2017  
 (art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005; D.G.R. n. IX/2616 del 30.11.2011)



**ANALISI DEL RISCHIO SISMICO**  
 2° LIVELLO  
 CARTA DELLE AMPLIFICAZIONI SISMICHE LOCALI

ALLEGATO 2c  
 EFFETTI LITOLOGICI - DEPOSITI ALLUVIONALI (scenario Z4a)

UNIONE DI COMUNI LOMBARDA  
 "PRIMA COLLINA"

TAVOLA 2c

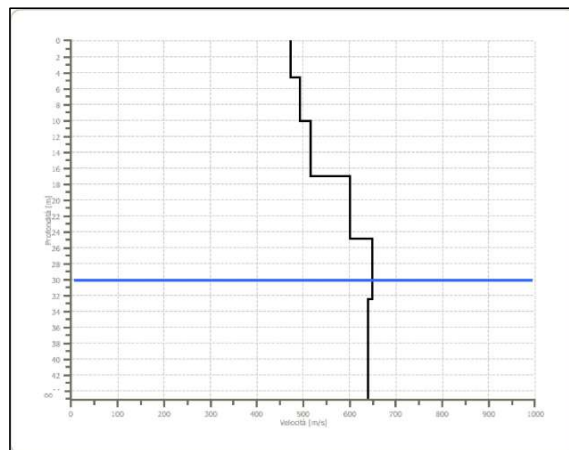
12/2017

1:1.000

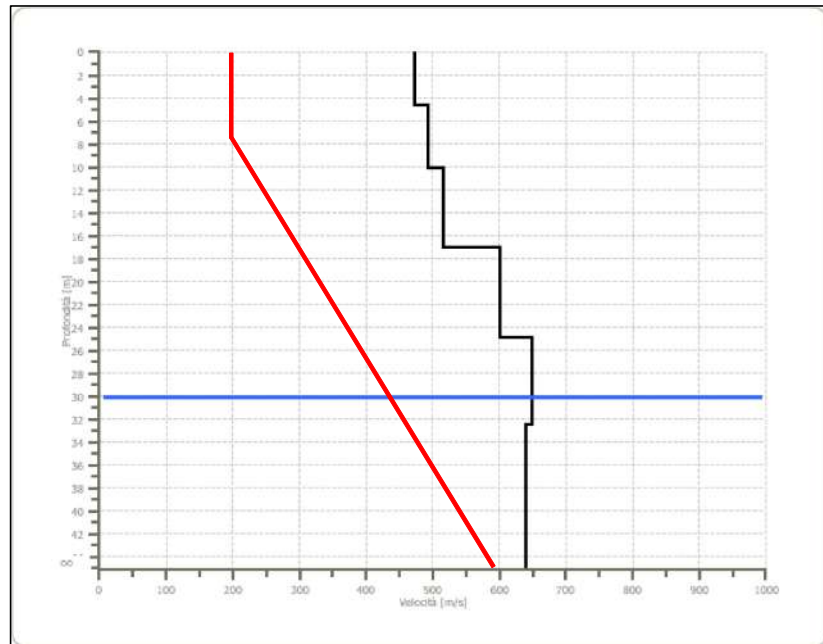
DETERMINAZIONE DEL Fa

PROFILO GEOFISICO

AREA DI INDAGINE 3 - Loc. Molinazzo, Montescano (PV)				
Strato	h	z	Vs	Vs*h
1	4,67	4,67	473,60	2211,71
2	5,44	10,11	493,20	2683,01
3	6,88	16,99	515,40	3545,95
4	7,91	24,90	601,50	4757,87
5	5,10	30,00	649,00	3309,90



ANDAMENTO DELLE Vs  
CON LA PROFONDITA'  
LITOLOGIA LIMOSO - SABBIOSA (TIPO 2)



**PERIODO (T)**  
0,272

**SCHEDA**  
LIMOSO - SABBIOSA (TIPO 2)

**CURVA**  
3

**Fa (0,1-0,5 s)**  
**1,61**

**Fa (0,5-1,5 s)**  
**1,17**

<b>Fa (0,1-0,5 s)</b> <b>SUOLO B</b>	<b>1,4</b>
---	------------



<b>1,61</b>
-------------

NON VERIFICATO

<b>Fa (0,5-1,5 s)</b> <b>SUOLO B</b>	<b>1,7</b>
---	------------



<b>1,17</b>
-------------

VERIFICATO

## 7.2.6 - ANALISI DEI RISULTATI

Si ricorda che ai sensi del D.M. 14/01/2008, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento di cui alla Tab. 3.2.II delle N.T.C. e sulla definizione delle condizioni topografiche definite dalla classificazione di cui alla Tab. 3.2.IV delle N.T.C.. In funzione delle categorie di sottosuolo e delle condizioni topografiche, le N.T.C. al § 3.2.3 definiscono specifici coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica da considerare nella definizione dell'azione sismica di progetto.

Per le aree oggetto di indagine di dettaglio, i valori di  $V_{s30}$  calcolati hanno permesso di associare la categoria di suolo **B** - *Suolo di tipo B: 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 e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).*

L'analisi sismica di secondo livello effettuata seguendo la procedura proposta dai criteri regionali nell'Allegato 5 della D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011, ha permesso di definire per ciascun sito analizzato il valore del fattore di amplificazione  $F_a$  per gli intervalli 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s. I fattori di amplificazione così ottenuti sono stati confrontati con i parametri di analogo significato definiti per i Comuni di Canneto Pavese, Castana e Montescano, facenti parte dell'Unione di Comuni di Prima Collina, e sotto riportati.

<b>CANNETO PAVESE</b>				
PERIODO PROPRIO DELLE TIPOLOGIE EDILIZIE PIÙ COMUNI	CATEGORIA DI SUOLO			
	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
0,1-0,5 s	1,4	1,9	2,2	2,0
0,5-1,5 s	1,7	2,4	4,2	3,1

<b>CASTANA</b>				
PERIODO PROPRIO DELLE TIPOLOGIE EDILIZIE PIÙ COMUNI	CATEGORIA DI SUOLO			
	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
0,1-0,5 s	1,4	1,9	2,2	2,0
0,5-1,5 s	1,7	2,4	4,2	3,1

<b>MONTESCANO</b>				
PERIODO PROPRIO DELLE TIPOLOGIE EDILIZIE PIÙ COMUNI	CATEGORIA DI SUOLO			
	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
0,1-0,5 s	1,4	1,9	2,2	2,0
0,5-1,5 s	1,7	2,4	4,2	3,1

Questi parametri rappresentano i valori di soglia oltre i quali lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione sismica presente nel sito.

La procedura condotta, pertanto, ha consentito di valutare il valore di Fa e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, sempre considerando una variabilità di  $\pm 0,1$  (come suggerisce la metodologia regionale), che tiene conto della variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata. Nello specifico, sono state riscontrate le seguenti situazioni:

- Intervallo 0,1-0,5 s: nelle tre aree di indagine prese in considerazione (*Area di indagine 1 - Loc. Beria-Vigalone, Canneto Pavese; Area di indagine 2 - Montescano; Area di indagine 3 - Loc. Molinazzo, Montescano*) (categoria di suolo B), il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente (“non verificato” nella scheda allegata), pertanto la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica. Di conseguenza, sarà necessario, in fase di progettazione edilizia, procedere agli approfondimenti sismici terzo livello, o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo D (in quanto neppure la categoria di suolo C risulta verificata) per quanto riguarda l’Area di indagine 1 - Loc. Beria-Vigalone, Canneto Pavese e l’Area di indagine 2 - Montescano, e lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo C per quanto riguarda l’Area di indagine 3 - Loc. Molinazzo, Montescano.
- Intervallo 0,1-0,5 s: nelle tre aree di indagine prese in considerazione (*Area di indagine 1 - Loc. Beria-Vigalone, Canneto Pavese; Area di indagine 2 - Montescano; Area di indagine 3 - Loc. Molinazzo, Montescano*) (categoria di suolo B), il valore di Fa è inferiore o uguale al valore soglia corrispondente (“verificato” nella scheda allegata), pertanto la normativa (D.M. 14 gennaio 2008) è sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito, per cui si applica lo spettro previsto dalla normativa in fase progettuale.

## 8 - ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO: CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Mediante l'applicazione dell'analisi sismica di secondo livello è stata effettuata una caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella "Carta di pericolosità sismica locale" suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree ad espansione urbanistica, ed è stata fornita la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del fattore di amplificazione (Fa). Gli studi sono stati condotti utilizzando i metodi semiquantitativi semplificati per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche, in funzione del Fa, che sono stati proposti dalla Regione Lombardia con i "Criteri attuativi L.R. 12/05 per il governo del territorio" e s.m.i..

L'analisi di secondo livello ha permesso di individuare le aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a salvaguardare le strutture sia esistenti sia future dagli effetti di amplificazione sismica locale.

Per quanto riguarda gli **scenari Z3b** (creste rocciose e/o cucuzzolo), la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione del sito e, quindi, si applica lo spettro previsto dalle N.T.C. 2008 per quanto riguarda le località di Tenuta Malpaga (Tavola 1b), Monteveneroso (Tavola 1c), Monte Azzolo (Tavola 1d) e C. Moscatelli (Tavola 1e). Al contrario, per quanto riguarda la località di Montù de' Gabbi (Tavola 1a), in tutte e tre le sezioni verificate, il valore di Fa è risultato superiore al valore di soglia corrispondente. In questo caso, pertanto, la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e, quindi, in fase di progettazione edilizia è necessario effettuare analisi più approfondite (analisi di terzo livello).

Per quanto riguarda lo **scenario Z4a** (zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali), per l'intervallo 0,1-0,5 s, il valore di Fa è risultato superiore al valore di soglia, quindi la normativa non è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione sismica, pertanto, in fase di progettazione, si dovrà procedere alle indagini e agli approfondimenti di terzo livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo C o D.

Per l'intervallo 0,5-1,0 s, invece, il valore di Fa è risultato inferiore o uguale al valore soglia corrispondente, pertanto la normativa è sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito, per cui in fase progettuale si applica lo spettro previsto dalla normativa tecnica più recente.

## **9 - IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)**

---

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PRGA), introdotto dalla Direttiva Europea 2007/60/CE (“*Direttiva Alluvioni*”), recepita dal D. Lgs. 49/2010, ha come finalità quella di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l’ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali, individuando pertanto al suo interno le aree potenzialmente esposte a pericolosità per fenomeni alluvionali (mappe della pericolosità) e definendo il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro tali aree (mappe di rischio).

Il territorio dell’Unione è interessato dagli scenari di pericolosità e rischio afferenti al reticolo secondario collinare e montano (**RSCM**), sia lungo il corso del torrente Versa, che presenta gli scenari più gravosi, che lungo l’asta del *Rio Rile di Valle Praga (Rile Vergombera)*, affluente di sinistra del precedente.

La cartografia del PGRA, redatta nel 2013 e aggiornata nel 2015, individua anche per il territorio intercomunale ricadente nell’ambito territoriale “*Reticolo secondario collinare e montuoso*” (**RSCM**), la delimitazione delle aree allagabili per i differenti scenari di pericolosità:

- aree P3 (H nella cartografia) o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;
- aree P2 (M nella cartografia) o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;
- aree P1 (L nella cartografia) o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare.

Le mappe di rischio definiscono invece per il territorio intercomunale i seguenti n. 4 gradi di rischio per gli elementi (zone urbanizzate, strutture strategiche, sedi di attività collettive, infrastrutture principali, insediamenti produttivi o impianti tecnologici potenzialmente pericolosi, ecc.) che ricadono entro le precedenti aree allagabili:

- R1 - rischio moderato o nullo;
- R2 - rischio medio;
- R3 - rischio elevato;
- R4 - rischio molto elevato.

Con D.G.R. n. X/6738 del 19 giugno 2017 - Allegato A “*Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano*”

*stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla Variante adottata in data 7 dicembre 2016 con Deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po*", la Regione Lombardia ha provveduto a fornire le indicazioni operative per definire la revisione degli strumenti di pianificazione del territorio e, nello specifico, della componente geologica di supporto.

Le aree allagabili presenti nelle mappe del PGRA per l'ambito territoriale RSCM (nel quale l'Unione rientra) corrispondono in gran parte alle aree già classificate come Ee, Eb, Em, Ca, Cp e Cn dell'Elaborato 2 del PAI così come aggiornato dai Comuni tramite la procedura di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI, nonché alle aree a rischio idrogeologico molto elevato di tipo idraulico. A tal proposito, si rammenta che nel 2009 il Comune di Canneto Pavese ha provveduto ad eseguire l'aggiornamento delle aree a pericolosità per esondazione mediante valutazioni di dettaglio condotte ai sensi dell'Allegato 4 della ex D.G.R. n. XIII/7374 del 28/05/2008, ritenute conformi da Regione Lombardia ai contenuti della verifica di compatibilità di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI (Prot. R.L. Z1.2010.0018757 del 27/07/2010).

La modellazione del corso d'acqua è stata svolta utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS 3.1.3, usando come base topografica la base aerofotogrammetrica comunale integrata con le quote della CTR e con evidenze riscontrate tramite sopralluogo ad hoc.

I risultati della modellazione idraulica, realizzata con  $T = 100$  anni, hanno delimitato un'area allagabile Eb ad elevata pericolosità di esondazione, soggetta alle norme di cui all'art. 9, comma 6 delle N.d.A. del PAI. L'area allagabile individuata è inserita ***nell'Elaborato 8-rev.01-Carta PAI-PGRA***.

Tali delimitazioni tuttavia non risultano inserite all'interno delle nuove mappe del PGRA (si rimanda alle note Z1.2015.0006012 del 16/06/2015 e Z1.2015.0012164 del 17/12/2015).

Infatti, per quanto riguarda il territorio dell'Unione, le mappe del PGRA riportano le delimitazioni di aree allagabili derivanti dallo "*Studio idrogeologico e idraulico a scala di sottobacino del Torrente Versa finalizzato alla definizione degli interventi di sistemazione necessari sul tratto medio-inferiore del bacino*" (Barbero ed Ebner Srl, 2011).

Si rammenta che per il territorio intercomunale valgono le disposizioni di cui al punto 3.2.2 della D.G.R. n. X/6738 ("*Disposizioni relative al Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)*").

In merito ai contenuti vigenti della pianificazione di bacino (PAI-PGRA), il presente aggiornamento della componente geologica intende mantenere:

- le aree esondabili Ee (pericolosità molto elevata) già individuate lungo il corso del Rile Vergombera, nell'Elaborato 2 del PAI, assoggettata alle norme di cui all'art. 9, comma 5 delle N.d.A. del P.A.I..

Il presente aggiornamento della componente geologica intende invece stralciare/modificare:

- l'area esondabile Eb (pericolosità elevata) già individuata nell'Elaborato 2 del PAI, così come aggiornato attraverso la componente geologica del 2007 (in vigore dal 2011), presente lungo il torrente Versa in località Camponoce;
- le aree esondabili, riportate attualmente nelle mappe PGRA, che non derivano dall'Elaborato 2 del PAI, assoggettate alle norme di cui all'art. 9 delle N.d.a. del PAI e, in particolare:
  - nelle aree interessate da alluvioni frequenti (**aree P3/H**), vigono le limitazioni e le prescrizioni stabilite dall'art. 9 comma 5 per le aree Ee;
  - nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (**aree P2/M**), vigono le limitazioni e le prescrizioni stabilite dall'art. 9 comma 6 per le aree Eb;
  - nelle aree interessate da alluvioni rare (**aree P1/L**), vigono le limitazioni e le prescrizioni stabilite dall'art. 9 comma 6bis per le aree Em.

## 10 - PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Ai fini dell'applicazione delle disposizioni sopra riportate e di adeguare lo strumento urbanistico vigente, si è pertanto proceduto ad una nuova valutazione degli aspetti di vulnerabilità idraulica mediante Variante Idraulica 04/2022 (*Studio per la valutazione delle condizioni di rischio idraulico*).

A questo scopo è stato consultato il documento “*II A. Mappatura della pericolosità e valutazione del rischio del Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni*” redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, nella sua versione più recente (marzo 2016).

Utilizzando la tabella riepilogativa degli scenari di inondazione di tale documento, che si riporta in *Tabella 17* sono stati allineati gli scenari di pericolosità secondo il grado di pericolosità definito per il PGRA.

Nella *Tabella 18* sono riportati sinotticamente gli scenari di rischio dei vari studi e la loro corrispondente classificazione secondo il PGRA.

In prossimità della località Camponoce si è proceduto a confrontare le aree allagabili con  $Tr=100$  dei due studi (Studio 2011 e Studio puntuale del 2009) che sono risultate in gran parte coincidenti. Visto il maggior grado di dettaglio dello studio 2009, i limiti dello scenario P2/M e P3/H sono stati allineati con quelli risultanti da tale studio.

L'azonamento della pericolosità idraulica lungo il torrente Versa ha previsto quanto segue:

- la sostituzione delle aree allagabili definite nel PGRA con quelle derivanti dallo *Studio idraulico Barbero ed Ebner Srl del 2011*;
- l'adeguamento puntuale delle aree allagabili presso la località Camponoce, sulla scorta dello *Studio GeolSoil del 2009*.

La ridelimitazione della pericolosità idraulica è riportata nell'**Elaborato E1** - Carta P.G.R.A. - Pericolosità della Variante Idraulica agli atti - data 04/2022.

**Tabella riepilogativa scenari di inondazione**

Direttiva Alluvioni		Pericolosità	Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni)				
Scenario	TR (anni)		RP	RSCM (legenda PAI)	RSP	ACL	ACM
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 (frequente)	P3 elevata	10-20	Ee, Ca RME per conoide ed esondazione	Fino a 50 anni	15 anni	10 anni
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 (poco frequente)	P2 media	100-200	Eb, Cp	50-200 anni	100 anni	100 anni
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro)	P1 bassa	500	Em, Cn		Massimo storico registrato	>> 100 anni

*Tabella 17: Tabella degli scenari di inondazione, estratto dal documento "II A. Mappatura della pericolosità e valutazione del rischio del Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni" (ADBPO, marzo 2016).*

Tabella 18: raffronto Tempi di ritorno e scenari di pericolosità idraulica.

PGRA	STUDIO 2011		STUDIO CAMPONOCE		
	Tr [anni]	Classificazione PGRA	Tr [anni]	Classificazione PGRA	Classificazione PAI (PGT)
P3/H	20	P3/H	//	P3/H	
P2/M	100	P2/M	100	P2/M	Eb
	200				
P1/L	500	P1/L	//	P1/L	

Il tracciamento delle aree allagabili è riportato nell'*Elaborato 8 - rev.01*. L'inserimento di tali nuove delimitazione ha conseguentemente comportato l'aggiornamento della tavola dei vincoli (*Elaborati 6a - rev.02/6b - rev.01/6c - rev. 02*), della tavola di sintesi (*Elaborato 9a-rev.02/9b-rev.01/9c- rev.02*) e della fattibilità geologica del territorio (*Elaborati 10 - rev.02÷13- rev.02*).

Nell'aggiornamento degli elaborati inerenti la fattibilità del territorio, in coerenza con quanto contenuto nelle D.G.R. 2616/2011 e D.G.R. 6738/2017:

- alle aree allagabili per **P3/H** è stata associata la Classe di fattibilità 4 con le norme delle **Ee**, aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità molto elevata per esondazione torrentizia (art. 9 comma 5 delle N.d.A. del PAI);
- alle aree allagabili per **P2/M** è stata associata la Classe di fattibilità 3 con le norme delle **Eb** aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità elevata per esondazione torrentizia (art. 9 comma 6 delle N.d.A. del PAI);
- alle aree allagabili per **P1/L** è stata associata la Classe di fattibilità 2 con le norme delle **Em** aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità media o moderata per esondazione torrentizia (art. 9 comma 6 bis delle N.d.A. del PAI);
- alle zone già edificate ricadenti in aree allagabili per **P1/L** (**loc. Vigalone** in Comune di Canneto Pavese) e in aree allagabili per **P2/M** (**loc. Camponoce** in Comune di Canneto Pavese) è stata associata la Classe di fattibilità 3 (nello specifico la Sottoclasse 3b) con le norme delle **Eb** aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità elevata per esondazione torrentizia (art. 9 comma 6 delle N.d.A. del PAI).

Si fa presente che il comma 12 dell'art. 9 vige per tutte queste tipologie di aree

In funzione di ciò è stato aggiornato anche l'*Elaborato E4 - rev. 03* allegato Variante Idraulica.