Documentazione Cartografica

COMUNE DI TRESANA

Unione di Comuni Montana Lunigiana

2018

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME MAGRA

Art.17 comma 6 ter L. 183/89 e Art.1 comma 1 D.L. 180/98

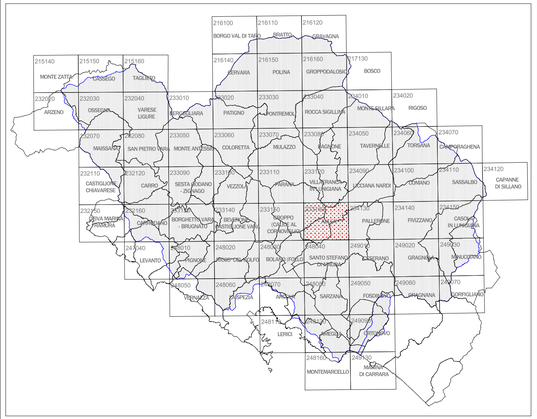
Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

Tav. 3

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Scala 1:10.000

Sezione 233160 Aulla
Comuni: Bolano, Tresana, Podenzana, Villafranca in Lunigiana, Licciana Nardi, Aulla



AGGIORNATO AL DD N. 37 DEL 12.06.13

LEGENDA

Limite di bacino

Limiti comunali

PG4 Pericolosità geomorfologica molto elevata
(frane attive e zone di pertinenza)

PG3 Pericolosità geomorfologica elevata
(frane quiescenti e zone di pertinenza, coltri detritiche potenti assimilabili)

PG2 Pericolosità geomorfologica media
(frane inattive e zone di pertinenza, aree in dissesto artificialmente stabilizzate, DGPV, coltri detritiche, coni alluvionali, detrito di falda, aree interessate da ruscellamento diffuso)

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME MAGRA

Art.17 comma 6 ter L. 183/89 e Art.1 comma 1 D.L. 180/98

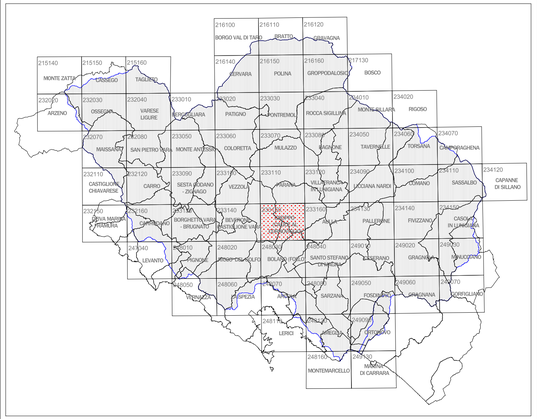
Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

Tav. 3

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Scala 1:10.000

Sezione 233150 Groppo (Calice al Cornoviglio)
Comuni: Calice al Cornoviglio, Bolano, Podenzana, Tresana



AGGIORNATO AL DD N. 37 DEL 12.06.13

LEGENDA

Limite di bacino

Limiti comunali

PG4 Pericolosità geomorfologica molto elevata
(frane attive e zone di pertinenza)

PG3 Pericolosità geomorfologica elevata
(frane quiescenti e zone di pertinenza, coltri detritiche potenti assimilabili)

PG2 Pericolosità geomorfologica media
(frane inattive e zone di pertinenza, aree in dissesto artificialmente stabilizzate, DGPV, coltri detritiche, coni alluvionali, detrito di falda, aree interessate da ruscellamento diffuso)

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME MAGRA

Art.17 comma 6 ter L. 183/89 e Art.1 comma 1 D.L. 180/98

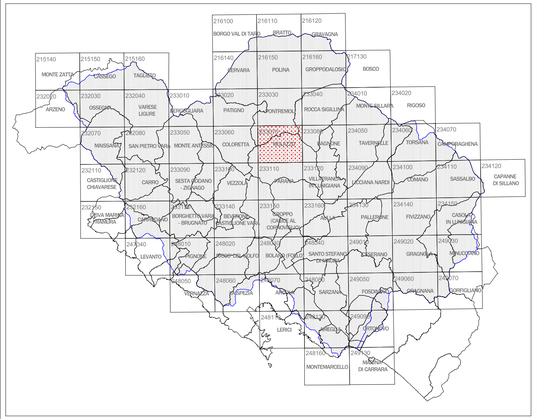
Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

Tav. 3

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Scala 1:10.000

Sezione 233070 Mulazzo
Comuni: Pontremoli, Mulazzo, Filattiera



AGGIORNATO ALLA DCI N. 15 DEL 22.11.12

LEGENDA

Limite di bacino

Limiti comunali

PG4 Pericolosità geomorfologica molto elevata
(frane attive e zone di pertinenza)

PG3 Pericolosità geomorfologica elevata
(frane quiescenti e zone di pertinenza, coltri detritiche potenti assimilabili)

PG2 Pericolosità geomorfologica media
(frane inattive e zone di pertinenza, aree in dissesto artificialmente stabilizzate, DGPV, coltri detritiche, coni alluvionali, detrito di falda, aree interessate da ruscellamento diffuso)

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME MAGRA

Art.17 comma 6 ter L. 183/89 e Art.1 comma 1 D.L. 180/98

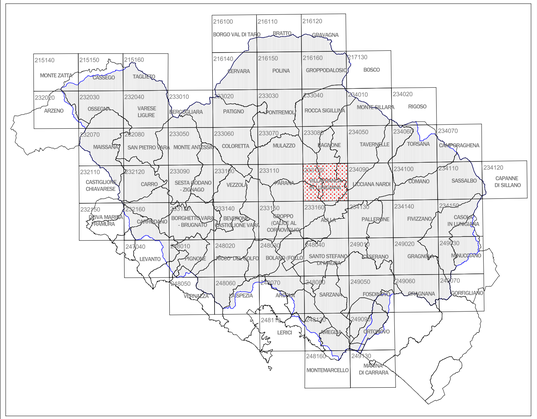
Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

Tav. 3

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Scala 1:10.000

Sezione 233120 Villafranca in Lunigiana
Comuni: Tresana, Mulazzo, Villafranca in Lunigiana, Bagnone, Licciana Nardi



AGGIORNATO ALLA DCI N. 15 DEL 22.11.12

LEGENDA

Limite di bacino

Limiti comunali

PG4 Pericolosità geomorfologica molto elevata
(frane attive e zone di pertinenza)

PG3 Pericolosità geomorfologica elevata
(frane quiescenti e zone di pertinenza, coltri detritiche potenti assimilabili)

PG2 Pericolosità geomorfologica media
(frane inattive e zone di pertinenza, aree in dissesto artificialmente stabilizzate, DGPV, coltri detritiche, coni alluvionali, detrito di falda, aree interessate da ruscellamento diffuso)

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME MAGRA

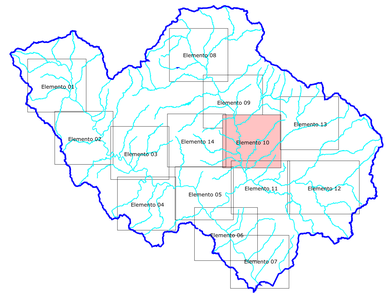
Art. 17, comma 6 ter L. 183/89 e Art.1, comma 1 D.L. 180/98

Piano stralcio Assetto Idrogeologico del F. Magra e del T. Parmignola

Tav. 4

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA CON FASCIA DI RIASSETTO FLUVIALE E AREE INONDABILI

Scala 1:10.000



Legenda

- Aree a pericolosità idraulica molto elevata - elevata (aree inondabili per Tr=30 anni)
- Aree a pericolosità idraulica media (aree inondabili per Tr=200 anni)
- Aree a pericolosità idraulica bassa (aree inondabili per Tr=500 anni)
- Aree a pericolosità idraulica bassa (aree difese da interventi di sistemazione idraulica)
- Aree a criticità idraulica non studiate (aree storicamente inondate)
- Fascia di riassetto fluviale
- Zone di approfondimento (zone in cui si rendono necessari studi di maggior dettaglio)

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME MAGRA

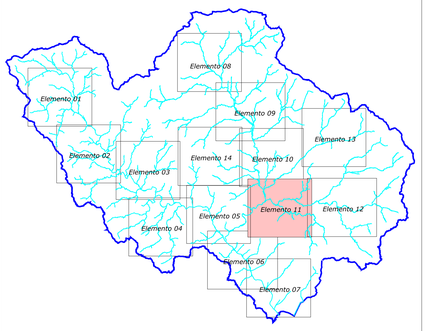
Art.17 comma 6 ter L. 183/89 e Art.1 comma 1 D.L. 180/98

Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

Tav. 4

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA CON FASCIA DI RIASSETTO FLUVIALE E AREE INONDABILI

SCALA 1:10.000



LEGENDA

- Aree a pericolosità idraulica molto elevata - elevata (aree inondabili con Tr=30 anni)
- Aree a pericolosità idraulica media (aree inondabili con Tr=200 anni)
- Aree a pericolosità idraulica bassa (aree inondabili con Tr=500 anni)
- Aree a pericolosità idraulica bassa (aree difese da interventi di sistemazione idraulica)
- Aree a criticità idraulica non studiate (aree storicamente inondate)
- Fascia di Riassetto Fluviale
- Zone di approfondimento (zone in cui si rendono necessari studi di maggior dettaglio)

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME MAGRA

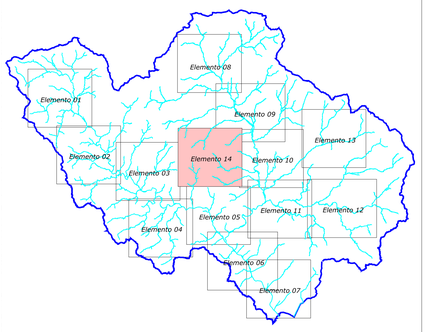
Art.17 comma 6 ter L. 183/89 e Art.1 comma 1 D.L. 180/98

Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

Tav. 4

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA CON FASCIA DI RIASSETTO FLUVIALE E AREE INONDABILI

SCALA 1:10.000



LEGENDA

- Aree a pericolosità idraulica molto elevata - elevata (aree inondabili con Tr=30 anni)
- Aree a pericolosità idraulica media (aree inondabili con Tr=200 anni)
- Aree a pericolosità idraulica bassa (aree inondabili con Tr=500 anni)
- Aree a pericolosità idraulica bassa (aree difese da interventi di sistemazione idraulica)
- Aree a criticità idraulica non studiate (aree storicamente inondate)
- Fascia di Riassetto Fluviale
- Zone di approfondimento (zone in cui si rendono necessari studi di maggior dettaglio)

AUTORITA' DI BACINO
DEL FIUME MAGRA

Art.17 comma 6 ter L. 183/89 e Art.1 comma 1 D.L. 180/98

Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

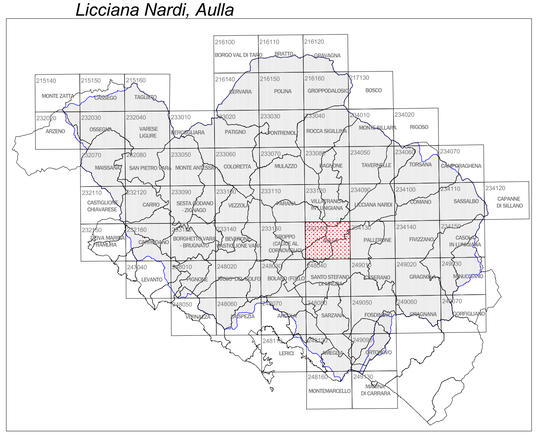
Tav. 6

CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO ELEVATO E MOLTO ELEVATO

con gli obiettivi ed elementi relativi
ad ipotesi di interventi di mitigazione

Scala 1:10.000

Sezione 233160 Aulla
Comuni: Bolano, Tresana, Podenzana, Villafranca in Lunigiana, Licciana Nardi, Aulla



AGGIORNATA AL DD. N. 37 DEL 12.06.13

LEGENDA

- Limite di bacino
- Limiti comunali
- Aree a rischio geomorfologico molto elevato (RG4)
- Aree a rischio geomorfologico elevato (RG3)
- 09045017_S1 Codice identificativo delle aree oggetto di intervento prioritario di mitigazione del rischio

AUTORITA' DI BACINO
DEL FIUME MAGRA
Art.17 comma 6 ter L. 183/89 e Art.1 comma 1 D.L. 180/98
Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

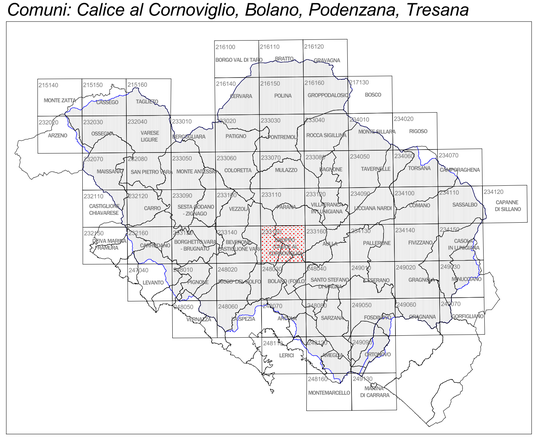
Tav. 6

CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO ELEVATO E MOLTO ELEVATO

con gli obiettivi ed elementi relativi
ad ipotesi di interventi di mitigazione

Scala 1:10.000

Sezione 233150 Groppo (Calice al Cornoviglio)
Comuni: Calice al Cornoviglio, Bolano, Podenzana, Tresana



AGGIORNATO AL DD. N. 37 DEL 12.06.13

LEGENDA

- Limite di bacino
- Limiti comunali
- Aree a rischio geomorfologico molto elevato (RG4)
- Aree a rischio geomorfologico elevato (RG3)
- 09045017_S1 — Codice identificativo delle aree oggetto di intervento prioritario di mitigazione del rischio

AUTORITA' DI BACINO
DEL FIUME MAGRA
Art.17 comma 6 ter L. 183/89 e Art.1 comma 1 D.L. 180/98
Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

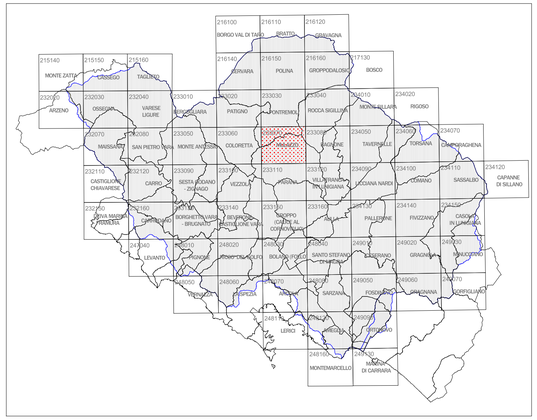
Tav. 6

CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO ELEVATO E MOLTO ELEVATO

con gli obiettivi ed elementi relativi
ad ipotesi di interventi di mitigazione

Scala 1:10.000

Sezione 233070 Mulazzo
Comuni: Pontremoli, Mulazzo, Filattiera



AGGIORNATO ALLA DCI N. 15 DEL 22.11.12

LEGENDA

- Limite di bacino
- Limiti comunali
- Aree a rischio geomorfologico molto elevato (RG4)
- Aree a rischio geomorfologico elevato (RG3)
- 09045017_S1 — Codice identificativo delle aree oggetto di intervento prioritario di mitigazione del rischio

AUTORITA' DI BACINO
DEL FIUME MAGRA

Art.17 comma 6 ter L. 183/89 e Art.1 comma 1 D.L. 180/98

Piano Stralcio Assetto Idrogeologico

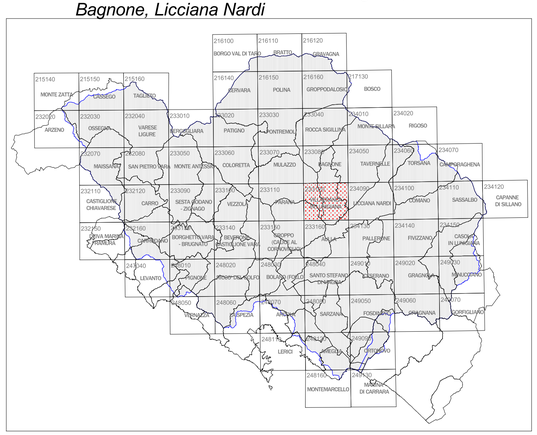
Tav. 6

CARTA DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO ELEVATO E MOLTO ELEVATO

con gli obiettivi ed elementi relativi
ad ipotesi di interventi di mitigazione

Scala 1:10.000

Sezione 233120 Villafranca in Lunigiana
Comuni: Tresana, Mulazzo, Villafranca in Lunigiana, Bagnone, Licciana Nardi



AGGIORNATO ALLA DCI N. 15 DEL 22.11.12

LEGENDA

- Limite di bacino
- Limiti comunali
- Aree a rischio geomorfologico molto elevato (RG4)
- Aree a rischio geomorfologico elevato (RG3)
- 09045017_S1 Codice identificativo delle aree oggetto di intervento prioritario di mitigazione del rischio

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME MAGRA

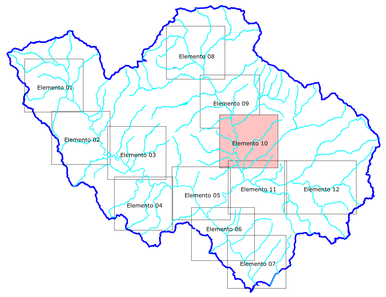
Art. 17, comma 6 ter L. 183/89 e Art.1, comma 1 D.L. 180/98

Piano stralcio Assetto Idrogeologico del F. Magra e del T. Parmignola

Tav. 7A

CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO ELEVATO E MOLTO ELEVATO con gli obiettivi ed elementi relativi ad ipotesi di interventi di mitigazione

Scala 1:10.000



Legenda

- Limite di Bacino
- Rischio idraulico molto elevato (RI4)
- Rischio idraulico elevato (RI3)

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME MAGRA

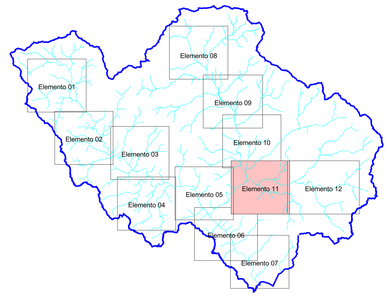
Art. 17, comma 6 ter L. 183/89 e Art.1, comma 1 D.L. 180/98

Piano stralcio Assetto Idrogeologico del F. Magra e del T. Parmignola

Tav. 7A

CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO ELEVATO E MOLTO ELEVATO con gli obiettivi ed elementi relativi ad ipotesi di interventi di mitigazione

Scala 1:10.000



Legenda

- Limite di Bacino
- Rischio idraulico molto elevato (RI4)
- Rischio idraulico elevato (RI3)

PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

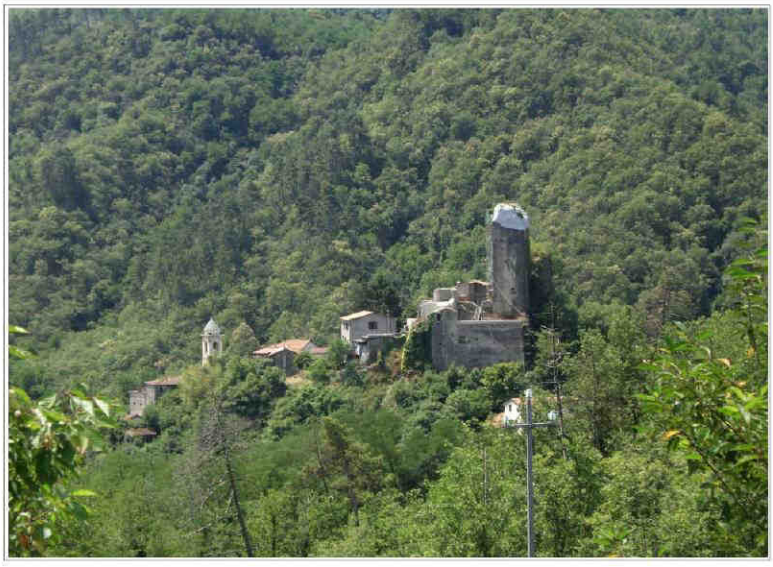
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Toscana

Comune di Tresana



Regione Toscana	Soggetto realizzatore	Data
Direzione Generale delle Politiche Ambientali, Energia e Cambiamenti climatici Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Firenze-Prato-Pistoia-Arezzo Prevenzione Sismica Regionale	Dott. Geol. Giusti Francesco Collaboratori: Dott. Geol. Bacchini Fabio Dott. Geol. Michelucci Emanuele Dott. Geol. Salvatori Ilaria Dott. Geol. Turba Carlo Dott. Geol. Vaselli Luca	Settembre 2015

INDICE

PREMESSA *pag. 3*

1 - INTRODUZIONE *pag. 3*

1.1 Cartografia di base, archivi e banche dati *pag. 4*

1.2 Individuazione area d'indagine *pag. 6*

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO *pag. 7*

2.1 – Inquadramento sismotettonico della Lunigiana *pag. 7*

2.2 –Sismicità del Comune di Tresana *pag. 15*

2.3 – Pericolosità sismica di base del Comune di Tresana *pag. 17*

3 – ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO *pag. 19*

3.1 – Substrato roccioso *pag. 20*

3.2 - Coperture *pag. 29*

4 – DATI GEOTECNICI E GEOFISICI *pag. 36*

4.1 – Indagini esistenti *pag. 36*

4.2 Nuove indagini effetuate *pag. 37*

4.2.1 Stendimenti di sismica a rifrazione con onde P e SH *pag. 37*

4.2.2 – Misure di vibrazioni ambientali *pag. 40*

5 – MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO *pag. 52*

5.1 – Frazione di Tassonarla *pag. 53*

5.2 – Frazione di Barbarasco *pag. 54*

5.3 – Frazione di Corneda e Bottria *pag. 55*

5.4 – Frazione di Tresana Capoluogo *pag. 56*

6 – INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE *pag. 57*

7 – METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI *pag. 58*

8 – ELABORATI CARTOGRAFICI *pag. 59*

8.0 – La carta geologico-geomorfologica *pag. 59*

8.1 – La carta delle Indagini *pag. 64*

8.2 – La Carta geologico-tecnica *pag. 65*

8.3 – La Carta delle Microzone Omogenee in Propsettiva Sismica (MOPS) *pag. 71*

8.3.1 – Zone stabili *pag. 72*

8.3.2 – Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali *pag. 73*

8.3.3 – Zone suscettibili d'instabilità *pag. 100*

9 - BIBLIOGRAFIA *pag. 105*

PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati delle indagini e degli studi di ***Microzonazione Sismica di Livello 1*** (**MS1**) condotti sul territorio del Comune di Tresana (Provincia di Massa Carrara) a seguito dell'incarico conferito dal Comune con Determina Dirigenziale n. 11 del 02/02/2013. e con il benestare della Direzione Generale delle Politiche Ambientali, Energia e Cambiamenti climatici - Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Firenze-Prato-Pistoia-Arezzo.

Lo studio e le indagini svolte sono state realizzate in conformità alle specifiche tecniche e gli standard di riferimento contenuti nei seguenti testi di riferimento:

- Indirizzi e Criteri generali per la Microzonazione Sismica (**ICMS**)– GdL DPC/Regioni. Documento approvato il 13 novembre 2008 dalla Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Provincie autonome.

- Istruzioni Tecniche per le indagini geologico-tecniche, geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana – Programma VEL Toscana – Del. GRT. n. 1343 del 18 dicembre 2000 e s.m.e.i.

- Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica (Versione 2.0 – giugno 2012) – Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica.

- Specifiche Tecniche Regionali per la redazione di indagini e studi di Microzonazione Sismica (Edizione 2), approvate con Delibera di G.R.T. n.741/2012.

1 - INTRODUZIONE

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di individuare ad una scala sufficientemente grande (scala comunale o sub comunale) l'esistenza di condizioni geologico-stratigrafiche, geomorfologiche e geotecniche locali in grado di:

1) modificare le caratteristiche del moto sismico atteso in situazioni ideali di bedrock rigido affiorante e privo di irregolarità morfologiche (pericolosità sismica di base);
2) produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture;
3) creare fenomeni di instabilità dei terreni.

Tali modificazioni sono note in letteratura come **effetti di sito** e la loro quantificazione rientra in quelli che sono i principali obiettivi degli studi di MS.

L'individuazione di zone del territorio caratterizzate da un **comportamento sismico omogeneo** permette di giungere ad una valutazione della pericolosità sismica locale attraverso il riconoscimento di zone stabili, zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e zone suscettibili di instabilità.

La MS rappresenta quindi un fondamentale strumento di conoscenza del territorio in rapporto alle possibili problematiche indotte dall'occorrenza di eventi sismici fornendo informazioni utili per le attività di pianificazione territoriale volte alla riduzione del rischio sismico.

In particolare la MS di Livello 1 rappresenta uno studio propedeutico e obbligatorio ai successivi livelli di approfondimento (MS di Livello 2 e Livello 3) e consiste in una raccolta organica e ragionata (razionalizzazione) delle informazioni di natura geologica, geotecnica e geofisica e dei dati preesistenti, e/o provenienti da nuove e specifiche indagini, finalizzata alla ricostruzione del modello geologico tridimensionale del sottosuolo nel territorio analizzato.

Sulla base di tale modello vengono definite delle **microzone qualitativamente omogenee** dal punto di vista del comportamento sismico che vengono riportate nella carta delle "Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)" la quale rappresenta di fatto la sintesi degli studi di MS di Livello 1.

Il Comune di Tresana si estende per circa 44,5 Km^2, interessando la porzione di territorio delimitata ad Est dal Fiume Magra, a Sud dal Torrente Cisolagna, a Ovest dalla dorsale definita dall'allineamento di creste del M. Castellaro (648.6 m slm), M. Belvedere (723 m slm), M. Alpicella (798 m slm) e Borra Grande (981.3 m slm) ed a Nord dal versante meridionale del M. Zucoletto 934.2 e dal Torrente Canosilla.

Il paesaggio del territorio comunale è tipicamente collinare-montano con boschi e ambienti rurali.

Il centro abitato di Barbarasco si sviluppa su di una spianata morfologica con quote compre tra 125 e 100 m slm .

Gli abitati di Corneda, Bottria e Tassonarla sorgono invece lungo dossi morfologici piuttosto regolari con larghezza in cresta inferiore rispetto a quella alla base.

Il territorio in corrispondenza dell'abitato di Tresana Capoluogo mostra una morfologia più articolata con rilievi caratterizzati da creste piu strette, versanti più ripidi e valli fluviali più incise e strette.

Il Comune di Tresana confina ad Est con i Comuni di Villafranca in Lunigiana e Licciana Nardi, a Nord con il Comune di Mulazzo, a Ovest con i Comuni di Calice di Cornoviglio (SP) e Podenzana e a Sud con i Comuni di Bolano (SP) e di Podenzana.

La popolazione raggiunge circa i 2000 abitanti che risiedono prevalentemente nei principali centri urbani localizzati lungo le principali direttrici viarie.

1.1 Cartografia di base, archivi e banche dati

Dal punto di vista cartografico il territorio del Comune di Tresana rientra nel Foglio 233 – Pontremoli della Carta 1:50000 dell'I.G.M.

Il presente studio è stato condotto utilizzando come cartografia di base le Sezioni scala 1:10000 della Carta Tecnica Regionale della Regione Toscana sulle quali sono stati sovrapposti, in corrispondenza dei principali nuclei abitati, i fogli CTR-2K scala 1:2000 (anno 2000).

Il quadro riepilogativo della cartografia utilizzata è riportato nella seguente tabella (Fig. 1).

CARTOGRAFIA DI BASE	
Carta Tecnica Regionale – Regione Toscana	
Sezioni scala 1:10000	Fogli scala 1:2000
233110	61506
233120	61507
233150	61508
233160	61511

Fig.1 – Tabella riepilogativa delle cartografie utilizzate nell'ambito del presente studio.

Come meglio specificato in seguito, ai fini del presente studio sono state recuperate tutte le informazioni esistenti sul territorio comunale e presenti sia nelle carografie del quadro conoscitivo degli strumenti urbanistici comunali, sia nell'ambito della Banche Dati realizzate dalle Amministrazioni Provinciali, Regionali e Statali.

In particolare, sono stati consultati i dati geologici, stratigrafici, geotecnici e geofisici immagazzinati nelle Banche Dati on-line di seguito riportate (Fig. 2).

Banca Dati	Contenuto	Indirizzo Web
Database delle indagini di sottosuolo del Servizio Geologico d'Italia (L.464/84)	indagini di sottosuolo eseguite tramite perforazioni sia per scopi di ricerche idriche che per opere di ingegneria civile	http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html
Database dei sondaggi profondi del Ministero dello Sviluppo Economico	sondaggi profondi realizzati per la ricerca di idrocarburi	http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html
Faglie capaci (ITHACA)	informazioni disponibili riguardo le faglie capaci, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali;	http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html
Geofisica	Carta Gravimetrica d'Italia scala 1:1.000.000 e scala 1:250.000. Linee sismiche progetto CROP e indagini geofisiche effettuate ex Legge 464/84 ed quelle effettuate dal Servizio Geologico d'Italia – ISPRA.	http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html
Banca dati del sottosuolo	dati su pozzi e derivazioni per i quali è stato fatto richiesta di concessioni e/o autorizzazioni dalle Amministrazioni provinciali.	http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-datisottosuolo
Banca dati indagini geotematiche BDIG	dati geotematici presenti nelle pubbliche amministrazioni.	http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-datiindagini-geotematiche
Banca dati stratigrafica della Toscana	stratigrafie georeferenziate reperite presso Enti pubblici ed Università nell'ambito del progetto finalizzato alla ricostruzione geometrica dei corpi idrici sotterranei significativi	http://sira.arpat.toscana.it/sira/index.html
Banca dati corpi idrici sotterranei	perimetrazione dei corpi idrici sotterranei e la loro ricostruzione geometrica tridimensionale;	http://www.lamma.rete.toscana.it/corpi-idricisotterranei
Banca dati geotermia	indagini geotermiche in senso lato (geologiche, geotecniche, geofisiche o idrogeologiche, in-situ e in laboratorio), provenienti da archivi esistenti forniti dalla Regione Toscana (Settore Energia e Miniere) e dal CNR/IGG di Pisa;	http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-datigeotermia
Banca dati concessioni acque minerali e termali	contiene, per le varie concessioni, le caratteristiche anagrafiche e posizionali di pozzi e sorgenti, mettendone in risalto le caratteristiche geologiche tramite l'inserimento delle stratigrafie e degli schemi di tubaggio dei pozzi, ove presenti	http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-datibconcessioni- acque-minerali-e-termali
Banca dati frane e coperture	lo strumento - inventario dei corpi di frana presenti sul territorio regionale censiti dai numerosi strumenti urbanistici e nel corso di precedenti progetti regionali ed arricchito di elementi di nuova interpretazione	http://www.lamma.rete.toscana.it/banca-datifrane

Fig.2 – Tabella riepilogativa delle Banche Dati on-line consultate nell'ambito del presente studio.

1.2 - Individuazione area d'indagine

Come prima fase è stata concordata con l'Amministrazione comunale la perimetrazione delle aree su cui condurre lo studio di MS di livello 1, individuate sulla base di una serie di criteri morfologici, geologici ed urbanistici di interesse ai fini della valutazione degli effetti locali.

A seguito di questa analisi è stata individuata come area di studio il settore orientale del territorio comunale.

Tale porzione di territorio risulta suddivisa, urbanisticamente, in n°5 distinte frazioni (vedi **Fig. 3**):

- Frazione di Tassonarla
- Frazione di Barbarasco
- Frazione di Corneda
- Frazione di Bottria
- Frazione di Tresana Capoluogo

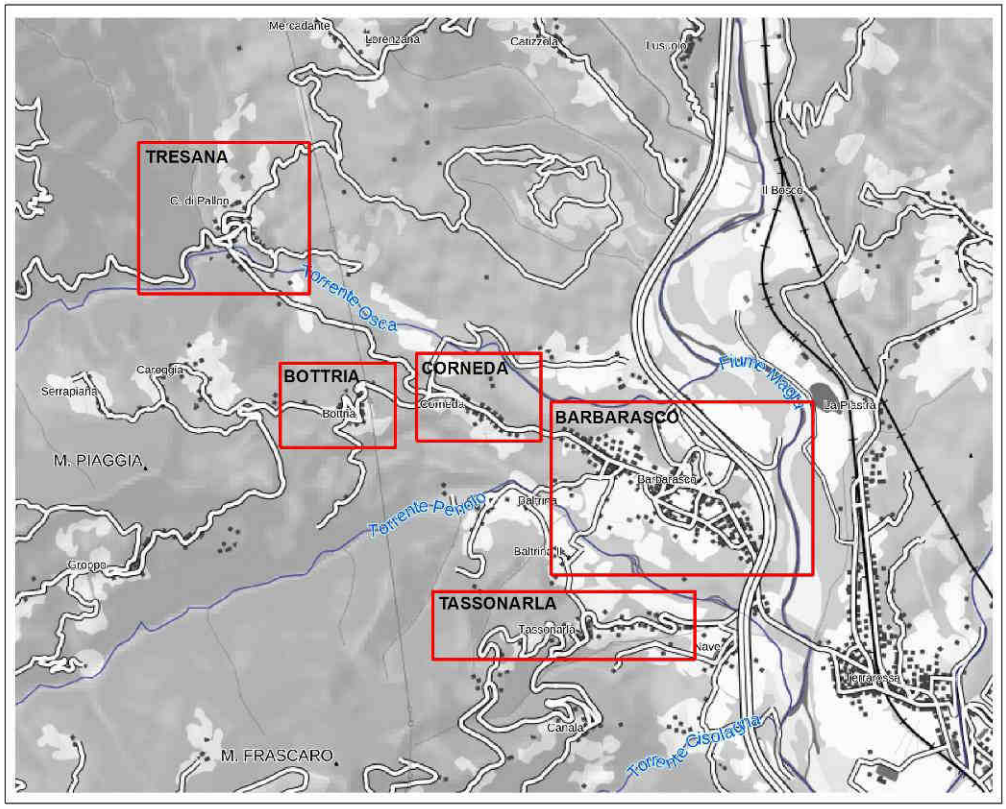


Fig.3 – Ubicazioni frazioni indagate nel territorio del Comune di Tresana.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Inquadramento simotettonico della Lunigiana

Il bacino tettonico Plio-Quaternario della Lunigiana è un **graben asimmetrico**, allungato in direzione NW-SE delimitato da un sistema di faglie bordiere sviluppate in corrispondenza del blocco di tetto (hanging wall) di un faglia regionale E-immergente a basso angolo (low-angle dethachment fault - LANF).

Tale struttura regionale (vedi **Fig. 4**) rappresenta la terminazione settentrionale dell'Etrurian Fault System (EFS), un sistema di faglie che si estende in direzione NNW-SSE dal bordo occidentale del bacino del Tevere fino ai bacini estensionali della Lunigiana e della Garfagnana per una lunghezza di circa 350 km (Boncio et al., 2000).

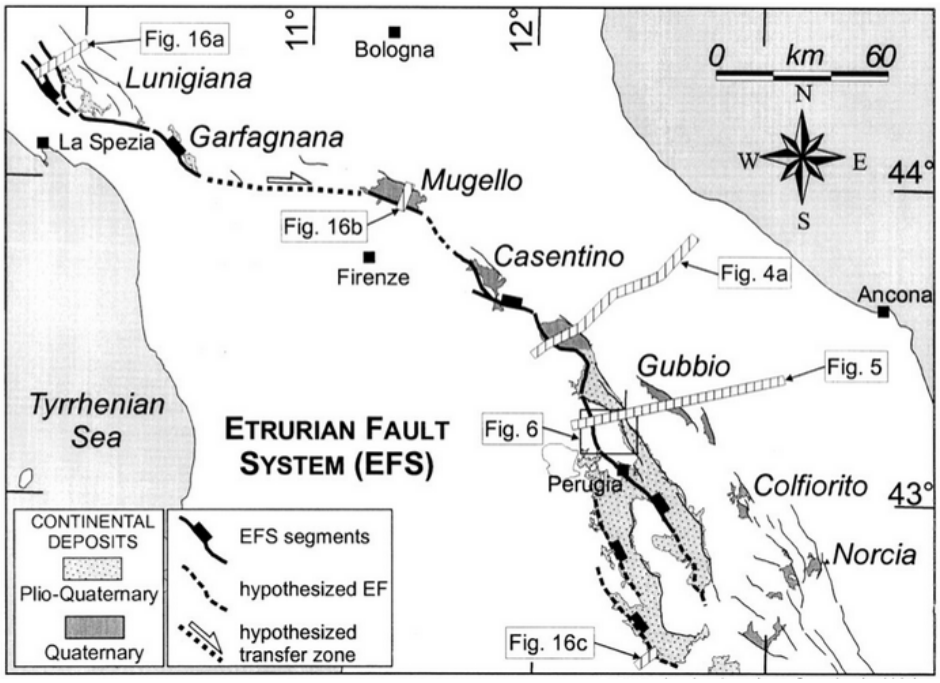


Fig.4 – Disegno schematico del sistema di faglie dell'*Etrurian Fault System* (EFS) e dei bacini intermontani associati riempiti da depositi Plio-Quaternari (da Boncio et al., 2000).

Dati strutturali, morfotettonici, sismologici e di sismica a riflessione (Camurri et al., 2001; Argnani et al., 2003) mettono in evidenza l'esistenza all'interno del bacino della Lunigiana di un set di faglie sintetiche E-immergenti, caratterizzate da inclinazioni (i) variabili tra 30 a 60° e rigetti complessivi (D) significativi (D>4 Km), ed un set di faglie antitetiche W-immergenti contraddistinte da inclinazioni più elevate (60<i<90°) e rigetti complessivi minori (D≈2.5 Km).

Le faglie E-immergenti caratterizzano il settore occidentale del bacino e si raccordano alla profondità di circa 5 Km su di un dethachment a basso angolo il quale emerge in superficie in corrispondenza del bordo orientale dell'horst di M. Picchiara – M. Cornoviglio (vedi **Fig. 5**).

Le faglie W-immergenti interessano invece il margine orientale del bacino, sviluppandosi lungo il versante interno del crinale appenninico sino a profondità che non superano i 5 Km (vedi **Fig. 5**).

I sistemi di **faglie** descritti hanno **direzione appenninica** (**SE-NW**) e sono associati a movimenti di tipo normale o normale con debole componente obliqua, risultando quindi compatibili con un campo di stress regionale di tipo estensionale con asse di massima compressione $\sigma 1$ sub-verticale e asse di minima compressione $\sigma 1$ sub-orizzontale e diretto ca SW-NE.

Tali sistemi di faglie principali sono raccordati da elementi trasversali antiappenninici (direzione da SW-NE a E-W), caratterizzati da superfici subverticali e movimenti transtensivi, sia destri che sinistri.

Queste strutture svolgono la funzione di transfer zones collegando le faglie dei sistemi estensionali appenninici, permettendo il trasferimento del movimento da una struttura all'altra (vedi **Fig. 5**).

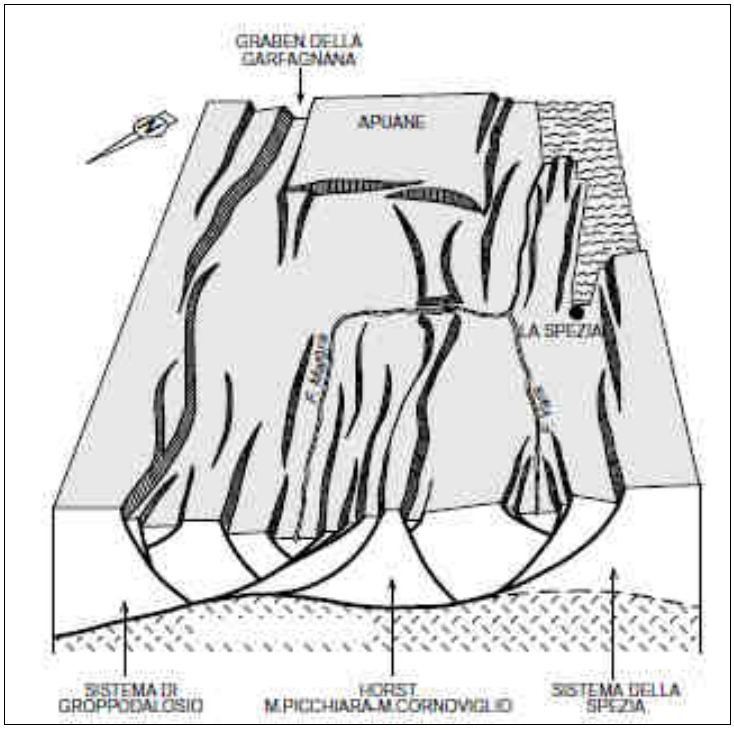


Fig.5 – *Block diagram* schematico (non in scala) delle strutture estensionali della Lunigiana (da Bernini & Papani; 2002).

La sismicità strumentale (0.4<M<4.2) misurata dalla Rete Sismica della Lunigiana e Garfagnana (RSLG) indica che i sistemi di faglie descritti sono attivi e sismogentici anche se il loro grado di attività, tassi di spostamento e massimo potenziale sismogenetico sono ad oggi ancora poco conosciuti.

Inoltre, la mancanza di dati sismologici strumentali relativi a terremoti di grande magnitudo, i bassi tassi di deformazione e gli scarsi affioramenti di depositi Plio-Quaternari rende difficile l'esatta individuazione delle principali strutture attive e sismogenitiche.

La sismicità si concentra ad E dell'horst di M. Picchiara – M. Cornoviglio (ad E della zona di emergenza del *detachment*) approfondendosi progressivamente verso E.

In corrispondenza del bacino di Pontremoli e di Aulla la sismicità è infatti prevalentemente superficiale (ipocentri dei terremoti a profondità < di 5 km), mentre al di sotto della catena appenninica gli ipocentri raggiungono i 15-20 km.

I modelli del sottosuolo ricostruiti sulla base di linee sismiche mostrano come gli ipocentri si localizzino in corrispondenza delle parti più profonde del *dethachment* e lungo i segmenti di faglia appartenenti al sistema antitetico W-immergente che delimita il versante SW della dorsale del M. Orsaro.

Il *dethachment* e relative strutture sintetiche (*splay*) possono quindi essere considerate il motore cinematico del sistema, con le faglie antitetiche W-immergenti responsabili dei terremoti più forti che interessano la regione.

Faglie E-immergenti con chiare evidenze di attività tardo-quaternaria sono individuate nel sistema di Mulazzo-Olivola, mentre le strutture W-immergenti più attive sono rappresentate dal sistema di Groppodalosio e da quello di Compione-Tresana (vedi **Fig. 6**).

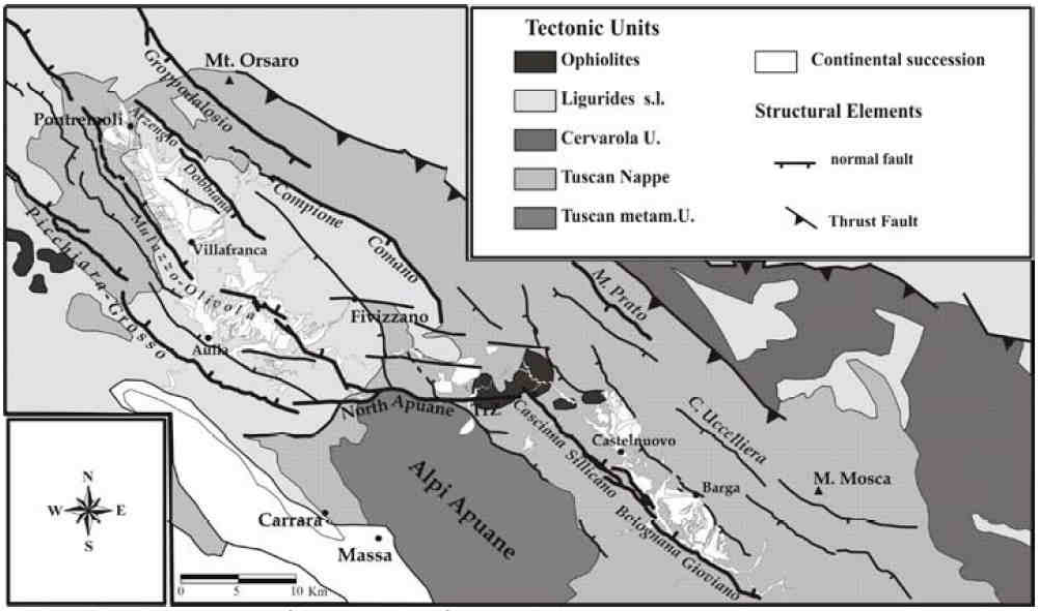


Fig.6 – Carta strutturale semplificata (non in scala) dei graben della Lunigiana e della Garfagnana

Nel *Database of Individual Seismogenic Sources* (*Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. http://diss.rm.ingv.it/diss/, © INGV 2015 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - All rights reserved; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0.*) è riportata la localizzazione e la geometria delle principali sorgenti simogenetiche potenzialmente responsabili dei terremoti di M > 5.5 che hanno colpito l'area in esame (vedi **Fig. 7**).

Nel complesso le strutture individuate (Sorgente Pontremoli: ITIS085; Sorgente Aulla: ITIS067; Sorgente Garfagnana North: ITIS050; Sorgente Garfagnana South: ITIS051) definiscono due distinte sorgenti sismogenetiche composite, orientate N150-120 ed immergenti verso E con inclinazioni di 30-45°, che emergono in superficie lungo i bordi orientali dei bacini tettonici della Lunigiana (Sorgente Composita Lunigiana: ITCS026) e della Garfagnana (Sorgente Composita Garfagnana: ITCS083) e dalle quali si generano **terremoti a profondità variabili tra 1 e 10 Km con massime magnitudo M tra 6 e 6.4**.

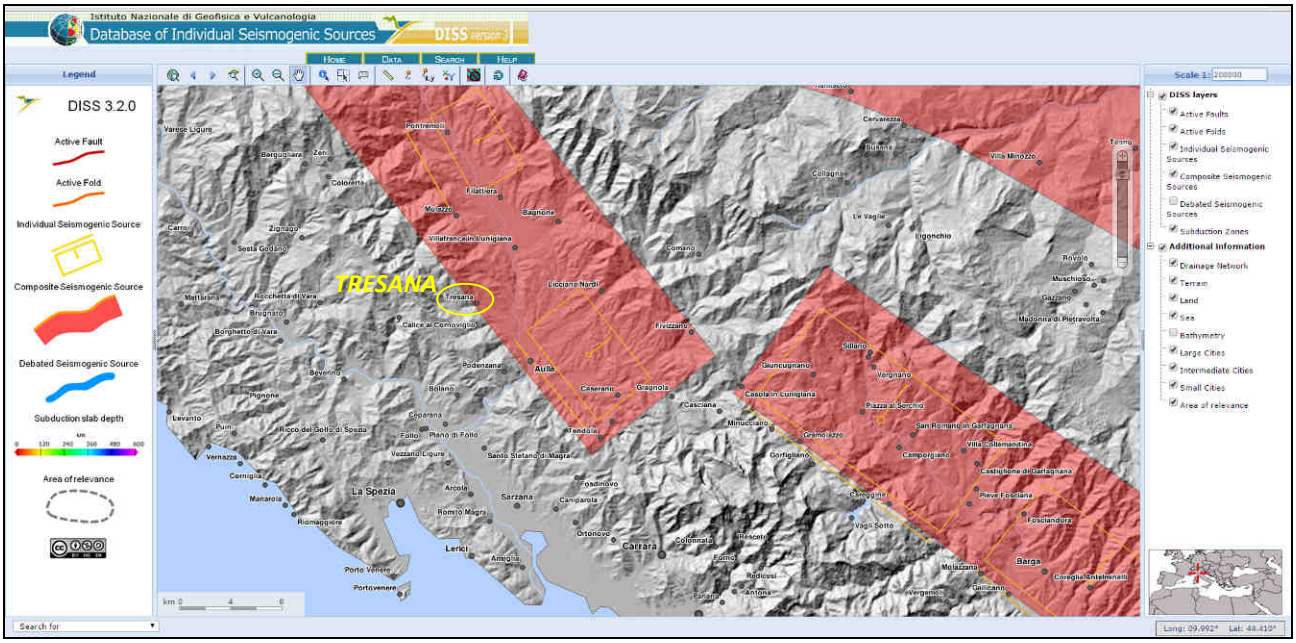


Fig.7 – Localizzazione delle faglie sismogeniche (giallo) potenzialmente responsabili dei massimi terremoti che hanno colpito la Lunigiana. Tali strutture definiscono due principali sorgenti sismogenetiche composite (rosso) che si sviluppano lungo il bacino tettonico della Lunigiana e della Garfagnana.

Le principali caratteristiche delle sorgenti sismiche descritte sono riportate nella tabella riportata in **Fig. 8**.

DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS026 - Lunigiana

Source Info Summary | Commentary | References | Pictures

General information

Code	ITCS026
Name	Lunigiana
Compiled By	Burrato, P., and G. Valensise
Latest Update	14/05/2010

Parametric information

	Parameter	Qual.	Evidence
Min Depth (km)	1	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Max Depth (km)	10	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Strike (deg)	310 - 330	OD	Based on geological data.
Dip (deg)	30 - 45	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Rake (deg)	260 - 280	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 1	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude (Mw)	6	EJ	Assumed from regional seismological data.
Q-keys:	LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement		

DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS083 - Garfagnana

Source Info Summary | Commentary | References | Pictures

General information

Code	ITCS083
Name	Garfagnana
Compiled By	Burrato, P., S. Mariano and G. Valensise
Latest Update	14/05/2010

Parametric information

	Parameter	Qual.	Evidence
Min Depth (km)	1	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Max Depth (km)	10	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Strike (deg)	300 - 310	OD	Based on geological data.
Dip (deg)	30 - 45	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Rake (deg)	260 - 280	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 1	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude (Mw)	6.4	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).
Q-keys:	LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement		

Fig.8 – Principali caratteristiche geometriche e sismiche delle sorgenti composite della Lunigiana (ITCS026) e della Garfagnana (ITCS083).

Il Catalogo della Sismicità Storica (Catalogo CPTI11) mostra per l'area in esame eventi di magnitudo superiore a 5 (vedi **Fig. 9** e **Fig. 10**) tra i quali spicca il terremoto distruttivo del **7 settembre 1920** di magnitudo **Mw=6.48 (I=IX-X)**.

L'analisi del campo macrosimico relativo a tale evento mette in evidenza come questo si sia generato a seguito di una rottura complessa dell'intero sistema estensionale con attivazione sia delle principali faglie che delimitano il bacino della Lunigiana sia delle faglie bordiere occidentali delll'alta Valle del Serchio (Faglia di Casciana-Sillicano).

Le distribuzioni di intensità associate ai principali terremoti storici (es. terremoti del 14/2/1834 I=VIII-IX M≈5.6; 7/5/1481 I=VIII-IX M≈5.8) permette di individuare come strutture a più recente attività e potenzialmente **sismogenetiche** quelle appartenenti ai **sistemi di faglie dirette NW-SE** di ***Mulazzo-Olivola-Soliera*** *e di* ***Groppodalosio-Compione-Tresana***.

Tempo Origine (UTC)	Lat.	Lon.	Prof.	Mag.	Sorgente	Zona
1920-09-07 05:55:40	44.185	10.278	0	mw 6.48	cpt11	--
1501-06-05 10:00:00	44.519	10.844	0	mw 5.98	cpt11	--
1542-06-13 02:15:00	44.006	11.385	0	mw 5.94	cpt11	--
1846-08-14 12:00:00	43.47	10.562	0	mw 5.91	cpt11	--
1834-02-14 13:15:00	44.432	9.851	0	mw 5.83	cpt11	--
1837-04-11 17:00:00	44.175	10.182	0	mw 5.81	cpt11	--
1914-10-27 09:22:36	43.911	10.598	0	mw 5.76	cpt11	--
1828-10-09 02:20:00	44.821	9.047	0	mw 5.76	cpt11	--
1971-07-15 01:33:23	44.814	10.345	0	mw 5.64	cpt11	--
1505-01-03 02:00:00	44.508	11.231	0	mw 5.57	cpt11	--
1470-04-11 00:00:00	44.162	11.037	0	mw 5.57	cpt11	--
1438-06-11 02:00:00	44.844	10.239	0	mw 5.57	cpt11	--
1293-03-00 00:00:00	43.932	10.913	0	mw 5.57	cpt11	--
1481-05-07 14:15:00	44.274	10.13	0	mw 5.55	cpt11	--
1831-09-11 18:15:00	44.752	10.544	0	mw 5.54	cpt11	--
1832-03-13 03:30:00	44.765	10.494	0	mw 5.53	cpt11	--
1895-05-18 19:55:12	43.703	11.264	0	mw 5.43	cpt11	--
1873-09-17 00:00:00	44.497	10.283	0	mw 5.43	cpt11	--
1869-06-25 13:58:00	44.314	11.116	0	mw 5.42	cpt11	--
1898-03-04 21:05:00	44.655	10.26	0	mw 5.41	cpt11	--
1767-01-21 07:45:00	44.132	10.123	0	mw 5.35	cpt11	--
1527-10-04 00:00:00	43.932	10.913	0	mw 5.35	cpt11	--
1365-07-25 18:00:00	44.498	11.34	0	mw 5.35	cpt11	--
1929-04-20 01:09:46	44.481	11.15	0	mw 5.34	cpt11	--
1453-09-28 22:45:00	43.785	11.284	0	mw 5.30	cpt11	--
1810-12-25 00:45:00	44.898	10.712	0	mw 5.29	cpt11	--
1536-08-17 00:05:00	44.364	10.933	0	mw 5.29	cpt11	--
1818-12-09 18:55:00	44.696	10.295	0	mw 5.28	cpt11	--
1903-07-27 03:46:00	44.329	9.953	0	mw 5.25	cpt11	--
1811-07-15 22:44:00	44.572	10.728	0	mw 5.25	cpt11	--
1671-06-20 10:00:00	44.674	10.866	0	mw 5.25	cpt11	--
1545-06-09 15:45:00	44.473	9.825	0	mw 5.25	cpt11	--
1740-03-06 05:15:00	44.124	10.59	0	mw 5.24	cpt11	--
1541-10-22 18:00:00	44.761	8.909	0	mw 5.24	cpt11	--
1911-09-13 22:29:00	43.436	11.343	0	mw 5.19	cpt11	--
1806-02-12 00:00:00	44.862	10.671	0	mw 5.19	cpt11	--
1937-12-10 18:03:46	44.334	10.834	0	mw 5.17	cpt11	--
1881-01-24 16:14:00	44.401	11.348	0	mw 5.16	cpt11	--
1812-09-11 12:00:00	43.659	11.14	0	mw 5.16	cpt11	--
1940-05-01 09:36:05	44.8	10.183	0	mw 5.15	cpt11	--
1904-11-17 05:02:00	43.964	10.82	0	mw 5.15	cpt11	--
1814-04-03 00:00:00	43.633	10.361	0	mw 5.15	cpt11	--
1902-08-04 22:37:10	44.2	10.2	0	mw 5.14	cpt11	--
1611-09-08 22:10:00	44.01	11.359	0	mw 5.14	cpt11	--
1547-02-10 13:20:00	44.697	10.631	0	mw 5.14	cpt11	--
1409-11-15 11:15:00	44.801	10.329	0	mw 5.14	cpt11	--
1399-07-20 23:00:00	44.441	10.925	0	mw 5.14	cpt11	--
1148-00-00 00:00:00	43.777	11.249	0	mw 5.14	cpt11	--
1920-09-06 14:05:24	44.25	10.283	0	mw 5.13	cpt11	--
1780-02-06 04:00:00	44.568	11.309	0	mw 5.13	cpt11	--
Totale eventi: 252 - Visualizzati: 50						

Fig.9 – Tabella estratta dal Catalogo della Sismicità Storica (Catalogo CPTI11) della Lunigiana e della Garfagnana.

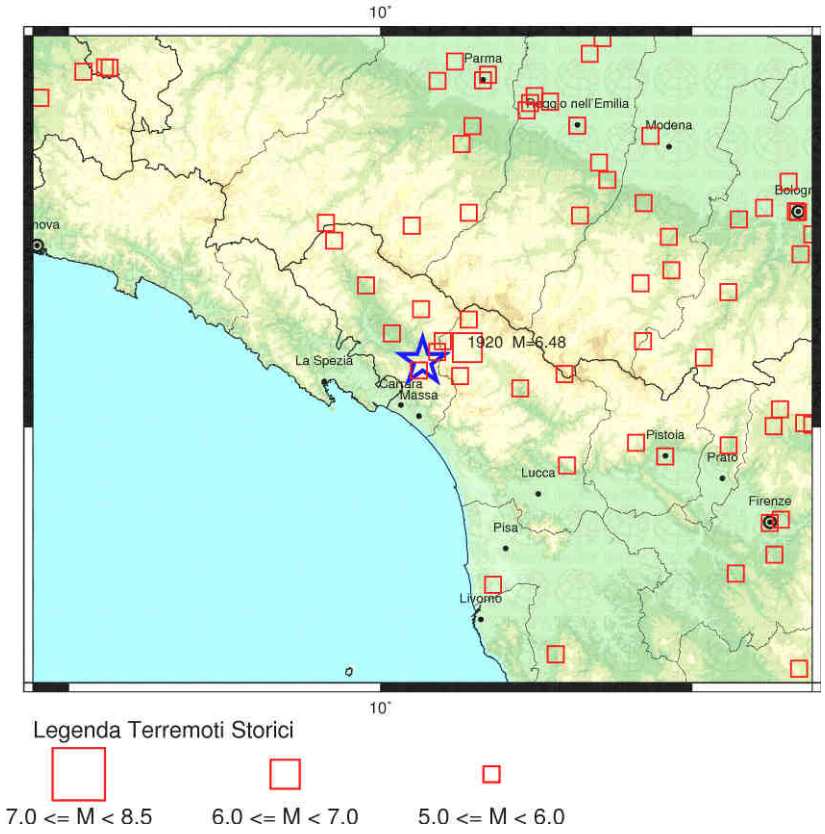


Fig.10 – Carta (non in scala) con riportati i principali terremoti storici che hanno colpito la regione della Lunigiana e della Garfagnana. La stella blu indica la localizzazione dell'epicentro dell'evento sismico del 21/06/2013 di M = 5.2.

Una principale struttura trasversale orientata da SW-NE a WSW-ENE (conosciuta come Marciaso-Minucciano *transfer zone*) è invece individuabile in corrispondenza della terminazione settentrionale del nucleo metamorfico apuano.

Tale struttura è rappresentata da un sistema di faglie inclinate ad alto angolo (> 50-60°) che collegano, agendo da *transfer zone* destra, le strutture del bacino della Lunigiana a quelle del bacino della Garfagnana.

L'attività di tale zona di faglia sembra testimoniata dai dati strumentali relativi alla localizzazione dell'evento del 10/10/1995 (M=4.9) e dal relativo meccanismo focale, caratterizzato da una componente trascorrente su di un piano ad alto angolo orientato ca. E-W, così come dalla distribuzione di intensitàà associate al terremoto del 11/4/1837 (I=IX-X, M≈5.7).

Anche l'ultima crisi sismica che ha interessato la Lunigiana nell'estate del 2013, caratterizzata da una principale scossa iniziale di **magnitudo (ML) pari a 5.2**, registata dalla Rete Sismica Nazionale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) alle ore 12:33 (ora locale) il 21/06/13, con epicentro tra i comuni di Minucciano, Casola, Fivizzano (coordinate ipocentrali LAT: 44.153° N, LON: 10.135°E e profondità di ca 5 km), è collegata all'attività di tale zona di faglia (vd Fig. 11-12-13).

L'evento del 21/06/13 è stato segutito da numerose scosse le più forti delle quali (eventi del 23/06/13 e del 30/06/13 entrambi di magnitudo Ml 4.4) si sono verificate a ca 7-8 Km E-NE rispetto all'evento principale.

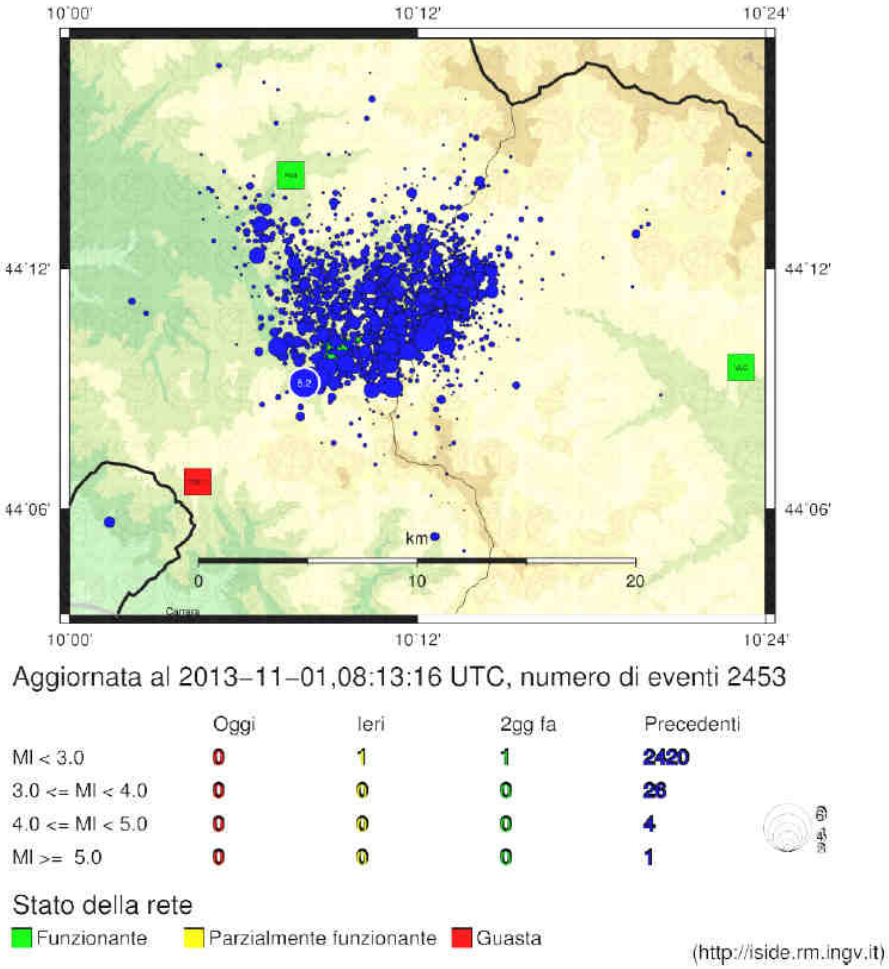


Fig.11 – Mappa (non in scala) epicentrale della sequenza sismica per il periodo 21/06/2013 – 01/11/2013.

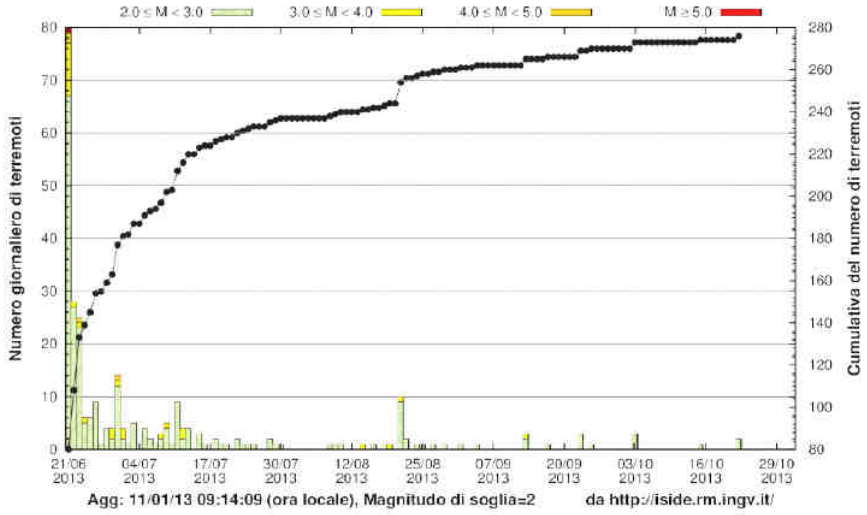


Fig.12 – Istogramma della sequenza sismica per il periodo 21/06/2013 – 01/11/2013 e cumulata degli eventi sismici.

Il meccanismo focale del terremoto del 21/06/13, e delle successive repliche principali, è caratterizzato da un movimento di tipo normale lungo una faglia orientata circa est-ovest che parrebbe ribassare il settore settentrionale (vedi **Fig. 13**).

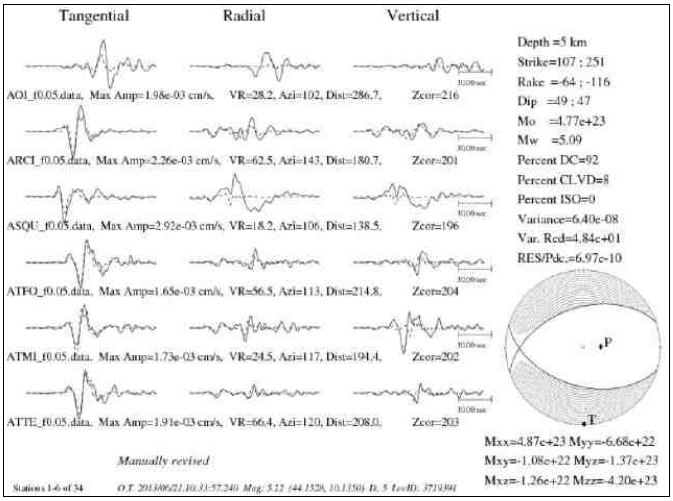
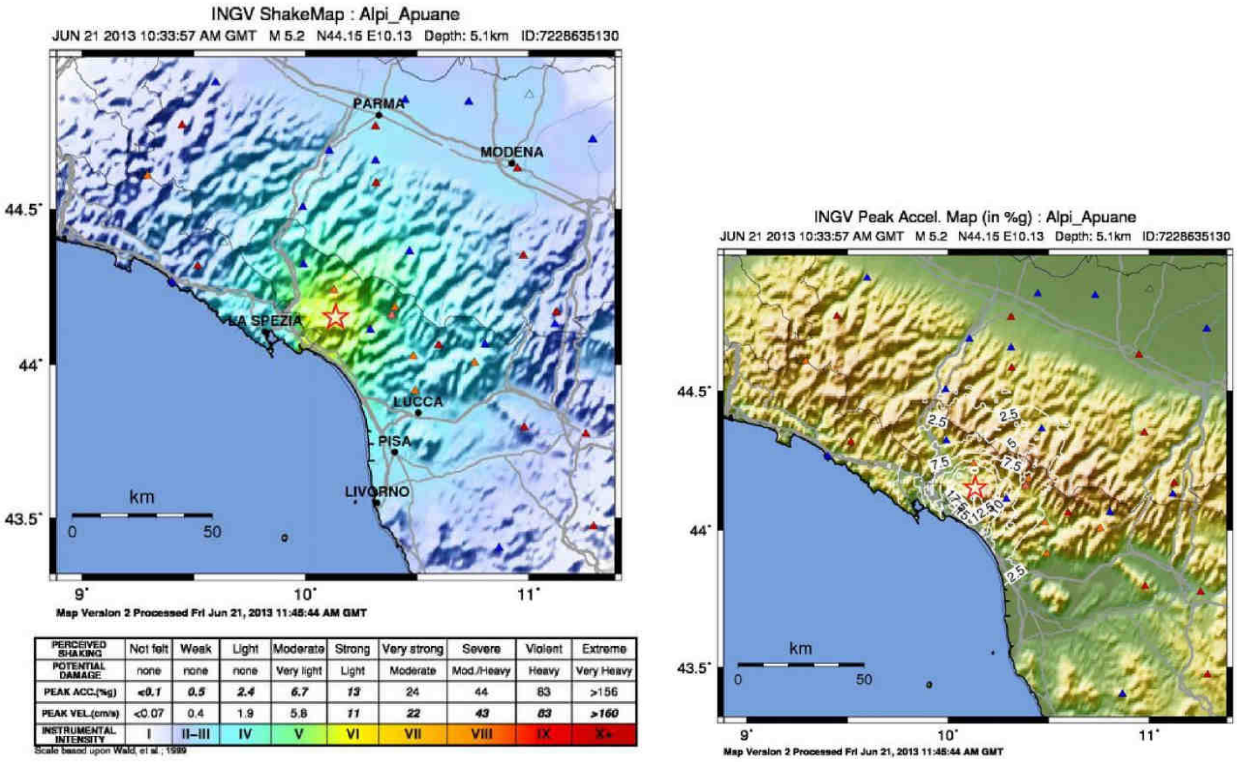


Fig.13 – Meccanismo focale del terremoto del 21/06/13.

La mappa di accelerazione di picco (*ShakeMap*) ha fornito per l'evento in esame una registrazione pari a circa 10% g in una stazione localizzata a circa 10 km dall'epicentro (vedi **Fig. 14**).



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	*<0.1*	*0.5*	*2.4*	*6.7*	*13*	24	44	83	>156
PEAK VEL.(cm/s)	<0.07	0.4	1.9	5.8	*11*	*22*	*43*	*83*	*>160*
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II–III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Wald, et al.; 1999

Fig.14 – Mappe di accelerazione di picco (*ShakeMap*) per il terremoto del 21/06/13.

2.2 – Sismicità del Comune di Tresana

In **Fig. 15** è sintetizzata la storia sismica del territorio del Comune di Tresana in base a quanto riportato nel DataBase Macrosismico Italiano DBMI11 (M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi; 2011).

Da tali dati si evidenzia come il territorio in esame sia interessato da terremoti del V grado MCS con eventi di maggiore intensità in grado di arrivare al VII-VIII grado MCS.

INGV - DBMI11 - Tresana

Storia sismica di Tresana
[44.255, 9.915]

Numero di eventi: 7

Effetti		In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	**Data**	**Ax**	**Np**	**Io**	**Mw**
8	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
4	1934 06 13 09:06	BORGO VAL DI TARO	29	6	4.99 ±0.24
F	1955 12 13 17:04	EQUI TERME	19	5	4.57 ±0.28
2	1963 07 19 05:45	Mar Ligure	463		6.02 ±0.14
4	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
4	1988 02 08 11:24	Garfagnana	75	6	4.53 ±0.13
5-6	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09

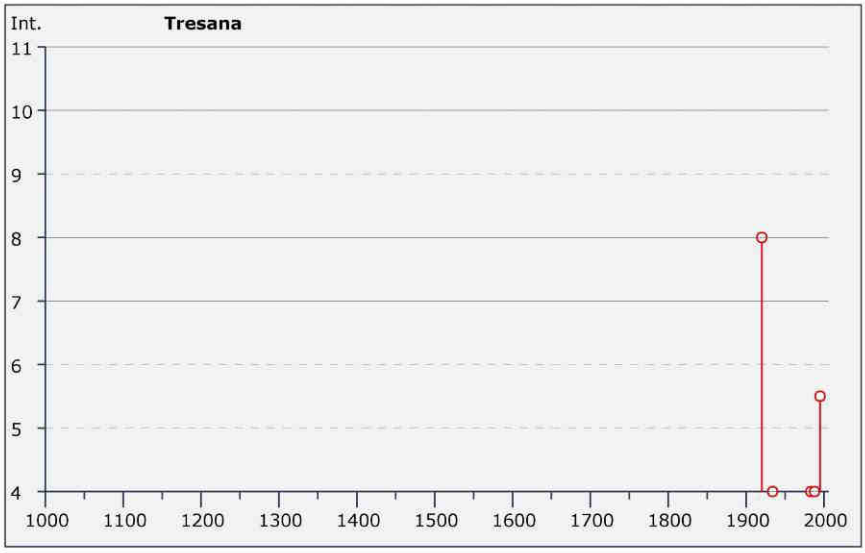


Fig. 15 – Storia sismica del Comune di Tresana così come riportata nel Database Macrosismico Italiano - DBMI11 (versione 2011) a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (2011). Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11, DOI: 10.6092/INGV.IT-DBMI11.

Nel Catalogo delle **Faglie Capaci** realizzato dal Servizio Geologico d'Italia - ISPRA nell'ambito del progetto **ITHACA** (ITaly HAzard from CApable faults) è riportata, nella porzione di territorio del Comune di Tresana indagata, una struttura tettonica principale attiva, denominata Faglia Foce-Tresana, potenzialmente in grado di creare deformazione in superficie (vedi **Fig. 16**).

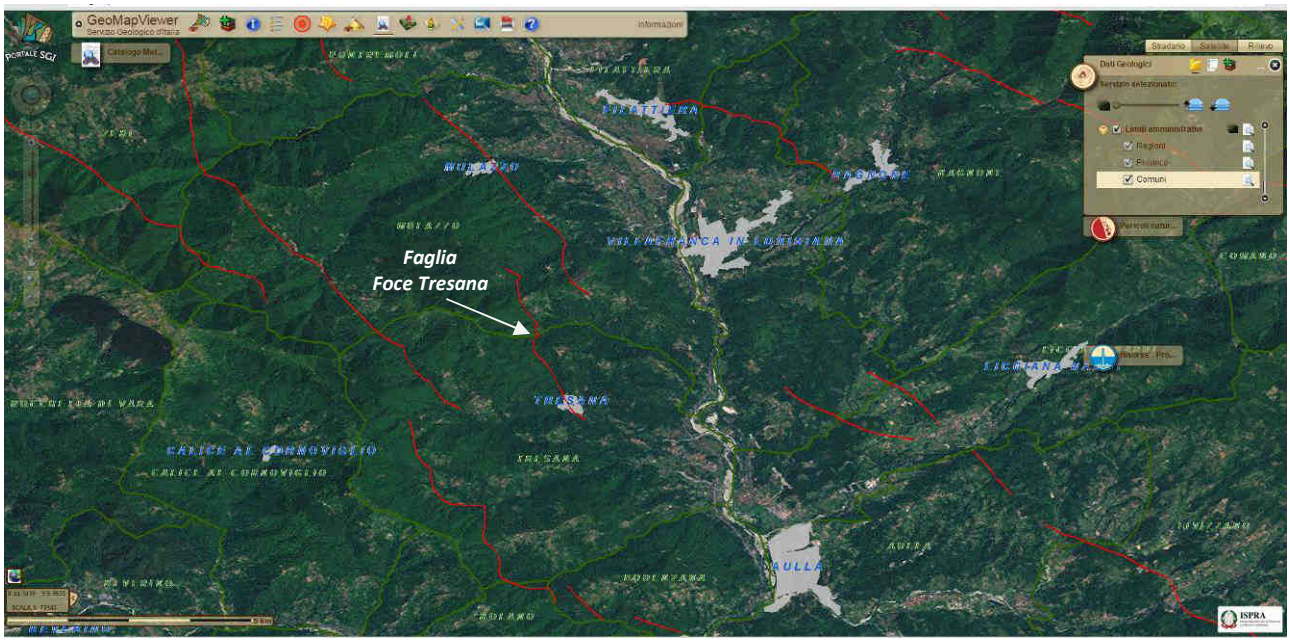


Fig. 16 – Localizzazione delle faglie attive e capaci nel territorio del Comune di Tresana (http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html).

Le informazioni ad oggi disponibili a riguardo delle caratteristiche cinematiche, grado di attività e tassi di spostamento della faglia sopracitata sono sintetizzate nella tabella riportata in **Fig. 17**.

FAULT NAME	**Foce-Tresana**
FAULT CODE	61708
MACROZONE	3
REGION NAME	Toscana
SYSTEM NAME	SW border of the Lunigiana basin- North Apuane
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	340
DIP	NE
KINEMATICS	NORMAL
LOCATION RELIABILITY	25000
APPLIED TECHNIQUES	FS
EVIDENCE FOR CAPABILITY	QB
ACTIVITY RELIABILITY	B
STUDY QUALITY	FAIR
KNOWN SEISMIC EVENTS	October 1995 (M = 4.9); April 11, 1837 (I=IX-X, M~5.7); 1767, 1902, 1928 and 1962 (4.5=M=5.2).

Fig. 17 – Tabella di sintesi delle informazioni disponibili sulla faglia attiva e capace denominata Foce-Tresana.

2.3 – Pericolosità sismica di base del territorio del Comune di Tresana

La **pericolosità sismica** esprime la probabilità che, in un certo intervallo di tempo, in una certa porzione di territorio si possa verificare uno scuotimento caratterizzato da una determinata intensità.

La **pericolosità sismica di base** è la misura dello scuotimento, in condizioni ideali di bedrock sismico affiorante e privo di irregolarità morfologiche (superficie topografica orizzontale), atteso in un dato sito, e dipende :

- dalle caratteristiche sismotettoniche dell'area;
- dalla modalità di rilascio dell'energia alla sorgente;
- dalla propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito.

Essa fornisce quindi le caratteristiche del **terremoto di riferimento** per un dato sito.

La pericolosità di base è di norma definita mediante approccio di tipo probabilistico, basato sulla raccolta ed interpretazione di dati e informazioni riguardanti la sismicità regionale, la sismo-tettonica, dati e registrazioni ottenuti da reti sismiche nazionali e locali.

Tale pericolosità sismica di base, definita ai sensi del D.M. 14/01/2008, fornisce quindi in termini probabilistici, per una determinata regione e per un determinato periodo di tempo, i valori, corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza, dei parametri che descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto.

In base alla Mappa di Pericolosità del territorio nazionale, il territorio del Comune di Tresana ricade in un'area dove l'***accelerazione massima***, riferita a a suoli rigidi con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, è compresa tra ***0.150 e 0.200 g*** (vedi **Fig. 18**).

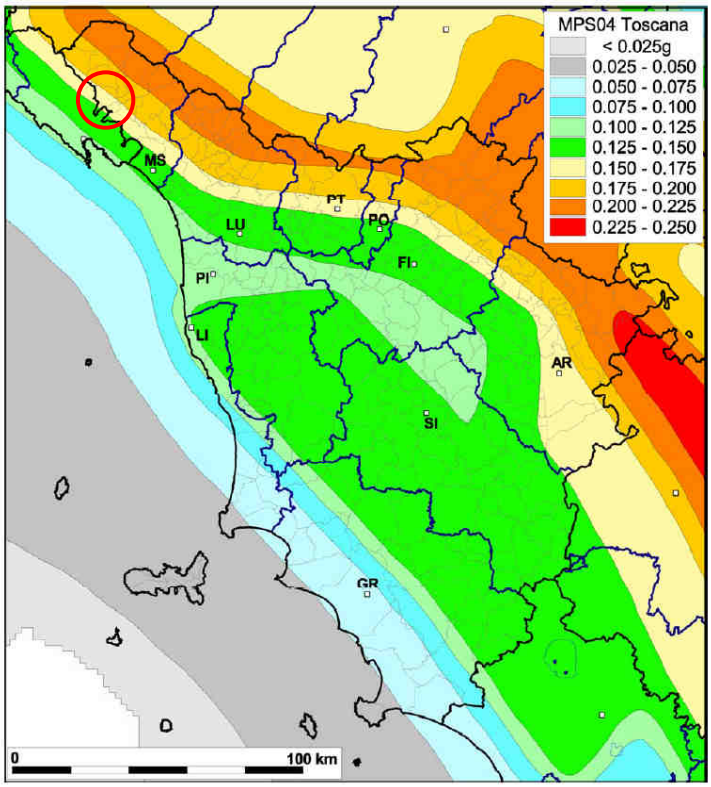


Fig. 18 – Mappa di Pericolosità Sismica (MPS) della Regione Toscana (mappa mediana al 50° percentile) con indicata (cerchio rosso) la posizione del Comune di Tresana. I valori di accelerazione sono riferiti a tempi di ritorno pari a 475 anni (INGV. 2004).

Con Del. GRT n. 878 del 8 ottobre 2012 (Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006) la Regione Toscana ha approvato la nuova classificazione sismica del territorio regionale, recentemente aggiornata con Del. GRT n. 421 del 26 maggio 2014 (aggiornamento Allegato 1 – Elenco dei Comuni Toscani con indicazione della Zona Sismica di appartenenza ed Allegato 2 – Mappa di Aggiornamento della Classificazione Sismica della Regione Toscana).

Contestualmente, si è provveduto alla cessazione d'efficacia della Del. GRT n. 841 del 26 novembre 2007 "Approvazione dell'elenco aggiornato dei comuni a maggior rischio sismico della Toscana.

La nuova Mappa di Aggiornamento della Classificazione Sismica della Regione Toscana – 2014, conferma il **Comune di Tresana in zona sismica 2** (vedi **Fig. 19**).

Il valore dell'accelerazione sismica relativa al tempo di ritorno di 475 anni (ag475) calcolato in corrispondenza della sede comunale risulta essere pari a 1.810 (g/10).

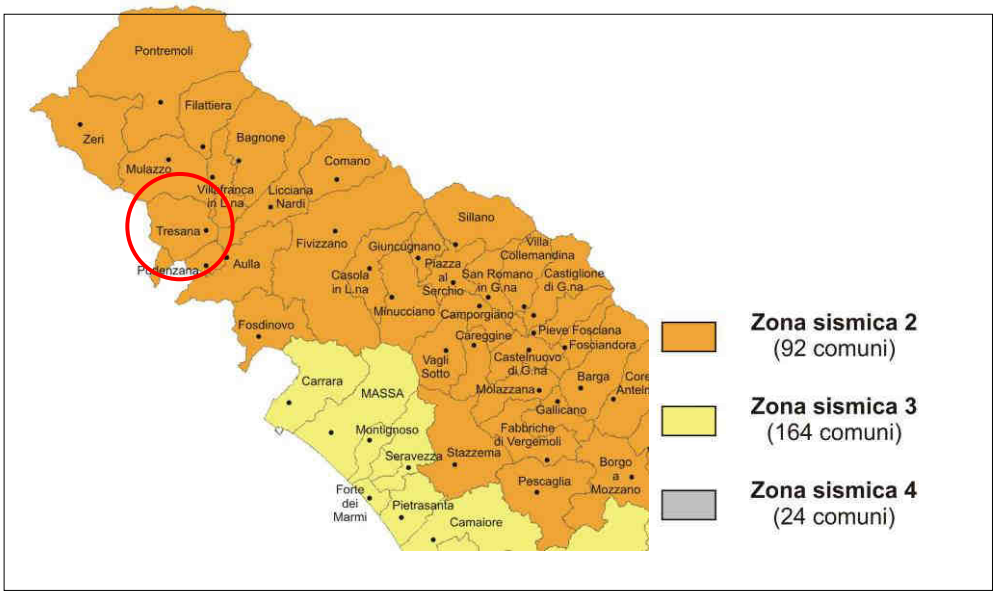


Fig. 19 - Estratto della Mappa di Aggiornamento della Classificazione Sismica della Regione Toscana 2014 con indicata (cerchio rosso) la posizione del Comune di Tresana.

3 – ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio ricade nel settore interno dell'Appennino Settentrionale, una catena orogenetica sviluppatasi durante il Terziario al limite tra la placca Europea ed il margine continentale della placca Adriatica dopo la chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese o Tedite alpina.

L'architettura della catena a falde dell'Appennino Settentrionale è il risultato di un processo di raccorciamento ed ispessimento crostale, accompagnato dallo sviluppo di pieghe e sovrascorrimenti con senso di trasporto tettonico verso Est ed impilamento di unità tettoniche di derivazione oceanica, oceanica-continentale e continentale, collegato alla subduzione verso ovest della microplacca Adriatica al di sotto della placca europea (blocco Sardo-Corso).

La deformazione crostale iniziata nell'Eocene, ha interessato prima i domini oceanici più interni (Unità Liguri) per poi continuare nell'Oligocene Superiore – Miocene Inferiore coinvolgendo i domini di transizione oceanica-continentale (Unità Sub-Ligure) ed i settori prossimali (Falda Toscana ed Unità Metamorfiche Toscane) e distali (Unità Umbro-marchigiane) del margine continentale adriatico.

Nel Miocene Inferiore – Medio il processo di delaminazione della crosta continentale subdotta, associato al roll-back della litosfera adriatica verso Est, ha determinato, in questo settore della catena, l'assottigliamento tettonico del cuneo di accrezione con esumazione delle unità appartenenti al nucleo metamorfico apuano e migrazione verso Est del fronte di raccorciamento.

In questa fase lo sviluppo di faglie normali a basso angolo, in molti casi attraverso la riattivazione con sensi di movimento di tipo normale delle principali superfici di sovrascorrimento, determina lo sviluppo di bacini tettonici all'interno dei quali si depositano sedimenti marini e/o continentali.

Il successivo sollevamento della catena è controllato da faglie ad alto angolo di tipo normale e/o trascorrente che mostrano chiare relazioni di sovrapposizione con le precedenti strutture.

L'attività di queste faglie è accompagnata da importanti processi erosivi evidenziati, nel settore di catena in esame, dalla presenza di clasti di rocce derivanti dal nucleo metamorfiche apuano nei livelli basali dei depositi continentali Villafranchiani dei bacini intramontani della Lunigiana e della Garfagnana.

Di seguito sono descritte le **formazioni geologiche** che costituiscono il **substrato roccioso affiorante** nell'area oggetto di studio secondo l'**ordine di sovrapposizione geometrica** (dall'alto verso il basso) delle rispettive unità tettoniche di appartenenza.

Successivamente sono descritte le diverse tipologie dei depositi quaternari che ricoprono il substrato roccioso.

3.1- Substrato roccioso

In **Fig. 20** è riportato un estratto della legenda della Carta Geologico-geomorfologica (scala 1:5000) redatta ai fini del presente studio, nella quale sono riportate le formazioni geologiche affioranti nell'area oggetto di studio.



Fig. 20 – Estratto legenda Carta Geologico-geomorfologica (scala 1:5000)

I nomi e le sigle utilizzate per identificare le diverse formazioni geologiche corrispondono a quelle riportate nella legenda della Nuova Banca dati Geologica della Regione Toscana a scala 1:10000 (**Continuum Geologico della Regione Toscana**).

Il substrato roccioso affiorante nell'area analizzata è costituito da formazioni appartenenti a 3 differenti unità tettoniche sovrapposte, dall'alto verso il basso, nel seguente ordine:

UNITA' DI OTTONE

L'Unità tettonica di Ottone deriva da un dominio paleogeografico caratterizzato da un substrato di crosta oceanica (Dominio Ligure Esterno) e comprende alla base depositi clastici grossolani, sia di natura ofiolitica che cristallina (Complessi di base Auctt.), al di sopra dei quali si trovano torbiditi calcareo-marnose (Flysch ad Elmintoidi Auctt.).

Nell'area in esame questa unità è rappresentata dal Flysch di Ottone e dal Complesso di Casanova.

Flysch di Ottone (OMT)

La formazione, datata sulla base di associazioni di nannofossili calcarei al Campaniano inferiore-Campaniano superiore/Maastrichtiano inferiore, è costituita da **torbiditi calcareo-marnose** di colore da grigio-scuro a ocra o marrone chiaro all'alterazione, con intercalazioni di argilliti ed argilliti siltose, arenarie e siltiti grigie.

Lo spessore degli strati calcareo-marnosi varia da 20-30 cm a 2-3 m, mentre gli interstrati argillitici e/o silicoclastici sono spessi da pochi cm a massimo 15-20 cm.

Questa formazione affiora principalmente nel settore occidentale dell'area oggetto di studio mostrando buone esposizioni in corrispondenza delle zone di cresta e delle scarpate delle viabilità principali (vedi **Fig. 21**).

In genere l'ammasso roccioso mostra un grado di fratturazione medio-alto e localmente si presenta piuttosto alterato /o scompaginato (vedi **Fig. 22**).

A causa delle laminazioni e dei raddoppi tettonici ed in relazione alla posizione geometrica al tetto delle altre unità affioranti nell'area in esame, lo spessore della formazione è difficilmente valutabile, comunque nell'ordine dei 200-400 m.



Fig. 21 – Torbiditi calcareo-marnose appartenenti alla Formazione del Flysch di Ottone (OMT) affioranti in corrispondenza della versante sovrastante la località Case di Pallon (Tresana Capoluogo). Nella foto è possibile osservare il principale set di fratture, orientato N150-160, che interessa il substarto roccioso in questa zona. Tale set di fratture caratterizzato da una notevole persistenza e spaziatura decimentrica, definisce la zona di danneggiamento della faglia principale denominata Foce-Tresana affiornate poco ad W.



Fig. 22 – Affioramento di Flysch di Ottone (OMT) alterato e scompaginato in località Bottria.

MVE – Complesso di Monte Veri:

Questa formazione, riferita al Campaniano inferiore-Campaniano superiore/Maastrichtiano inferiore, si intercala nella parte medio-bassa del Flysch di Ottone (OMT) ed è rappresentata da un'alternanza di paraconglomerati e brecce poligeniche ed olistoliti (vedi **Fig. 23**).

I clasti, costituiti prevalentemente da calcilutiti silicee (tipo palombini) e subordinatamente da radiolariti, ofioliti, graniti, areniti e siltiti, sono immersi in una matrice argillitica scagliosa grigia, marrone se alterata, e spesso sono ricoperti da patine di ossidi di ferro o manganese. Gli olistoliti, di varie dimensioni, sono rappresentati da rocce ofiolitiche, graniti, calcilutiti, calcari e diaspri. All'interno dei paraconglomerati, si trovano livelli brecce clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei od ofiolitici, in matrice siltitico-arenitica o argillitico-siltitica.

Nell'area indagata l'unità in esame mostra una stratificazione grossolana, talvolta lenticolare, marcata dalla giacitura degli olistoliti e raggiunge uno spessore massimo stimato di 150 m.

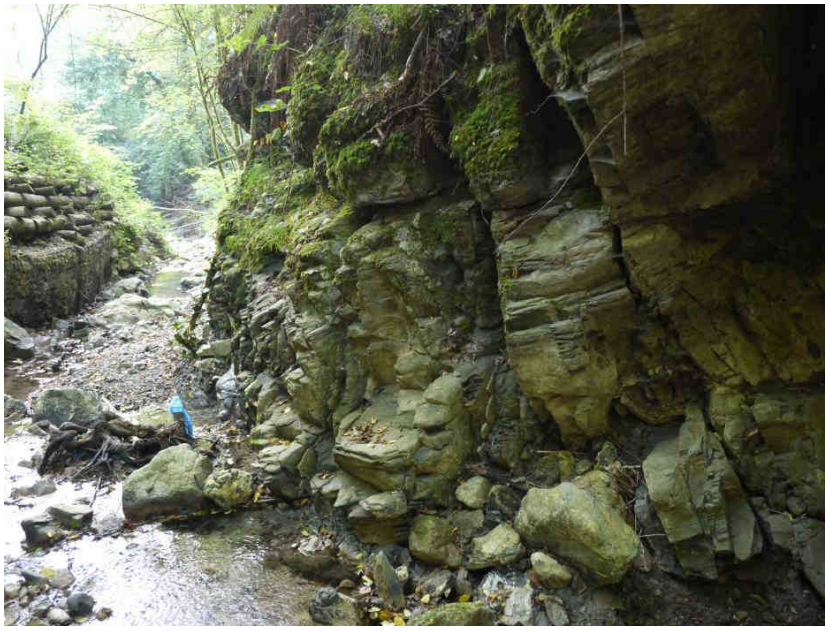


Fig. 23 – Olistolite costituito da bancate di calciluti all'interno del Complesso di Monte Veri affiorante lungo l'alveo del Fosso di Treggiara (località Tassonarla).

CCV – Complesso di Casanova:

Il Complesso di Casanova, la cui età è riferibile al Campaniano inferiore, è rappresentato da un'alternanza di più litotipi ed olistoliti (in prevalenza riferibili alle ofioliti e alla loro copertura sedimentaria) che generalmente non occupano un preciso ordine stratigrafico (Complessi di base Auct.). l'età del Complesso di Casanova e.

In particolare, nell'area indagata è possibile distinguere:

Brecce ad elementi ofiolitici (CCVa): Brecce clasto-sostenute a prevalenti elementi ofiolitici (in maggioranza basaltici) e in subordine di calcilutiti silicee (tipo palombini) e radiolariti in scarsa La matrice arenitico-siltitica. Le dimensioni dei clasti, da angolari a subarrotondati, variano da pochi centimetri fino al metro; il sorting è scarso. Queste brecce affiorano nella parte orientale dell'area indagata e raggiungono verosimilmente spessori di poche decine di metri (vedi **Fig. 24 e 25**).

Brecce ad elementi calcarei (CCVb): Brecce clasto-sostenute prevalentemente monomittiche, costituite da clasti eterometrici, da angolari a subarrotondati, di calcilutiti silicee (tipo palombini). I principali affioramenti di questa litofacies si osservano nel settore orientale dell'area investigata. Gli spessori massimi stimati superano i 100 m.

Brecce a matrice pelitica (CCVc): Brecce matrice-sostenute, con matrice argillitico-siltitica scagliosa, di colore da grigio-scuro a marrone chiaro, e clasti di calcari silicei, radiolariti, ofioliti e più raramente marne (cfr. Brecce di S. Maria Auct.). Le dimensioni dei clasti, da subangolari a subarrotondati, variano da pochi centimetri a qualche metro (vedi **Fig. 26**). Questa litofacies affiora nel settore settentrionale dell'area analizzata con spessori massimi stimabili che superano i 200 m.

Arenarie ofiolitiche (CCVd): Torbiditi arenaceo-pelitiche costituite da litoareniti ofiolitiche e/o quarzoso-micacee con intercalazioni di argilliti e siltiti.

Olistoliti: Nell'area indagata gli ostoliti presenti all'interno del Complesso di Casanova sono costituiti da ofioliti e dalla loro copertura sedimentaria e da graniti. In particolare, olistoliti di basalti e graniti affiorano in corrispondenza della località Castello presso Tresana Capoluogo (vedi **Fig. 27**), mentre olistoliti esclusivamente granitici si trovano nella zona di Tassonarla. I basalti (bv) sono massivi e relativamente poco alterati e/o fratturati, mentre i graniti (gv), caratterizzati da grana grossolana e da un aspetto da massivo a brecciato, si presentano in genere molto alterati.

Gli olistoliti riferibili alla copertura sedimentaria delle ofioliti sono rappresentati da successioni pelitico-calcaree e calcareo-pelitiche (calcilutiti silicee, argillititi, argilliti marnose e rari livelli di siltiti) riferibili alle ai Calcari a Calpionelle (cc) e alle Argille a palombini (ap). Quest'ultime, probabilmente anche in conseguenza a raddoppi tettonici dovuti a piegamenti e sovrascorrimenti, mostrano spessori massimi piuttosto significativi (superiori a 200 m) ed occupano una fascia centrale che attraversa da Nord a Sud l'area indagata (vedi **Fig. 28 e 29**).



Fig. 24 – Brecce ofiolitiche (CCVa) affioranti lungo la Strada Vicinale della Grotta (località Barbarasco).



Fig. 25 – Brecce ofiolitiche (CCVa) affioranti lungo l'alveo del Torrente Osca (località Tresana Capoluogo).



Fig. 26 – Affioramento di Brecce a matrice pelitica (CCVc) lungo l'alveo del Torrente Osca (Località Tresana Capoluogo)



Fig. 27 – Olistolite granitico (gv) affiorante lungo l'alveo del Torrente Osca (Località Tresana Capoluogo)



Fig. 28 – Olisotlite di Argille a Palombini (ap) affiorante nei pressi di Bottria.



Fig. 29 – Olisotlite di Argille a Palombini (ap) affiorante lungo l'alveo del Fosso di Treggiara (località Tassonarla).

UNITÀ DI CANETOLO

L'unità tettonica di Canetolo deriva da un dominio paleogeografico di transizione tra i domini liguri, caratterizzati da crosta oceanica, ed i domini toscani, contraddistinti da crosta continentale, e nell'area di studio è rappresentata da successioni argillitico-calcaree e calcareo-marnose (Argille e Calcari di Canetolo e Calcari di Groppo del Vescovo) sulle quali si sovrappongono depositi silicoclastici (Arenarie di Ponte Bratica e Arenarie di Petrignacola).

Nel settore nord-occidentale dell'area indagata sono presenti limitati affioramneti di litotipi riferibili alle formazioni delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC) e dei Calcari di Groppo del Vescovo (CGV).

Calcari di Groppo del Vescovo (CGV)

La formazione è costituita da torbiditi calcaree e calcareo-marnose grigio-chiare, in strati da medi a spessi (20-80 cm), a cui si intercalano calcari marnosi silicei, areniti fini, argillti e argilliti marnose.

La formazione viene datata all'Eocene Inferiore-Medio.

Argille e Calcari di Canetolo (ACC)

Questa formazione, riferita all'intervallo Paleocene superiore-Eocene Medio, è rappresentata da un'alternanza di argilliti, siltiti e calcari micritici a luoghi silicei, di colore grigio-scuro in strati da sottili a spessi a cui si intercalano torbiditi calcareo-marnose a base arenitica.

FALDA TOSCANA

L'Unità tettonica della Falda Toscana deriva da un dominio paleogeografico caratterizzato da un substrato di crosta continentale (Dominio Toscano) e nell'area in esame è rappresentata dalle formazioni delle Marne di Marmoreto (MMA) e del Macigno (MAC).

Marne di Marmoreto (MMA)

Questa formazione si trova al tetto della Formazione del Macigno, in contatto tettonico con la sovrastante Unità di Canetolo, ed è costituita da siltiti marnose grigie spesso caratterizzate da una fissilità molto marcata.

Nell'area analizzata affiora solamente in un limitato settore a SW di Tresana Capoluogo.

La formazione è riferita all'Oligocene Superiore p.p.-Miocene Inferiore p.p.

Macigno (MAC)

La formazione è costituita da arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatico-micacee gradate, in strati di potenza variabile, con livelli più sottili di siltiti in strati da sottili a molto spessi e subordinatamente da siltiti ed argilliti

La formazione del Macigno, riferita all'Oligocene Superiore p.p.-Miocene Inferiore p.p., affiora esclusivamente nel settore settentrionale dell'area indagata (vedi **Fig. 30**) e si caratterizza per un generale assetto monoclinale immergente verso S-SW.



Fig. 30 – Affioramento di arenarie appartenenti alla formazione del Macigno (MAC) osservabile lungo l'alveo del Torrente Osca (Località Tresana Capoluogo)

3.2 - Coperture

In **Fig. 31** è riportato un estratto della legenda della Carta Geologico-geomorfologica (scala 1:5000) redatta ai fini del presente studio, nella quale sono riportati le diverse tipologie dei depositi continentali quaternari e fluvio-lacustri rusciniani-villafranchiani (e relativa sintetica descrizione del deposito) che ricoprono il substrato roccioso.

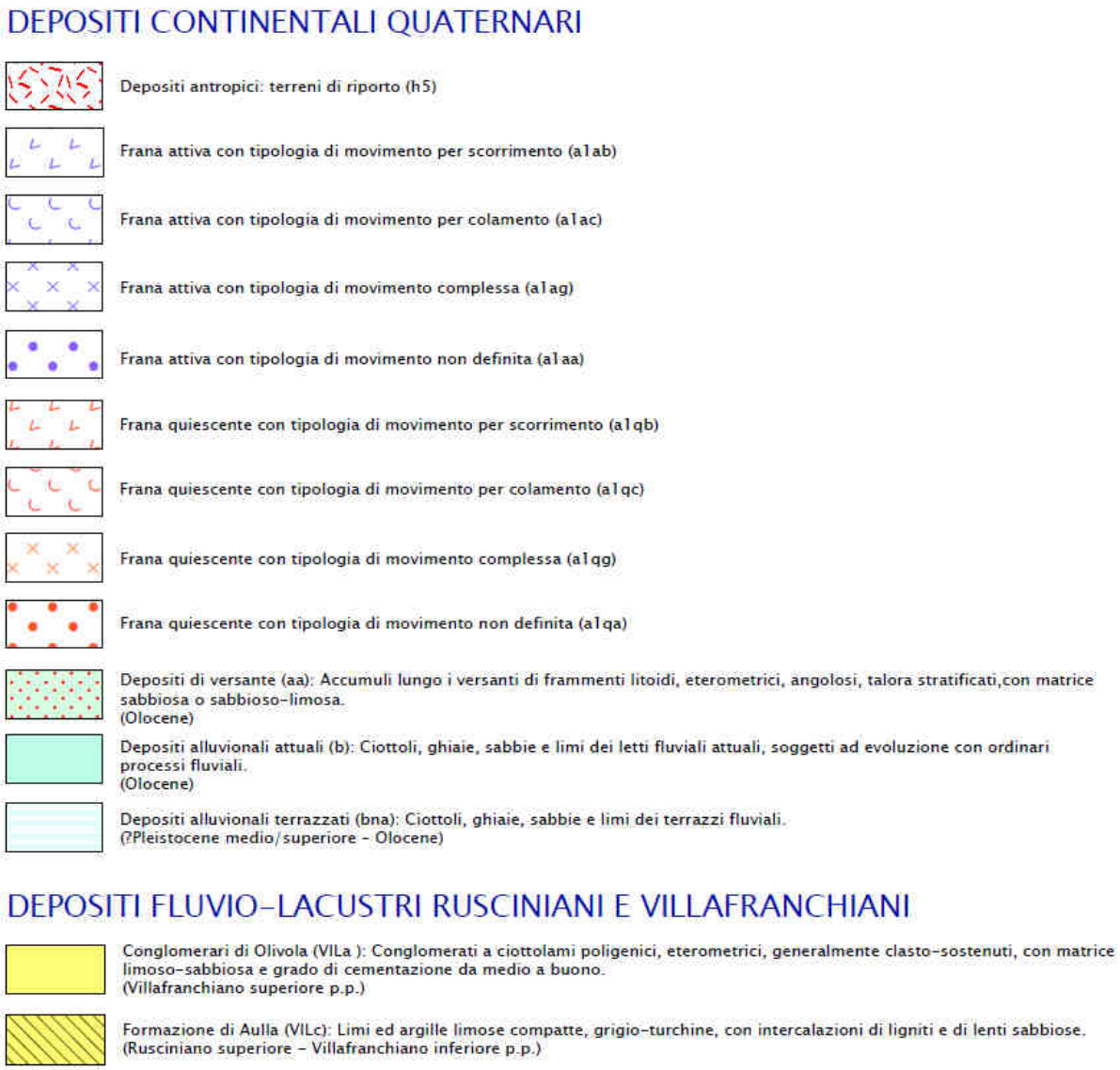


Fig. 31 – Estratto legenda Carta Geologico-geomorfologica (scala 1:5000)

Le frane cartografate sono state suddivise in base al loro stato di attività in frane attive (Frana attualmente in movimento, o si è mossa negli ultimi cicli stagionali) e frane quiescenti (Frana che non si è mossa negli ultimi cicli stagionali, ma può essere riattivata dalle sue cause originali), mentre per definire la relativa tipologia di movimento si è fatto riferimento alle cartografie e banche dati esistenti e al contesto geologico geomorfologico ricostruito a seguito delle attività di rilievo sul terreno svolta.

Per quanto riguarda i depositi di versante (**aa**) sono stati riportati in carta le aree caratterizzate da coperture detritiche di origine eluvio-colluviale con spessori superiori ai 3 m.

I depositi alluvionali terrazzati (**bna**) occupano gran parte del settore centro-orientale dell'area di studio (zona di Barbarasco; vedi **Fig. 32 e 33**) e risultano organizzati in diversi sistemi, non distinti nella carta geologica-geomorfologica, profondamente incisi e sollevati rispetto agli attuali alvei dei principali corsi d'acqua (Fiume Magra, Torrente Osca e Torrente Penolo).



Fig. 32 – Spianata morfologica costituita da depositi alluvionali terrazzati osservabile nella zona di Barbarasco.



Fig. 33 – Depositi alluvionali terrazzati affioranti in corrispondenza di una scarpata di erosione fluviale lungo l'alveo del Torrente Penolo (Località Barbarasco).

Le alluvioni attuali (**b**) occupano invece i fondovalle dei principali corsi d'acqua e sono costituiti da ciottoli, ghiaie, sabbie e limi di composizione polimittica.

Lungo l'alveo del Torrente Osca (vedi **Fig. 34**) e del Torrente Penolo il loro spessore risulta essere modesto (pochi metri) mentre raggiungono spessori maggiormente significativi in corrispondenza del corso del Fiume Magra.



Fig. 34 – Depositi alluvionali attuali osservabili all'interno dell'alveo del Torrente Osca (Località Barbarasco).

DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI RUSCINIANI E VILLAFRANCHIANI

VILa – Conglomerari di Olivola:

Questi depositi si sono originati in sistemi di tipo delta-conoide o di tipo fluviale e sono costituiti da conglomerati a ciottolami poligenici, eterometrici, clasto-sostenuti, più raramente matrice-sostenuti; con grado di cementazione generalmente buono (vedi **Fig. 35-36-37**).

I ciottoli sono ben arrotondati e provengono in prevalenza da formazioni appartenenti alla Falda Toscana.

La stratificazione, assente o poco distinta, è spesso marcata da intercalazioni sabbiose o sabbioso-argillose (vedi **Fig. 38**) ed il contatto con il sottostante substrato roccioso è marcatamente erosivo (vedi **Fig. 39-40**).

Nell'area analizzata questi depositi raggiungono uno spessore massimo di circa 20 m e affiorano estesamente nella zona di Corneda, Baltrina, Tassonarla e lungo le scarpate settentrionali del terrazzo fluviale di Barbarasco.

Sulla base dei resti di vertebrati rinvenuti ad Olivola nella parte sommitale della Formazione di Aulla (formazione immediatamente sottostante i Conglomerati di Olivola) questi depositi sono stati riferiti alla parte basale del Villafranchiano superiore.



Fig. 35 – Affioramento di Conglomerati di Olivola (VILa) in corrispondenza dei tagli stradali lungo la Strada Provinciale di Tresana N.23 (Località Corneda).



Fig. 36 – Affioramento di Conglomerati di Olivola (VILa) in corrispondenza di una scarpata di terrazzo fluviale in sinistra del Terronte Penolo (Località Barbarasco).

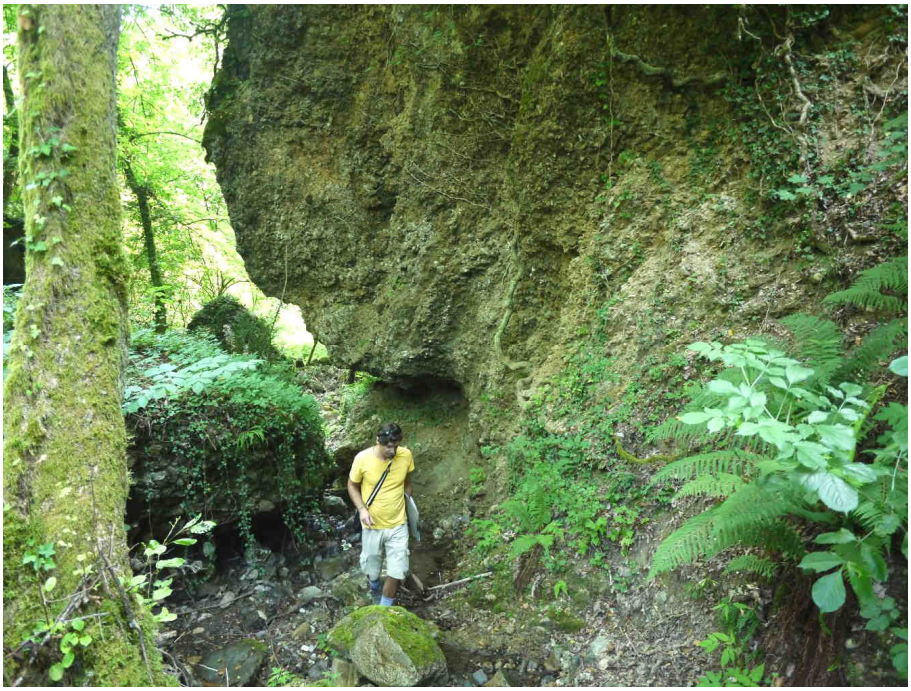


Fig. 37 – Affioramento di Conglomerati di Olivola (VILa) lungo l'alveo del Canale della Zoppa (Località Baltrina).



Fig. 38 – Particolare dei livelli sabbioso-argillosi intercalati ai Conglomerati di Olivola (VILa) (Località Canale della Zoppa - Baltrina).



Fig. 39 – Contatto tra i Conglomerati di Olivola (VILa) e le brecce ad elementi ofiolitici (CCVa) del Complesso di Casanova osservabile lungo lìalveo del Torrente Osca (Località Corneda).



Fig. 40 – Particolare del contatto erosivo tra i Conglomerati di Olivola (VILa) e le brecce ad elementi ofiolitici (CCVa) del Complesso di Casanova (Località Corneda).

VILc – Formazione di Aulla

La formazione è rappresentata da argille sabbiose grigie o grigio-azzurre, fetide alla percussione, a luoghi ricche di frammenti di lignite, alle quali si intercalano sabbie siltose giallo ocra e livelli conglomeratici matrice sostenuti.

La formazione passa stratigraficamente ai Conglomerati di Olivola ed è datata al Rusciniano superiore - Villafranchiano inferiore p.p..

4. Dati geotecnici e geofisici

4.1 Indagini esistenti

Per realizzare la Carta delle Indagini è stata eseguita una ricerca negli archivi del Genio Civile di Massa Carrara, nell'archivio delle pratiche edilizie presentate presso il Comune di Tresana e negli archivi personali di colleghi che hanno lavorato nella zona.

A questo proposito un caloroso ringraziamento risulta dovuto al Dott. Geol. Fausto Amadei dello studio TE.AM. ed alla società Geognostica Apuana S.n.c., che ha fornito buona parte dei dati raccolti.

Nella carta delle indagini sono state innanzitutto riportate le indagini fatte eseguire dal Servizio Sismico Regionale nell'ambito dei vari progetti che hanno interessato l'area in esame.

4.1.1 Indagini esistenti nell'intorno della frazione di "Tassonarla"

Nell'area di Tassonarla sono state fatte realizzare, per conto del Servizio Sismico Regionale, le seguenti indagini:

- N°2 profili di sismica a rifrazione con onde P e SH (eseguiti dalla Ditta "Geognostica Apuana S.n.c.")

In questa zona è stato possibile risalire alle seguenti indagini realizzate per conto di privati:

- N°1 profilo di sismica a rifrazione con onde SH
- N°1 profilo di sismica a rifrazione con onde P
- N°1 indagine sismica tipo MASW
- N°5 prove penetrometriche dinamiche superpesanti

4.1.2 Indagini esistenti nell'intorno della frazione di "Barbarasco"

Nell'area di Barbarasco sono state fatte realizzare, per conto del Servizio Sismico Regionale, le seguenti indagini:

- N°2 sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT e prelievo campioni
- N°2 prove downhole all'interno dei fori di sondaggio (eseguite dalla Ditta "Methodo S.r.l.")
- N°5 profili di sismica a rifrazione con onde P (eseguiti dalla ditta "TE.AM.")
- N°7 profili di sismica a rifrazione con onde P e SH (di cui n.2 eseguiti dalla Ditta "Methodo S.r.l." e n.5 eseguiti dalla Ditta "Geognostica Apuana S.n.c.")

In questa zona è stato possibile risalire alle seguenti indagini realizzate per conto di privati:

- N°3 prove penetrometriche dinamiche superpesanti
- N°1 prova penetrometrica dinamica superpesante con rivestimento

4.1.3 Indagini esistenti nell'intorno della frazione di "Corneda"

Nella frazione di Corneda è stato possibile risalire alle seguenti indagini realizzate per conto di privati:

- N°1 profilo di sismica a rifrazione con onde SH
- N°1 prova penetrometrica dinamica superpesante

4.1.4 Indagini esistenti all'interno della frazione di "Bottria"

Nella frazione di Bottria è stato possibile risalire alle seguenti indagini realizzate per conto di privati:

- N°1 prova penetrometrica dinamica superpesante

4.1.5 Indagini esistenti nell'intorno della frazione di "Tresana"

Nei dintorni della frazione di Tresana è stato possibile risalire alle seguenti indagini realizzate per conto di privati:

- N°1 profilo di sismica a rifrazione con onde P
- N°1 indagine sismica tipo MASW
- N°9 prove penetrometriche dinamiche superpesanti

4.2 Nuove Indagini effettuate

4.2.1 Stendimenti di sismica a rifrazione con onde P e SH

Per integrare le indagini esistenti ed ottenere informazioni di natura stratigrafica e sismica in alcune aree prive di indagini significative, sono stati realizzati **n°3 nuovi profili di sismica a rifrazione con onde P e SH** di cui uno della lunghezza di 144m e due della lunghezza di 120 metri.

Stendimento di sismica a rifrazione ST10 con onde P e SH eseguito nella frazione di Corneda

Il primo profilo, della lunghezza di 144m, è stato realizzato nella frazione di **Corneda**, lungo il tracciato stradale di Via Giacomo Matteotti, ed ha consentito di individuare tre diversi sismostrati (vedi **Fig.41**).

COMUNE DI TRESANA PROVINCIA DI MASSA CARRARA INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA	Committente: COMUNE DI TRESANA Base sismica: ST10 Località : CORNEDA Data: Luglio 2013

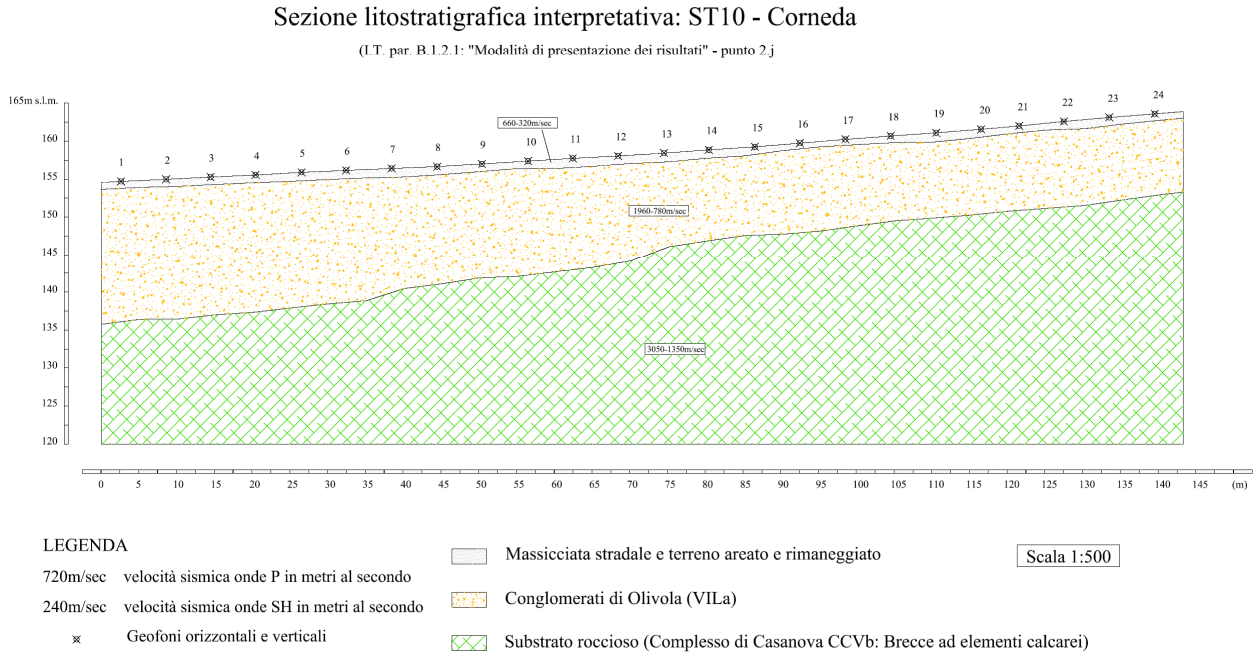


Fig. 41 – Sezione litostratigrafica interpretativa ST10 con onde P e SH eseguita in località Corneda

Il primo sismostrato corrisponde alla massicciata stradale ed al terreno rimaneggiato e presenta uno spessore prossimo ad 1.0 metro ed una velocità delle onde SH di 320m/sec.

Il secondo sismostrato individuato è costituito dai depositi fluvio-lacustri Villafranchiani e più precisamente alla formazione dei "Coglomerati di Olivola" (VILa) e presenta uno spessore variabile da 10 a 18 metri ed una velocità delle onde SH di 780m/sec.

Infine il terzo sismostrato corrisponde al substrato roccioso che nell'area in oggetto dovrebbe essere costituito dalla formazione del "Complesso di Casanova CCVb: Brecce ad elementi calcarei" appartenenti all'Unità di Ottone.

La roccia si trova ad una profondità variabile tra 11 e 19 metri e presenta una velocità delle onde SH pari a 1350m/sec.

Stendimento di sismica a rifrazione ST11 con onde P e SH eseguito nella frazione di Bottria

Il secondo profilo, della lunghezza di 120m, è stato realizzato nella frazione di **Bottria**, lungo la viabilità che attraversa il nucleo abitato, ed ha consentito di individuare tre diversi sismostrati (vedi **Fig.42**).

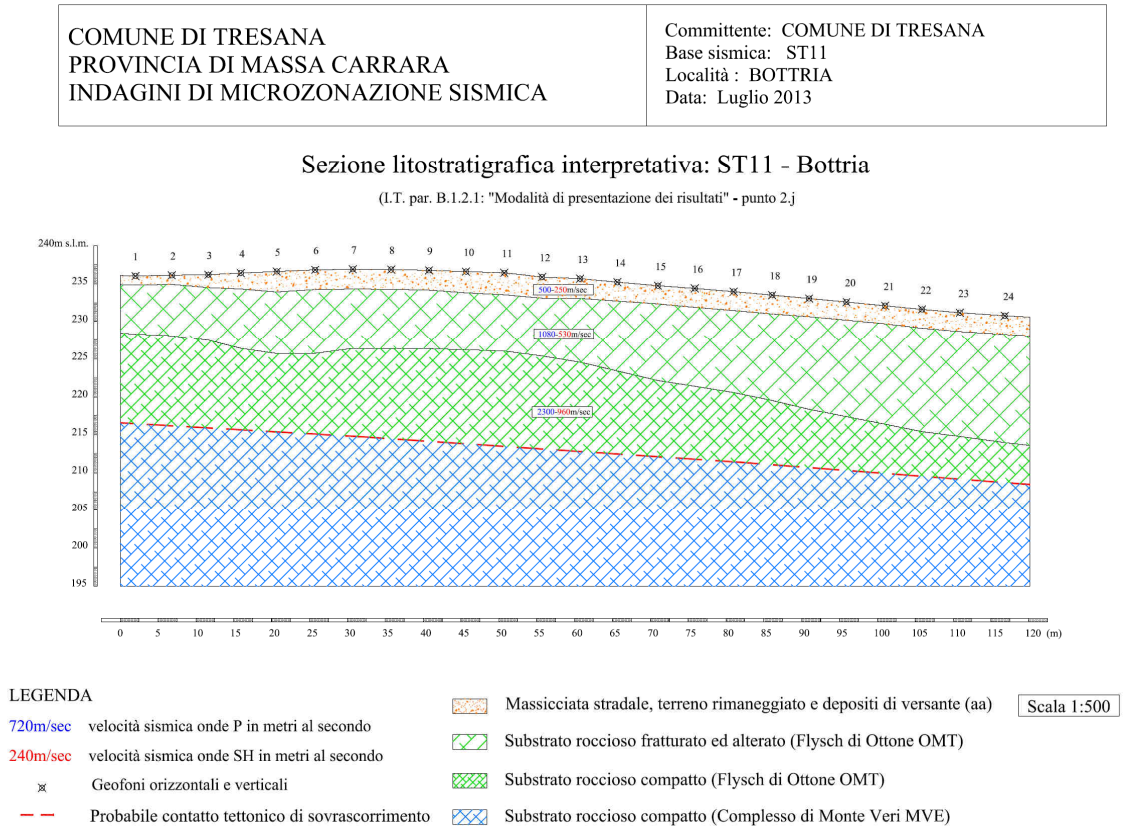


Fig. 42 – Sezione litostratigrafica interpretativa ST11 con onde P e SH eseguita in località Bottria

Il primo sismostrato corrisponde ai depositi di versante (aa) e presenta uno spessore variabile da 1.2 a circa 2.8 metri ed una velocità delle onde SH di 250m/sec.

Sulla base di un attento esame della carta geologica esistente e di un rilevamento sul campo il secondo sismostrato è stato attribuito alla parte superficiale fortemente fratturata ed alterata della formazione del Flysch di Ottone (OMT).

In quest'area infatti, diversamente dalla zona di Barbarasco, il Flysch è coinvolto in una serie di raddoppi tettonici collegati all'attività di una zona di faglia a basso angolo che ha determinato lo sviluppo di un'intensa fatturazione dell'ammasso roccioso favorendone la successiva alterazione della porzione superficiale.

Lo spessore della roccia alterata, sulla base di quanto ottenuto dall'indagine sismica, sembra variare tra un minimo di 7 ad un massimo di 15 metri e presenta una velocità delle onde SH di 530m/sec.

Il terzo sismostrato individuato dovrebbe corrispondere alla parte compatta del "Flysch di Ottone" e si trova ad una profondità dal piano campagna variabile tra 8 e 17 metri.

Nella roccia più compatta è stata rilevata una velocità delle onde SH di 960m/sec.

Nella ricostruzione litostratigrafica è stato riportato anche il probabile contatto di sovrascorrimento con la formazione del complesso di Monte Veri così come individuato nella sezione geologica n.5.

Stendimento di sismica a rifrazione ST12 con onde P e SH eseguito nella frazione di Tresana

Il terzo profilo, della lunghezza di 120m, è stato realizzato nella frazione di **Tresana**, lungo la viabilità che conduce al nucleo storico, ed ha consentito di individuare quattro diversi sismostrati (vedi **Fig.43**).

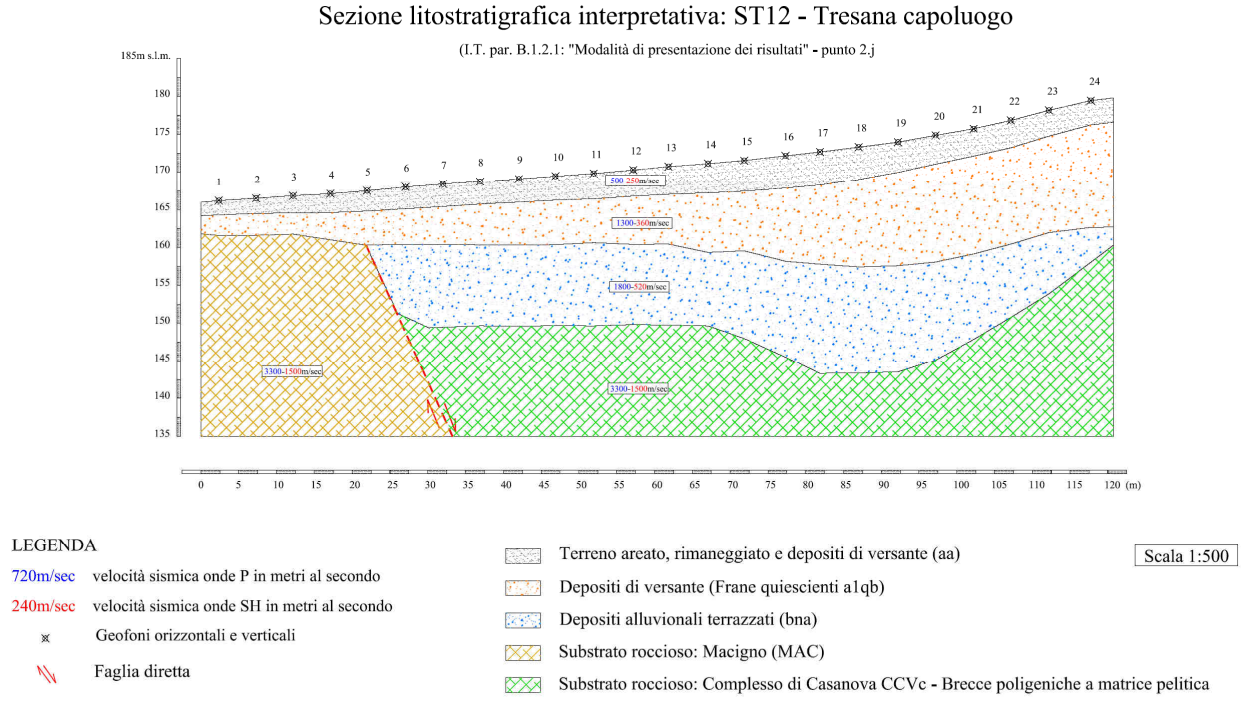


Fig. 43 – Sezione litostratigrafica interpretativa ST12 con onde P e SH eseguita in località Tresana Capoluogo

Il primo sismostrato corrisponde alla massicciata stradale ed ai depositi di versante (aa) e presenta uno spessore variabile da 1.0 a circa 5.0 metri ed una velocità delle onde SH di 250m/sec.

Il secondo sismostrato è stato attribuito ai depositi di versante ed in particolare alla presenza di una frana quiescente con tipologia di movimento per scorrimento (a1qb).

Lo spessore del corpo di frana risulta variabile lungo la stesa e presenta un minimo di circa 2.0m al di sotto del geofono n.1 ed un massimo di 13m in corrispondenza dell'ultimo geofono.

La velocità delle onde SH all'interno del corpo detritico di frana è risultata pari a 360m/sec.

Sulla base della carta geologica e di uno studio di dettaglio dell'area il terzo sismostrato individuato è stato attribuito ai depositi alluvionali terrazzati (bna).

Questi sono stati cartografati a partire dal geofono n.5 e ricoprono con spessore variabile il sottostante substrato roccioso.

In particolare l'indagine ha permesso di individuare, nel tratto compreso tra i geofoni n.15 e n.21, un paleolveo piuttosto inciso all'interno del quale sono presenti circa 14 metri di alluvioni terrazzate.

La velocità delle onde SH riscontrata nelle alluvioni è risultata pari a 520m/sec.

Nella parte iniziale dello stendimento questo sismostrato non è stato incontrato ed i depositi detritici di versante si trovano direttamente a contatto con il substrato roccioso.

Altra caratteristica di questo stendimento è stata l'individuazione della posizione di una faglia diretta segnalata anche nel Catalogo ITHACA al numero 61708 con la denominazione di Faglia Foce-Tresana.

L'andamento delle dromocrone fa ritenere che tale faglia potrebbe essere posizionata tra i geofoni n.4 e n.5 dello stendimento sismico e mette a contatto la formazione del Macigno (MAC) con quella del Complesso di Casanova (CCVc – Brecce poligeniche a matrice pelitica).

La velocità delle onde SH riscontrata nel quarto strato, corrispondente al substrato roccioso, è risultata pari a 1500m/sec sia nella zona in cui è presente l'arenaria Macigno, che in quella in cui è presente il Complesso di Casanova.

I risultati delle indagini eseguite sono stati di ausilio alla ricostruzione delle sezioni geologiche.

4.2.2 Misure di vibrazioni ambientali

Nell'ambito dell'incarico sono state realizzate, mediante tecnica a stazione singola "HVSR", un totale di n°25 misure del campo di vibrazioni ambientali ("micro rumori" o "seismic noise") distribuite nei centri abitati del territorio comunale.

Le misure sono state realizzate su 25 siti ritenuti significativi distribuiti in maniera uniforme su tutta l'area d'indagine.

Nei siti in cui le misure hanno fornito risultati iniziali non attendibili o non interpretabili le misure sono state ripetute.

Di seguito, per ogni frazione indagata, vengono indicati gli scopi delle misure d i risultati ottenuti.

Misure eseguite nella frazione di Tassonarla

All'interno di questa frazione sono state realizzate n.3 misure HVSR i cui risultati sono schematicamente riassunti nella seguente tabella (vedi **Fig.44**).

n° HVSR	n° di riferimento nella carta delle indagini	Località	Valore di picco (Hz)	Amplificazione (A_0)	Contrasto relativo	Classe di qualità
HVSR1	P44	"Giardino ex scuola"	4.69	A_0 = 2.95	Basso	**A1**
HVSR2	P45	"Casa Alara"	6.47	A_0 = 1.99	Basso	**A2**
HVSR3	P46	"Casa Alara"	9.44	A_0 = 3.19	Alto	**A1**

Fig. 44 – Tabella riassuntiva delle misure di vibrazione ambientale eseguite nella frazione di Tassonarla

Misura **HVSR1**

L'acquisizione è stata realizzata nel giardino dell'ex edificio scolastico presente a monte della S.P. Montedivalli.

Le indagini sismiche eseguite in quest'area hanno rilevato la presenza di una sottile copertura detritica che probabilmente sovrasta i depositi fluvio-lacustri Villafranchiani i quali poggiano sul substrato roccioso costituito dalla formazione del Complesso di Monte Veri.

La misura ha messo in evidenza un basso contrasto relativo ed una frequenza di picco che farebbe ipotizzare un maggiore spessore delle coperture.

Misura **HVSR2**

L'acquisizione è stata eseguita lateralmente alla S.P. Montedivalli in corrispondenza di un'area interessata dall'affioramento di una copertura detritica sui depositi fluvio-lacustri villafranchiani che sovrastano la formazione delle Argille a Palombini.

La misura ha messo in evidenza un contrasto relativo molto basso tra le coperture ed il substrato roccioso che quindi può essere considerato "non rigido".

Misura **HVSR3**

Anche questa acquisizione è stata eseguita lateralmente alla S.P. Montedivalli in corrispondenza di un'area interessata dall'affioramento dei depositi fluvio-lacustri villafranchiani.

Rispetto alla misura precedente il substrato in questa zona dovrebbe essere costituito dal "Complesso di Casanova".

Questa volta la misura ha messo in evidenza un maggior contrasto tra le coperture ed il substrato roccioso che quindi può essere considerato "rigido".

Di seguito (vedi **Fig.45)** si riportano i risultati ottenuti per questa acquisizione.

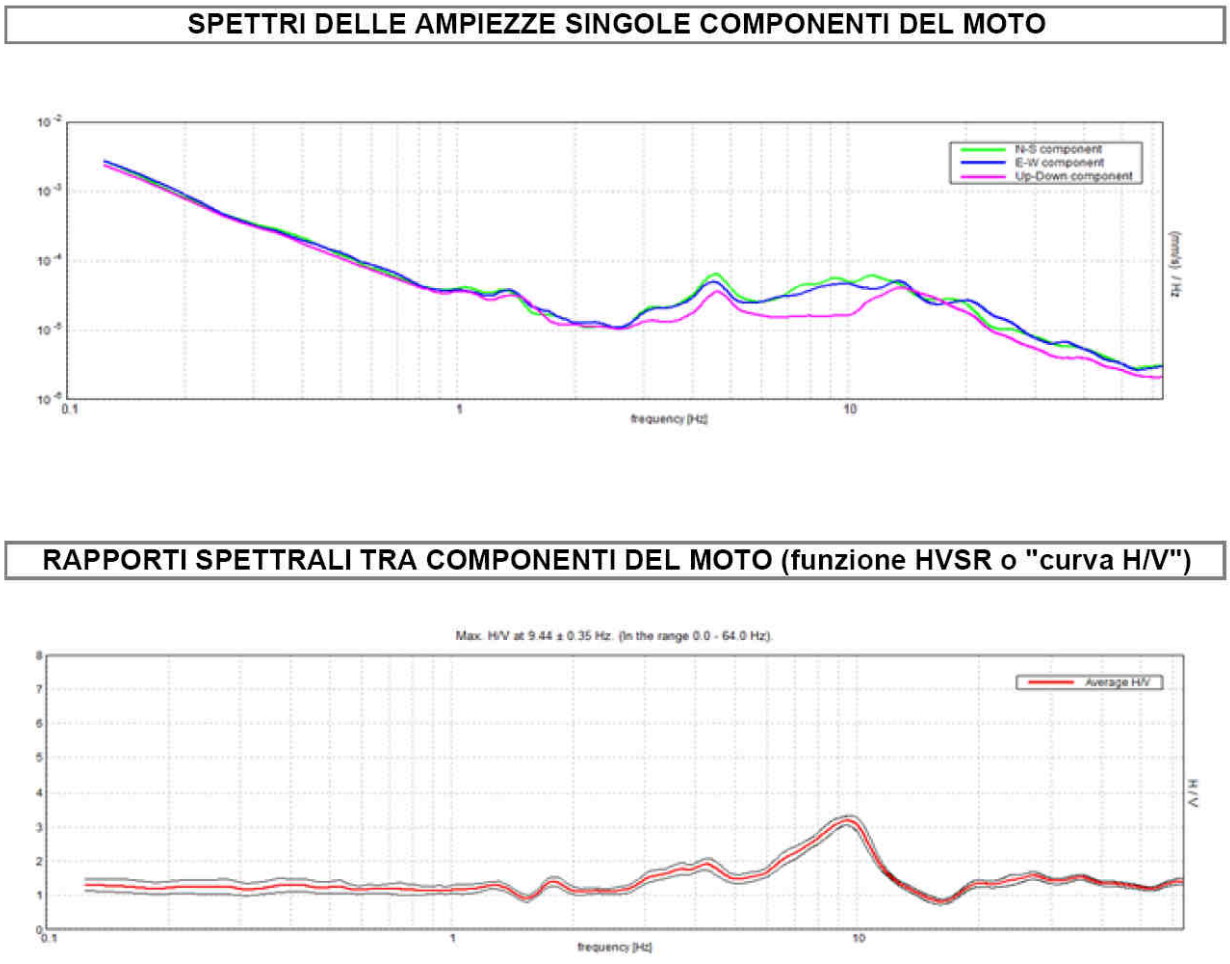


Fig. 45 – Spettri delle ampiezze e rapporti spettrali relativi alla misura di vibrazione ambientale HVSR3

Misure eseguite nella frazione di Barbarasco

All'interno di questa frazione sono state realizzate n.9 misure HVSR i cui risultati sono schematicamente riassunti nella seguente tabella (vedi **Fig.46**).

In diverse misure eseguite sul terrazzo alluvionale sono stati osservati due picchi di amplificazione per cui per queste misure sono state predisposte due distinti elaborati denominati **a** e **b**.

n° HVSR	n° di riferimento nella carta delle indagini	Località	Valore di picco (Hz)	Amplificazione (A_0)	Contrasto relativo	Classe di qualità
HVSR4	P29	"La Canonica"	11.03	$A_0 = 2.54$	Basso	**A1**
HVSR5	P28	"Municipio"	19.19	$A_0 = 1.53$	Molto basso	**A2**
HVSR6a	P30	"Via Don Minzoni"	3.03	$A_0 = 2.71$	Basso	**A1**
HVSR6b	P30	"Via Don Minzoni"	32.50	$A_0 = 4.04$	Alto	**A1**
HVSR7a	P31	"Via Europa"	7.50	$A_0 = 2.69$	Basso	**A1**
HVSR7b	P31	"Via Europa"	25.63	$A_0 = 2.28$	Basso	**A2**
HVSR8a	P35	"Marcinasca"	2.03	$A_0 = 2.49$	Basso	**B2**
HVSR8b	P35	"Marcinasca"	11.44	$A_0 = 3.57$	Alto	**A1**
HVSR9	P32	"Parco"	3.00	$A_0 = 2.17$	Basso	**A2**
HVSR10	P36	"Grotta"	4.28	$A_0 = 2.55$	Basso	**B2**
HVSR11a	P33	"Campo sportivo"	2.19	$A_0 = 2.58$	Basso	**B2**
HVSR11b	P33	"Campo sportivo"	22.75	$A_0 = 2.08$	Basso	**B2**
HVSR12a	P34	"S.P. di Tresana"	3.5	$A_0 = 2.97$	Basso	**A2**
HVSR12b	P34	"S.P. di Tresana"	18.97	$A_0 = 2.49$	Basso	**A2**

Fig. 46 – Tabella riassuntiva delle misure di vibrazione ambientale eseguite nella frazione di Tassonarla

Misura **HVSR4**

L'acquisizione è stata realizzata in corrispondenza di un corpo di frana posizionato in una scarpata che collega due ordini di terrazzi alluvionali che degradano verso l'alveo del Torrente Penolo.

Sulla base del rilevamento geologico eseguito nei dintorni dell'area si ritiene che la frana abbia coperto direttamente il substrato roccioso costituito dal "Flysch di Ottone".

L'alta frequenza di picco riscontrata conferma la presenza di un limitato spessore di detrito al di sopra del substrato roccioso.

Misura **HVSR5**

L'acquisizione è stata realizzata in prossimità dell'area del municipio di Tresana sulle alluvioni terrazzate.

Il rilevamento geologico e le numerose indagini realizzate fanno ritenere che in tutta quest'area le alluvioni terrazzate poggino direttamente sul substrato roccioso costituito dal "Flysch di Ottone" senza l'interposizione dei depositi fluvio-lacustri.

La misura ha messo in evidenza un contrasto relativo molto basso ed una frequenza di picco alta che conferma la presenza di uno spessore molto limitato delle alluvioni.

Misura **HVSR6a e HVSR6b**

La misura è stata eseguita sul terrazzo alluvionale in posizione più interna alle precedenti.

Da questo punto numerose misure eseguite nella parte centrale del terrazzo hanno fornito come risultato un doppio picco (vedi **Fig.47**).

Sulla base delle informazioni a disposizione si ritiene che questa zona sia caratterizzata dalla presenza di una stratigrafia a tre strati; in superficie affiorano le alluvioni terrazzate che sovrastano i depositi fluvio-lacustri Villafranchiani i quali a loro volta poggiano sul substrato roccioso.

In quest'area in particolare dovremo trovarci in prossimità del contatto stratigrafico sepolto tra la formazione del Flysch di Ottone e quella delle Brecce clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei (CCVb) del Complesso di Casanova.

Il picco di 3.03Hz, caratterizzato da un'amplificazione medio-bassa, indica una elevata profondità del contrasto di rigidezza probabilmente da associare al contatto tra i depositi fluvio-lacustri ed il substrato roccioso.

Il picco di 32.5Hz, caratterizzato da una amplificazione maggiore, indica invece la presenza di un contrasto di rigidità a profondità molto bassa associabile al passaggio tra i depositi alluvionali sciolti e quelli sottostanti più compatti; le prove penetrometriche eseguite in quest'area hanno infatti mostrato la presenza in superficie di depositi alluvionali caratterizzati da un basso numero di colpi.

La frequenza così alta esclude che a risuonare sia il contatto aluvioni - depositi fluvio-lacustri che dovrebbe trovarsi a profondità maggiori.

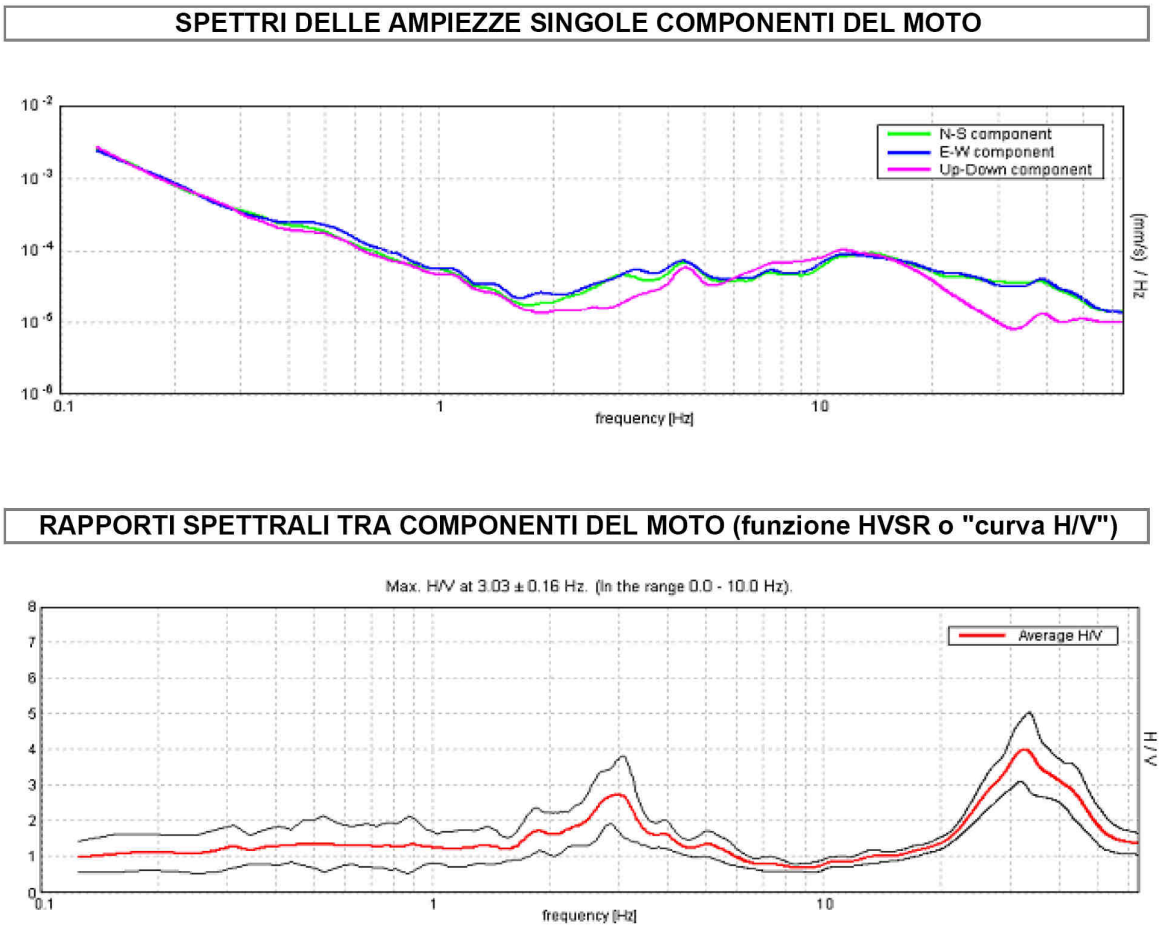


Fig. 47 – Spettri delle ampiezze e rapporti spettrali relativi alla misura di vibrazione ambientale HVSR6. Sono evidenti i doppi picchi rilevati alla frequenza di 3.03Hz e 32.5Hz.

Misura **HVSR7a e HVSR7b**

In quest'area il substrato è sicuramente costituito dalle Brecce clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei (CCVb) del Complesso di Casanova.

Come nel caso precedente la misura è caratterizzata dalla presenza di due picchi di amplificazione.

Il picco di 7.5Hz, caratterizzato da un'amplificazione medio-bassa, indica una elevata profondità del contrasto di rigidezza probabilmente da associare al contatto tra i depositi fluvio-lacustri ed il substrato roccioso.

Il picco di 25.63Hz, caratterizzato da una amplificazione minore, dovrebbe corrispondere, come nel caso precedente al contrasto tra i depositi alluvionali sciolti e quelli sottostanti più compatti.

Anche in questo caso la frequenza così alta esclude che a risuonare sia il contatto alluvioni - depositi fluvio-lacustri che dovrebbe trovarsi a profondità maggiori.

Misura **HVSR8a e HVSR8b**

Questa misura è stata eseguita su un ordine di terrazzo inferiore rispetto alle precedenti ed ha mostrato ancora una volta la presenza di due picchi.

Il picco di 2.03Hz, caratterizzato da un'amplificazione medio-bassa, indica una elevata profondità del contrasto di rigidezza probabilmente da associare al contatto tra i depositi fluvio-lacustri ed il substrato roccioso.

Il picco di 11.44Hz, caratterizzato da una amplificazione maggiore, dovrebbe corrispondere, come nei casi precedenti, al contrasto tra i depositi alluvionali sciolti e quelli sottostanti più compatti.

Misura **HVSR9**

Questa misura è stata eseguita all'interno del Parco di Barbarasco ed al contrario di quelle presenti nelle vicinanze non ha mostrato il picco superficiale.

In quest'area infatti, sulla base delle prove penetrometriche realizzate nelle vicinanze, si è notata l'assenza del livello di ghiaie sciolte superficiali.

L'unico picco rilevato, caratterizzato da una frequenza di 3.0Hz, ed un'amplificazione medio-bassa, indica una elevata profondità del contrasto di rigidezza ancora una volta da associare al contatto tra i depositi fluvio-lacustri ed il substrato roccioso.

Misura **HVSR10**

Questa misura è stata eseguita nei terrazzi alluvionali di ordine inferiore presenti ad ovest del nucleo storico di Barbarasco.

Il rilevamento geologico fa ritenere che in quest'area le alluvioni terrazzate poggino direttamente sul substrato roccioso costituito dal "Flysch di Ottone" senza l'interposizione dei depositi fluvio-lacustri.

La misura ha messo in evidenza un contrasto relativo basso ed una frequenza di picco che conferma la presenza di uno spessore elevato delle alluvioni.

Misura **HVSR11a e HVSR11b**

In quest'area il sondaggio eseguito nei pressi del complesso scolastico ha consentito di definire la stratigrafia dei luoghi caratterizzata dalla presenza del terrazzo alluvionale, dei depositi fluvio-lacustri ed infine da substrato roccioso sicuramente costituito dalle Brecce clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei (CCVb) del Complesso di Casanova.

Il picco rilevato a 2.19Hz, caratterizzato ancora una volta da un'amplificazione medio-bassa, indica una elevata profondità del contrasto di rigidezza da associare al contatto tra i depositi fluvio-lacustri ed il substrato roccioso.

La presenza di circa 3.0m di alluvioni sciolte determina nuovamente la comparsa di un picco alle alte frequenze.

Anche in questo caso la frequenza così alta esclude che a risuonare sia il contatto aluvioni - depositi fluvio-lacustri che dovrebbe trovarsi a profondità maggiori.

Misura **HVSR12a e HVSR12b**

Quest'ultima misura è stata realizzata nella parte finale del nucleo abitato di Barbarasco ed ancora una volta ha messo in evidenza la presenza del doppio picco (vedi **Fig.48**).

Il picco di 3.5Hz indica il contatto tra i depositi fluvio-lacustri ed il substrato roccioso mentre quello a 18.97Hz dovrebbe corrispondere, come nei casi precedenti al contrasto tra i depositi alluvionali sciolti e quelli sottostanti più compatti.

Anche in questo caso la frequenza così alta esclude che a risuonare sia il contatto alluvioni - depositi fluvio-lacustri che dovrebbe trovarsi a profondità maggiori.

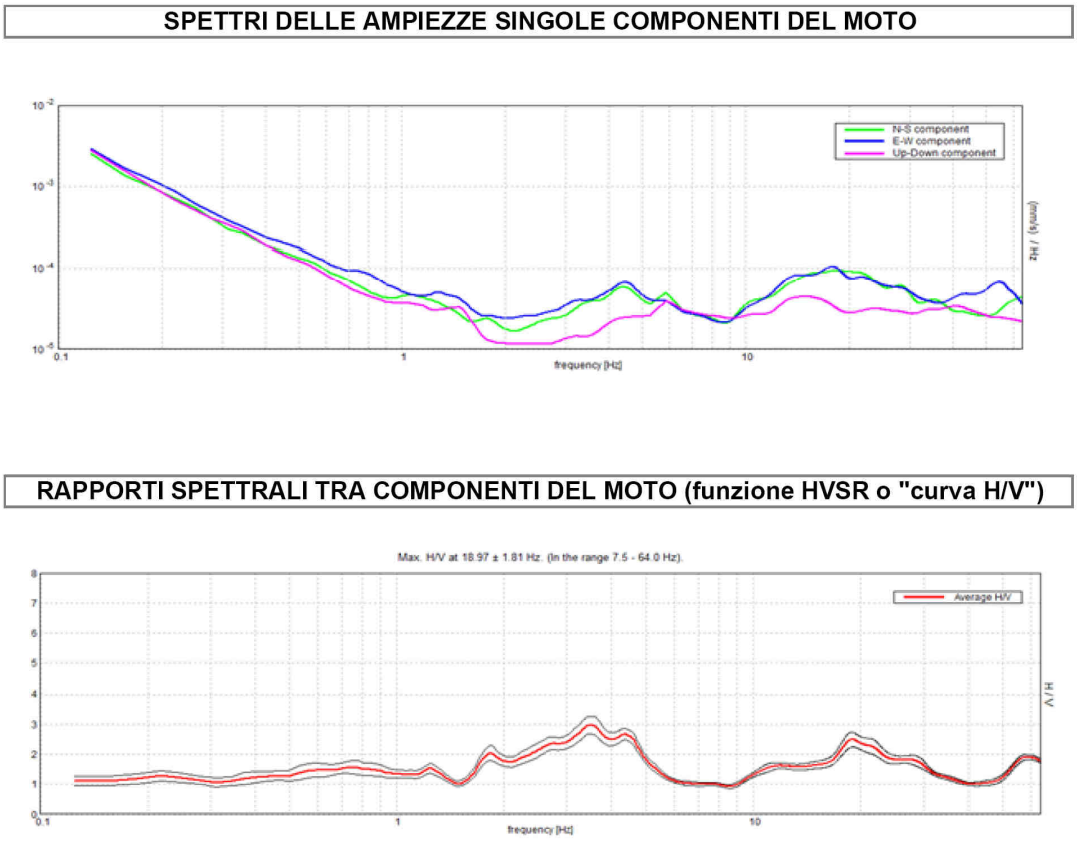


Fig. 48 – Spettri delle ampiezze e rapporti spettrali relativi alla misura di vibrazione ambientale HVSR12. Anche in questo caso sono evidenti i doppi picchi rilevati alla frequenza di 3.5Hz e 18.97Hz.

Misure eseguite nella frazione di Corneda

All'interno di questa frazione sono state realizzate n.3 misure HVSR i cui risultati sono schematicamente riassunti nella seguente tabella (vedi **Fig.49**).

n° HVSR	n° di riferimento nella carta delle indagini	Località	Valore di picco (Hz)	Amplificazione (A_0)	Contrasto relativo	Classe di qualità
HVSR13	P37	"Corneda"	9.34	$A_0 = 4.03$	Alta	**A1**
HVSR14	P38	"Corneda"	-	$A_0 = 2.03$	-	**C**
HVSR15	P39	"Corneda"	1.75	$A_0 = 1.62$	Molto basso	**A2**

Fig. 49 – Tabella riassuntiva delle misure di vibrazione ambientale eseguite nella frazione di Corneda

Misura **HVSR13**

La misura è stata eseguita in un'area caratterizzata dall'affioramento dei depositi fluvio-lacustri Villafranchiani ilungo il fianco di una "sella morfologica".

La stratigrafia in questa zona dovrebbe essere abbastanza semplice in quanto caratterizzata solamente da due strati: un rilevante spessore di depositi fluvio-lacustri che sovrastano il substrato roccioso costituito dalle Brecce clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei (CCVb) del Complesso di Casanova.

La misura ha messo in evidenza un unico picco a 9.34Hz caratterizzato da un forte valore di amplificazione.

Il profilo di sismica a rifrazione con onde SH realizzato nei pressi dell'area ha evidenziato la presenza di uno spessore superficiale caratterizzato da velocità piuttosto basse.

Si può quindi ragionevolmente ritenere che il picco sia fornito dal contrasto tra la parte meno "compatta" del deposito fluvio-lacustre e la sua parte più addensata (vedi **Fig.50**).

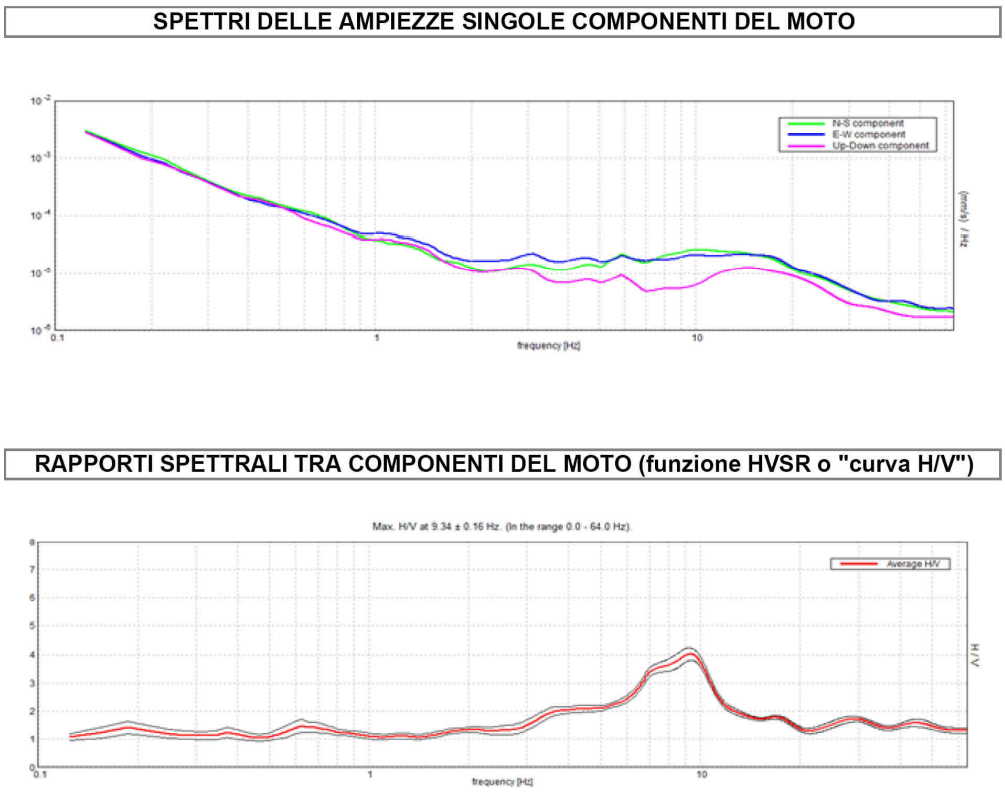


Fig. 50 – Spettri delle ampiezze e rapporti spettrali relativi alla misura di vibrazione ambientale HVSR13

Misura **HVSR14**

La misura è stata realizzata poco più avanti rispetto alla precedente ed a differenza di questa non ha permesso l'individuazione di picchi particolari nonostante sia stata ripetuta più volte.

Sulla base del profilo sismico con onde P e SH realizzato a breve distanza la stratigrafia dell'area è caratterizzata, come nel caso precedente, da un rilevante spessore di depositi fluvio-lacustri che sovrastano il substrato roccioso costituito dalle Brecce clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei (CCVb) del Complesso di Casanova.

L'assenza di picchi può significare che in questa zona il deposito fluvio-lacustre è più compatto e non risuona sul substrato roccioso nonostante le differenze di velocità riscontrate.

Misura **HVSR15**

Come le precedenti anche questa misura è stata eseguita sui depositi fluvio-lacustri ed ha mostrato un picco caratterizzato da un'amplificazione molto bassa alla frequenza di 1.75Hz.

Questa frequenza è in accordo con il notevole spessore che presentano i depositi villafranchiani in quest'area e ancora una volta dimostra come il contatto con il substrato roccioso non generi amplificazioni particolari.

Misure eseguite nella frazione di Bottria

All'interno di questa frazione sono state realizzate n.4 misure HVSR i cui risultati sono schematicamente riassunti nella seguente tabella (vedi **Fig.51**).

n° HVSR	n° di riferimento nella carta delle indagini	Località	Valore di picco (Hz)	Amplificazione (A_0)	Contrasto relativo	Classe di qualità
HVSR16	P43	"Bottria"	8.53	$A_0 = 2.32$	Basso	**B2**
HVSR17	P40	"Bottria"	8.75	$A_0 = 2.53$	Basso	**A1**
HVSR18	P41	"Bottria"	7.09	$A_0 = 1.74$	Molto basso	**B2**
HVSR19	P42	"Bottria"	4.06	$A_0 = 4.05$	Alto	**B2**

Fig. 51 – Tabella riassuntiva delle misure di vibrazione ambientale eseguite nella frazione di Bottria

Misura **HVSR16**

La misura è stata eseguita in un'area caratterizzata dalla presenza di depositi detritici di versante che poggiano direttamente sul substrato roccioso costituito dalla formazione del Flysch di Ottone.

L'indagine sismica con onde P e SH realizzata all'interno del nucleo abitato ha messo in evidenza come la parte superficiale del substrato roccioso in quest'area presenti velocità delle onde SH nettamente inferiori a 800m/sec.

Il picco rilevato alla frequenza di 8.53Hz, caratterizzato da una bassa amplificazione, potrebbe essere attribuito al passaggio tra la parte fratturata e quella compatta del substrato roccioso.

Misura **HVSR17**

Anche questa misura è stata eseguita sui depositi detritici di versante che poggiano sul substrato roccioso ed ha mostrato un picco di frequenza di 8.72Hz, simile alla precedente, ed analoga amplificazione.

Misura **HVSR18**

La misura è stata eseguita in un'area in cui affiora il substrato roccioso costituito dalla formazione del "Complesso di M.Veri" per verificare se questo potesse o meno considerarsi come susbstrato sismico.

Il picco a bassissima amplificazione rilevato ha confermato che questo litotipo non genera amplificazione per cui può essere considerato come un substrato sismico.

Misura **HVSR19**

La misura è stata eseguita in un'area caratterizzata dalla presenza di depositi detritici di versante che poggiano direttamente sul substrato roccioso costituito dal Complesso di Monte Veri.

La misura ha messo in evidenza un picco a 4.06Hz caratterizzato da un forte valore di amplificazione che testimonia il netto contrasto di velocità tra i depositi detritici di versante ed il substrato roccioso (vedi **Fig.52**).

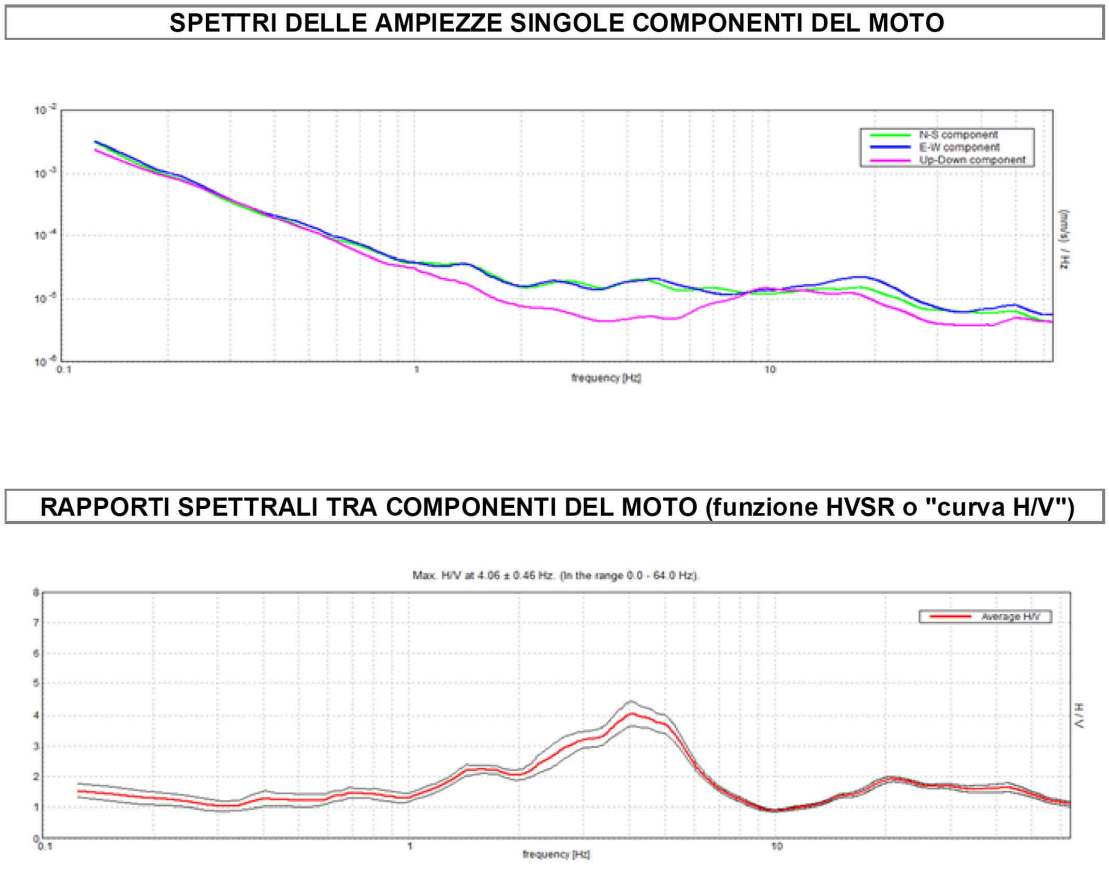


Fig. 52 – Spettri delle ampiezze e rapporti spettrali relativi alla misura di vibrazione ambientale HVSR13

Misure eseguite nella frazione di Tresana capoluogo

All'interno di questa frazione sono state realizzate n.4 misure HVSR i cui risultati sono schematicamente riassunti nella seguente tabella (vedi **Fig.53**).

n° HVSR	n° di riferimento nella carta delle indagini	Località	Valore di picco (Hz)	Amplificazione (A_0)	Contrasto relativo	Classe di qualità
HVSR20	P26	"Tresana"	7.50	$A_0 = 1.66$	Molto basso	**A2**
HVSR21	P22	"Tresana"	5.13	$A_0 = 5.12$	Alto	**B1**
HVSR22	P25	"Tresana"	9.06	$A_0 = 7.38$	Alto	**B1**
HVSR23	P23	"Tresana"	23.13	$A_0 = 3.11$	Alto	**B1**
HVSR24	P24	"Tresana"	n.p.s.	$A_0 = 1.62$	-	**A2**
HVSR25	P27	"Tresana"	4.16	$A_0 = 1.90$	Molto basso	**A2**

Fig. 53 – Tabella riassuntiva delle misure di vibrazione ambientale eseguite nella frazione di Tresana capoluogo

Misura **HVSR20**

La misura è stata eseguita in un'area caratterizzata dalla presenza di depositi detritici di versante che poggiano sul substrato roccioso costituito dalla formazione delle "Argille a Palombini".

Non avendo indicazioni in termini di velocità delle onde SH su questo litotipo la misura è stata eseguita per verificare se questa potesse essere considerata un substrato rigido.

Il basso valore di amplificazione rilevato ha confermato che questa formazione non può essere considerata un substrato rigido.

Misura **HVSR21**

La misura è stata eseguita in un'area caratterizzata da una stratigrafia piuttosto complessa caratterizzata dalla presenza di un notevole spessore di depositi detritici in frana che sormontano le alluvioni terrazzate e quindi il substrato roccioso costituito dalle formazioni del Complesso di Casanova.

La misura ha messo in evidenza un picco a 5.13Hz caratterizzato da un forte valore di amplificazione che testimonia il netto contrasto di velocità tra i depositi detritici ed alluvionali rispetto al substrato roccioso (vedi **Fig.54**).

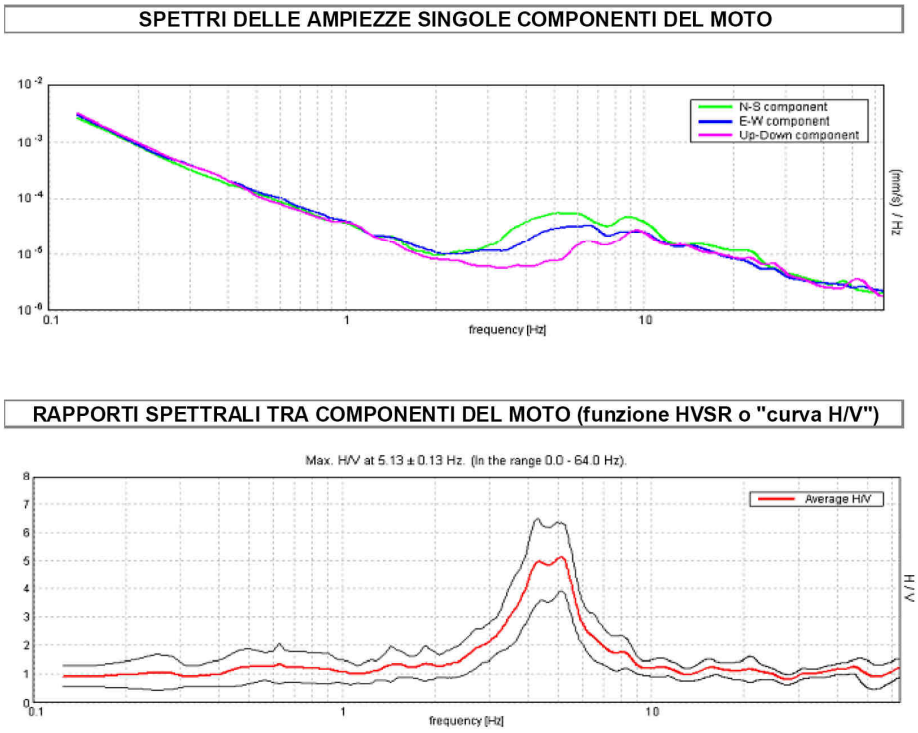


Fig. 54 – Spettri delle ampiezze e rapporti spettrali relativi alla misura di vibrazione ambientale HVSR21

Misura **HVSR22**

La misura è stata realizzata nell'area del Castello di Tresana caratterizzata dall'affioramento dei "Basalti" appartenenti agli Olistoliti che fanno parte dell'Unità di Ottone.

La misura ha messo in evidenza un picco caratterizzato da un forte valore di amplificazione.

Trattandosi della cima di un rilievo isolato si ritiene che la forte amplificazione rilevata sia da impuatare agli effetti topografici del sito (vedi **Fig.55**).

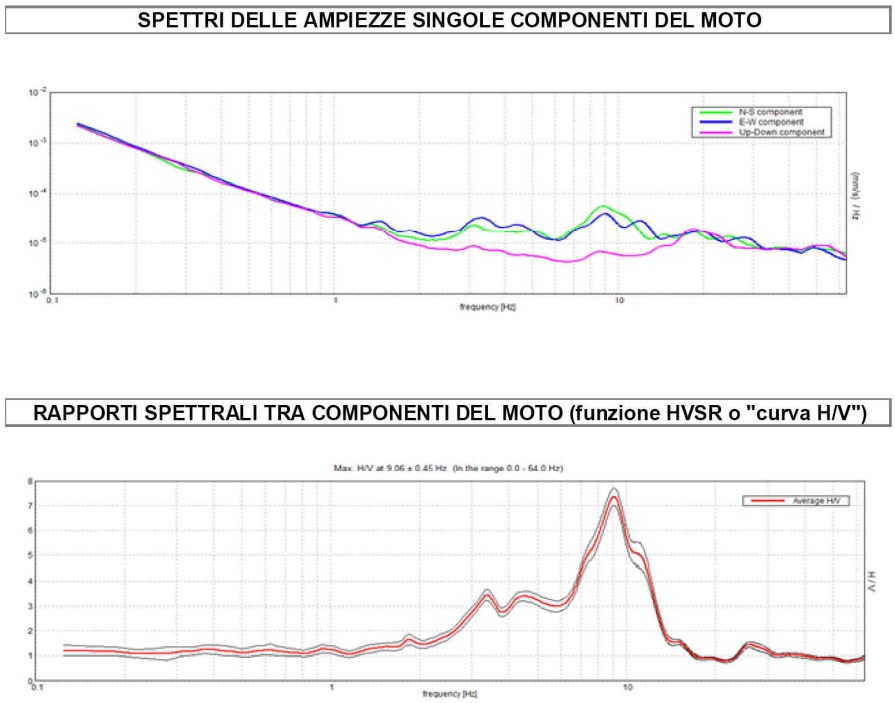


Fig. 55 – Spettri delle ampiezze e rapporti spettrali relativi alla misura di vibrazione ambientale HVSR22

Misura **HVSR23**

La misura è stata eseguita in un'area caratterizzata da una stratigrafia caratterizzata dalla presenza di alluvioni terrazzate che sovrastano il substrato roccioso costituito dalla formazione del "Macigno".

La misura ha messo in evidenza un picco a 23.13Hz caratterizzato da un elevatoe valore di amplificazione che testimonia il basso spessore delle alluvioni in questa zona ed il netto contrasto di velocità rispetto al substrato roccioso.

Misura **HVSR24**

Rispetto alla precedente questa misura è stata eseguita in una zona caratterizzata dall'affioramento del substrato roccioso.

La bassa amplificazione rilevata testimonia che l'arenaria "Macigno" si comporta da substrato rigido.

Misura **HVSR25**

La misura è stata eseguita in un'area caratterizzata dalla presenza di depositi detritici di versante che poggiano sul substrato roccioso costituito dalla formazione del Flysch di Ottone.

Anche in questo caso il picco rilevato alla frequenza di 4.16Hz, caratterizzato da una bassa amplificazione, potrebbe essere attribuito al passaggio tra la parte fratturata e quella compatta del substrato roccioso.

5. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Sulla base dell'analisi di tutti i dati di natura geologico-stratigrafica, geotecnica e geofisica riguardanti il territorio del Comune di Tresana ricavati dagli archivi e banche dati disponibili, dalle indagini geognostiche preesistenti, dagli stendimenti di sismica a rifrazione con onde P e SH e dalle misure di vibrazioni ambientali effettuate ex novo è stato possibile realizzare n.7 sezioni geologiche rappresentative (Sezioni 1-1', 2-2', 3-3', 4-4', 5-5', 6-6' e 7-7') che descrivono il modello geologico del sottosuolo per la porzione di territorio indagata.

Le sezioni prodotte attraversano le principali frazioni indagate secondo direzioni tra di loro non parallele che variano da SO-NE, a SE-NO a ca E-O, permettendo quindi di valutare, attraverso l'analisi complessiva del modello geologico ricostruito lungo sezioni tra di loro perpendicolari, l'assetto tridimensionale del substrato roccioso e dei terreni di copertura sovrastanti.

La sezione denominata 1-1' è tracciata attraverso il dosso morfologico orientato ca E-W sul quale sorge la frazione di Tassonarla.

Le sezioni 2-2' e 3-3' e la sezione 4-4', orientate SO-NE, interessano, rispettivamente, la frazione di Barbarasco e quella di Corneda ed intersecano la sezione 5-5' che, con direzione variabile da circa E-O a ESE-WNW, si estende dal Fiume Magra sino alla frazione di Bottria.

Le sezioni 6-6' e 7-7' , orientate, rispettivamente, SW-NE e SE-NW interessano invece la frazione di Tresana Capoluogo.

Per quanto riguarda l'assetto strutturale generale dell'area analizzata si osserva come sia possibile riconoscere, a scala cartografica, la presenza di una piega anticlinale isoclinale rovesciata, vergente verso E, di dimensione plurichilometrica, nella quale sono coinvolte tutte le formazioni appartenenti all'Unità di Ottone.

In particolare, il nucleo di tale piega, costituito dai diversi termini del Complesso di Casanova e da grandi olistoliti, quest'ultimi rappresentati principalmente da lembi di Argille a Palombini, costituisce il substrato della porzione centrale dell'area investigata, mentre i fianchi, costituiti dai calcari marnosi e marne del Flysch di Ottone, affiorano in corrispondenza del settore orientale dell'area (fianco diritto) e nei settori settentrionali ed occidentali (fianco rovesciato).

Una principale superficie di taglio, immergente a basso angolo verso W, interessa la struttura plicativa in esame, portando localmente alla diretta sovrapposizione dei due fianchi della piega (vedi zona di Bottria).

A tale zona di taglio, la quale probabilmente rappresenta una ***superficie di sovrascorrimento*** successivamente **riattivatasi** con **sensi di movimento di tipo normale**, può essere in parte collegabile lo stato di fratturazione spinto osservato nei calcari marnosi e marne del Flysch di Ottone affiornati nella porzione occidentale dell'area indagata.

Un'altro sistema di pieghe, di dimensioni da decametriche a ettometriche, con piano assiale subverticale e direzione appenninica, deforma le strutture precedentemente descritte e sembra in parte associato alla formazione (o in alternativa né controlla il successivo sviluppo) di faglie ad alto angolo.

Quest'ultime strutture determinano le locali differenze di quote del substrato roccioso osservate a cui si associano maggiori o minori spessori delle coperture sovrastanti (vedi zona di Barbarasco).

Il modello geologico ricostruito lungo le sezioni sopracitate è stato successivamente analizzato allo scopo di definire le microzone omogenee dal punto di vista del comportamento sismico, riportate nella carta delle MOPS.

5.1 Frazione di Tassonarla

Il modello geologico del sottosuolo ricostruito per la frazione di Tassonarla (vd sez. 1-1' **Fig.56**) si caratterizza per la giustapposizione dei calcari marnosi e marne (Flysch di Ottone - OMT) appartenenti ai due fianchi della piega principale attraverso la zona di taglio precedentemente descritta.

Soltanto in corrispondenza della parte centrale della sezione è preservato un lembo del nucleo della piega, rappresentato dalle Argille a Palombini (ap) e dal Complesso di Casanova (CCV), il quale risulta ricoperto dai Conglomerati di Olivola (VILa) e dai depositi alluvionali terrazzati (bna) che raggiungono complessivamente spessori massimi di 25 m.

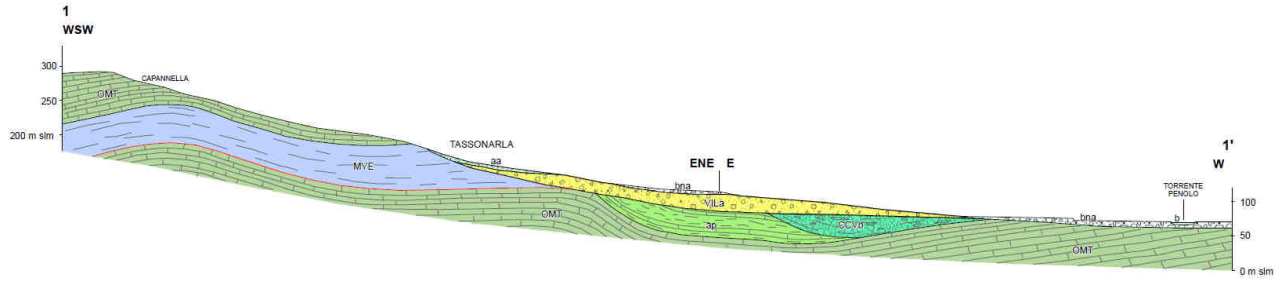


Fig.56 – Sezione geologica 1-1' rappresentativa del modello del sottosuolo nella frazione di Tassonarla.

5.2 Frazione di Barbarasco

Il modello geologico del sottosuolo elaborato per la frazione di Barbarasco (vd sezioni 2-2', 3-3' e 5-5' **Fig.57-58-59**) mostra come il substrato geologico presente è rappresentato prevalentemente dai diversi litotipi appartenenti al Complesso di Casanova (CCV) e soltanto nella porzione sud-orientale il substrato immediatamente sottostante ai depositi di copertura è costiuito dalla formazione del Flysch di Ottone (OMT).

Nel settore centro-settentrionale di quest'area gli spessori dei depositi conglomeratici villafranchiani (Conglomerati di Olivola - VILa) e delle alluvioni terrazzate (bna) risultano piuttosto omogenei (complessivamente spessori massimi di 35 m), mentre nel settore sud-orientale si osserva un'assottigliamento del livello dei Conglomerati di Olivola fino alla diretta sovrapposizioni delle alluvioni terrazzate sul Flysch di Ottone.

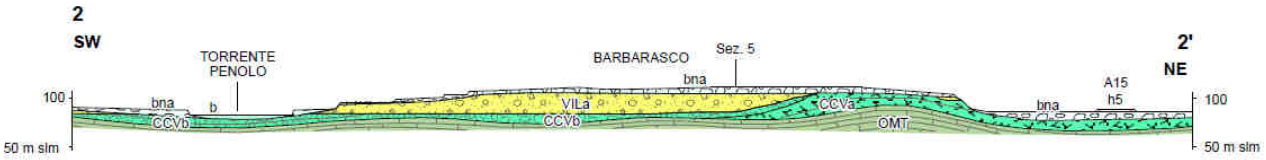


Fig.57 – Sezione geologica 2-2' rappresentativa del modello del sottosuolo nella frazione di Barbarasco

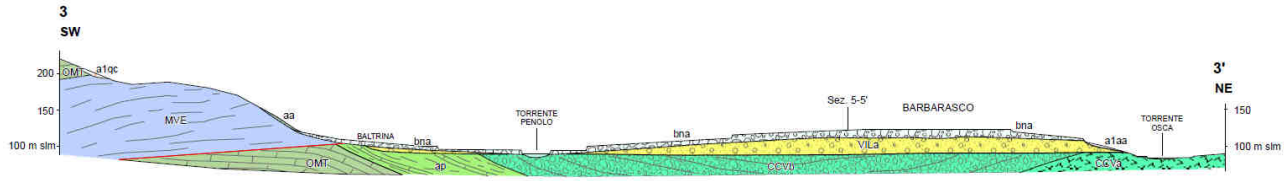


Fig.58 – Sezione geologica 3-3' rappresentativa del modello del sottosuolo nella frazione di Barbarasco

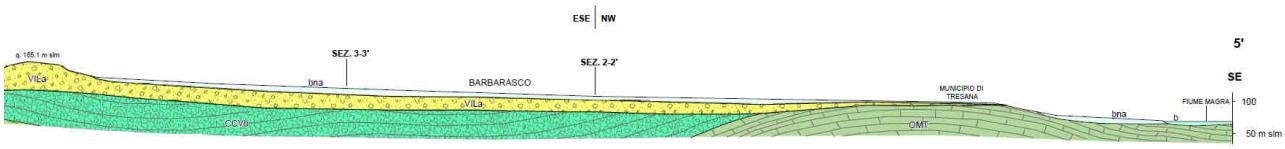


Fig.59 – Estratto Sezione geologica 5-5' rappresentativa del modello del sottosuolo nella frazione di Barbarasco

5.3 Frazioni di Corneda e Bottria

All'interno del substrato geologico presente in corrispondenza della frazione di Corneda si osserva il contatto tra le Argille a Palombini (ap) e le Brecce Calcaree del Complesso di Casanova (CCvb), ovvero, si realizza il contatto tra litologie caratterizzate da comportamenti geomeccanici marcatamente differenti.

Inoltre, lo spessore dei Conglomerati di Olivola (VILa) rimane costantemente superiore ai 20 m in tutta l'area (vedi **Fig.60**).

Nella zona di Bottria il substrato geologico è costituito da litotipi appartenenti al Complesso di Monte Veri (MVE) e del Flysch di Ottone (OMT), caratterizzati da un assetto monoclinale, con giacitura degli strati immergente a basso angolo verso W, ripetuti tettonicamente (verosimilmente come conseguenza dell'attività della principale zona di taglio descritta in precedenza) e sovrastati da terreni di copertura rappresentati da depositi di versante e corpi di frana con spessori variabili tra 3 e 10 m (vedi **Fig.61**).

Gli affioramenti di Flysch di Ottone osservati nei pressi dell'abitato di Bottria evidenziano come l'ammasso roccioso in questione sia interessato da uno stato di alterazione spinto ed un grado di fratturazione alto.

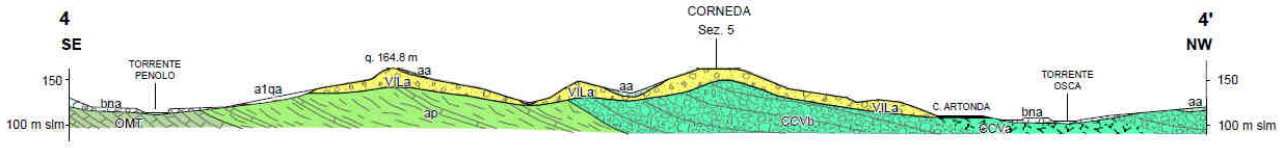


Fig.60 – Estratto Sezione geologica 4-4' rappresentativa del modello del sottosuolo nella frazione di Corneda

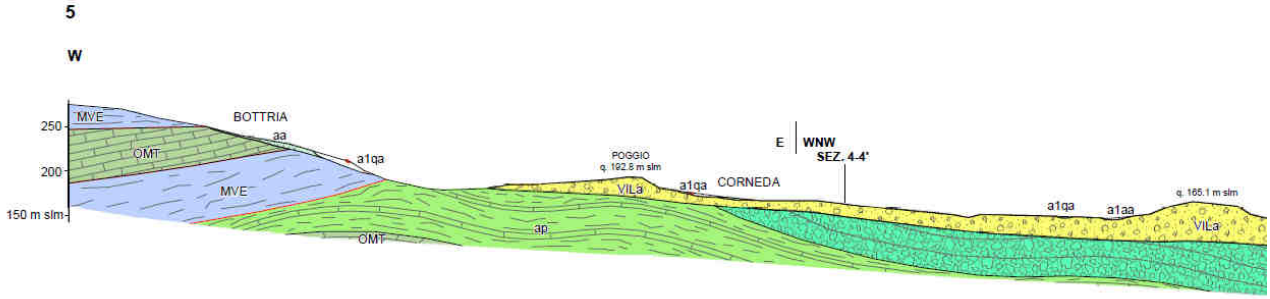


Fig.61 – Estratto Sezione geologica 5-5' rappresentativa del modello del sottosuolo nelle frazioni di Corneda e Bottria

5.4 Frazione di Tresana Capoluogo

Il modello geologico del sottosuolo ricostruito per la frazione di Tresana Capoluogo mostra la presenza di una superficie di faglia principale che separa la formazione del Macigno (MAC), caratterizzato da un'assetto monoclinale immergente verso O, dalle formazioni appartenenti all'Unità di Ottone, caratterizzate da una strati immergenti verso SE (vedi **Fig.62**).

Questa faglia corrisponde alle faglia attiva e capace individuata nel Catalogo delle Faglie Capaci (Progetto ITHACA – ISPRA) e denominata Foce-Tresana.

In corrispondenza di tale struttura si osservano spessori "anomali" (circa 30 m) dei depositi di copertura, rappresentati in parte da alluvionali terrazzate ed in parte da accumuli di frana il cui innesco ed evoluzione può essere ragionevolmente collegato all'attività di questa faglia.

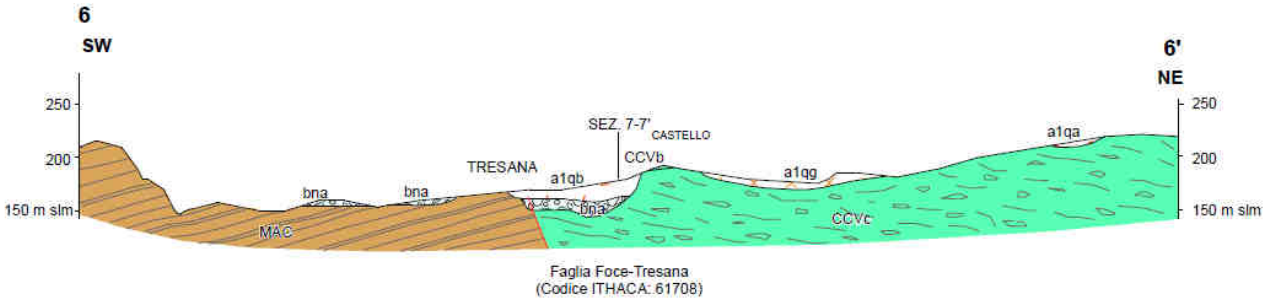


Fig.62 – Estratto Sezione geologica 6-6' rappresentativa del modello del sottosuolo nella frazione di Tresana

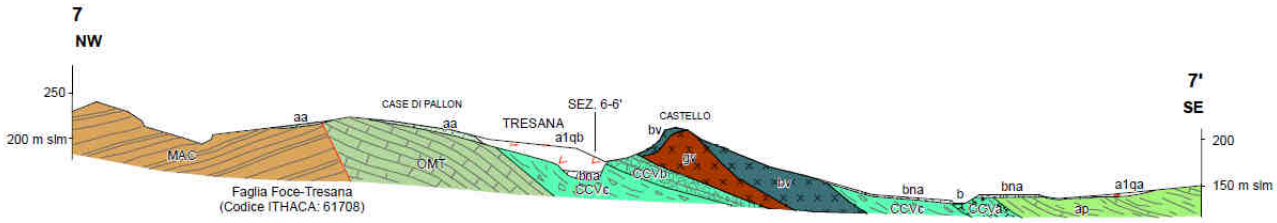


Fig.63 – Estratto Sezione geologica 7-7' rappresentativa del modello del sottosuolo nella frazione di Tresana

6. INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

Lo studio realizzato ha consentito di ricostruire il modello geologico del sottosuolo nelle principali frazioni indagate.

In particolare per la zona di Barbarasco la notevole mole di indagini pregresse ha consentito di definire in maniera abbastanza accurata l'assetto geologico-stratigrafico dell'area.

Nelle aree di Bottria e Tresana, data la complessità strutturale e la mancanza di un numero adeguato di indagini, potrebbero essere programmate indagini ed approfondimenti futuri.

Nel lavoro non sono state rilevate sezioni topografiche nelle zone interessate da salti morfologici quali terrazzi e creste rimandando la loro esecuzione e modellazione alle successive fasi di approfondimento

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Per giungere alla realizzazione delle Cartografie sono stati attentamente analizzati tutti i risultati ricavati dagli archivi e dalle banche dati disponibili, dalle indagini geognostiche preesistenti, dagli stendimenti di sismica a rifrazione con onde P e SH realizzati ex-novo ed in particolare dalle misure di vibrazioni ambientali.

Queste ultime hanno consentito di valutare, seppur in misura qualitativa, le possibili amplificazioni del moto sismico.

ELABORATI CARTOGRAFICI

8.0 LA CARTA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA

Dato che la Carta Geologica del CARG sottostima la presenza delle coperture detritiche, è stato deciso di realizzare una nuova cartografia Geologico-geomorfologica.

In questa carta sono state cartografate le Unità tettoniche e le Formazioni geologiche affioranti assegnando loro una sigla (sigla_carta) in base alla legenda della Nuova Banca dati Geologica della Regione Toscana a scala 1:10000 (Continuum Geologico della Regione Toscana) (vedi **Fig.64**).

Nella seguente tabella si riportano i litotipi e le formazioni rappresentate nella Carta geologico-geomorfologica redatta.

Sigla_carta	***Depositi e formazioni presenti***	***Descrizione***
h5	*Depositi antropici: terreni di riporto*	*Ghiaie e blocchi subangolosi e angolosi con quantità variabili di matrice sabbioso-limosa*
a1ab	*Frana attiva con tipologia di movimento per scorrimento*	*Corpo di frana di scorrimento attiva*
a1ac	*Frana attiva con tipologia di movimento per colamento*	*Corpo di frana di colamento attiva*
a1ag	*Frana attiva con tipologia di movimento complessa*	*Corpo di frana complessa attiva*
a1aa	*Frana attiva con tipologia di movimento non definita*	*Corpo di frana non definita attiva*
a1qb	*Frana quiescente con tipologia di movimento per scorrimento*	*Corpo di frana di scorrimento quiescente*
a1qc	*Frana quiescente con tipologia di movimento per colamento*	*Corpo di frana di colamento quiescente*
a1qg	*Frana quiescente con tipologia di movimento complessa*	*Corpo di frana complessa quiescente*
a1qa	*Frana quiescente con tipologia di movimento non definita*	*Corpo di frana non definita quiescente*
aa	*Depositi di versante (Olocene)*	*Accumuli lungo i versanti di frammenti litoidi, eterometrici, angolosi, talora stratificati, con matrice sabbiosa o sabbioso-limosa*
b	*Depositi alluvionali attuali (Olocene)*	*Ghiaie, sabbie e limi dei letti fluvili attuali, soggetti ad evoluzione con ordinari processi fluviali*
bna	*Depositi alluvionali terrazzati (?Pleistocene medio/superiore - Olocene)*	*Ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali*
VILa	*Conglomerati di Olivola (Villafranchiano superiore p.p.)*	*Conglomerati a ciottolami poligenici, eterometrici, generalmente clasto-sostenuti, con matrice limoso-sabbiosa e grado di cementazione da medio a basso*
VILc	*Formazione di Aulla (Villafranchiano inferiore p.p.)*	*Limi ed argille limose compatte, grigio-turchine, con intercalazioni di ligniti e di lenti sabbiose*
OMT	*Flysch di Ottone (Cretacico sup. – Paleocene inf.)*	*Calcari, calcari marnosi, marne ed argilliti calcaree torbiditiche con intercalazioni di arenarie e siltiti*
MVE	*Complesso di Monte Veri (Campaniano)*	*Brecce poligeniche ad elementi di calcari, ofioliti, diaspri, arenarie e argille in abbondante matrice argillosa grigia*
CCVd	*Complesso di Casanova (Campaniano)*	*Arenarie ofiolitiche*
CCVc	*Complesso di Casanova (Campaniano)*	*Depositi clastici grossolani matrice-sostenuti, con clasti di calcari silicei, radiolariti, ofioliti e più raramente marne*
CCVb	*Complesso di Casanova (Campaniano)*	*Brecce clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei*
CCVa	*Complesso di Casanova (Campaniano)*	*Brecce clasto-sostenute a prevalenti elementi ofiolitici*
cc	*Calcari a Calpionelle*	*Calcilutiti e calcilutiti silicee grigie con liste e noduli di selce scura e rare intercalazioni di marne e argilliti marnose*

ap	*Argille a Palombini*	*Argilliti e argilliti marnose grigio scure con intercalazioni di calcilutiti e calcilutiti silicee grigio-chiare*
gv	*Graniti*	*Graniti a grana grossa con aspetto prevalentemente brecciato*
bv	*Basalti*	*Basalti massivi più o meno alterati*
CGV	*Calcari di Groppo del Vescovo (Eocene inferiore-medio)*	*Torbiditi calcaree e calcareo-marnose grigio-chiare con intercalazioni di calcari marnosi silicei, areniti fini, argilliti e argilliti marnose*
ACC	*Argille e Calcari di Canetolo (Paleocene superiore – Eocene medio)*	*Alternanza di argilliti, siltiti e calcarei micritici, in strati da sottili a spessi*
MMA	*Marne di Marmoreto (Oligocene superiore p.p. – Miocene inferiore p.p.)*	*Marne e marne siltose*
MAC	*Macigno (Oligiocene superiore p.p. – Miocene inferiore p.p.)*	*Arenarie quarzoso-feldspatico-micacee gradate in strati di potenza variabile, con livelli più sottili di siltiti*

Fig. 64 – Litotipi e formazioni rappresentate nella Carta Geologico-geomorfologica

Nella Carta Geologico-geomorfologica sono riportati i seguenti Depositi Continentali Quaternari (vedi **Fig.65**)



Fig. 65 – Depositi continentali quaternari rappresentati nella Carta Geologico-geomorfologica

Come ricordato in precedenza inoltre sono presenti anche i depositi continentali fluvio-lacustri Villafranchiani costituiti dalle seguenti formazioni (vedi **Fig.66**).

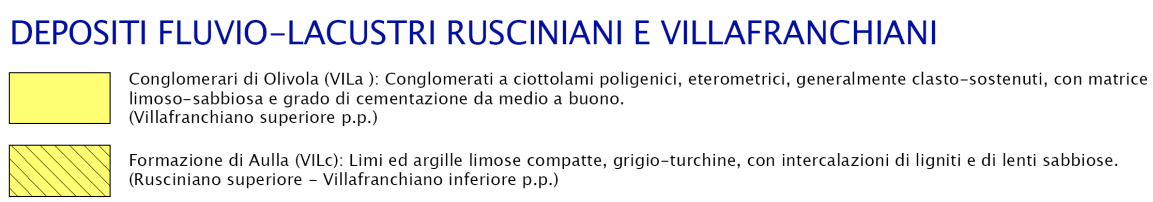


Fig. 66 – Depositi continentali Villafranchiani rappresentati nella Carta Geologico-geomorfologica

Come ricordato in precedenza le formazioni presenti nell'area cartografata appartengono all'Unità di Ottone, all'Unità di Canetolo ed alla Falda Toscana (vedi **Fig.67**).



Fig. 67 – Formazioni rappresentate nella Carta Geologico-geomorfologica

Nella carta sono stati riportati anche i principali elementi geomorfologici lineari e poligonali (vedi **Fig.68**).

La conoide alluvionale è presente solamente nella parte alta della carta, in prossimità della frazione di Tresana capoluogo, mentre gli orli di scarpata fluviale e di terrazzo si ritrovano principalmente in prossimità degli alvei del Torrente Penolo e del Torrente Osca.

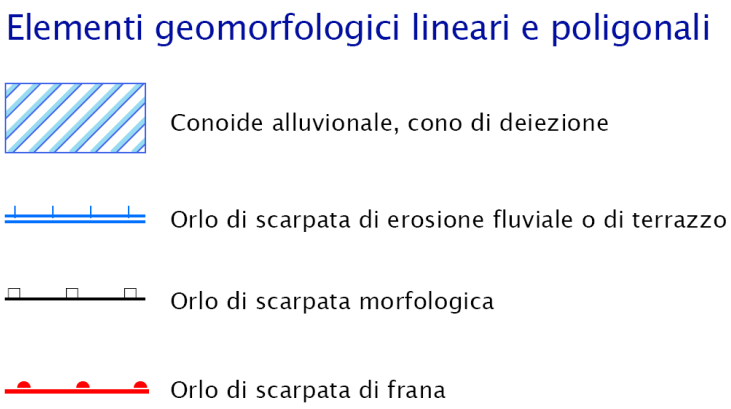


Fig. 68 – Elementi geomorfologici lineari e poligonali rappresentati nella Carta Geologico-geomorfologica

Infine sono stati riportati i principali elementi strutturali puntuali e lineari ed indicate le tracce delle sezioni geologiche ricostruite (vedi **Fig.69**)

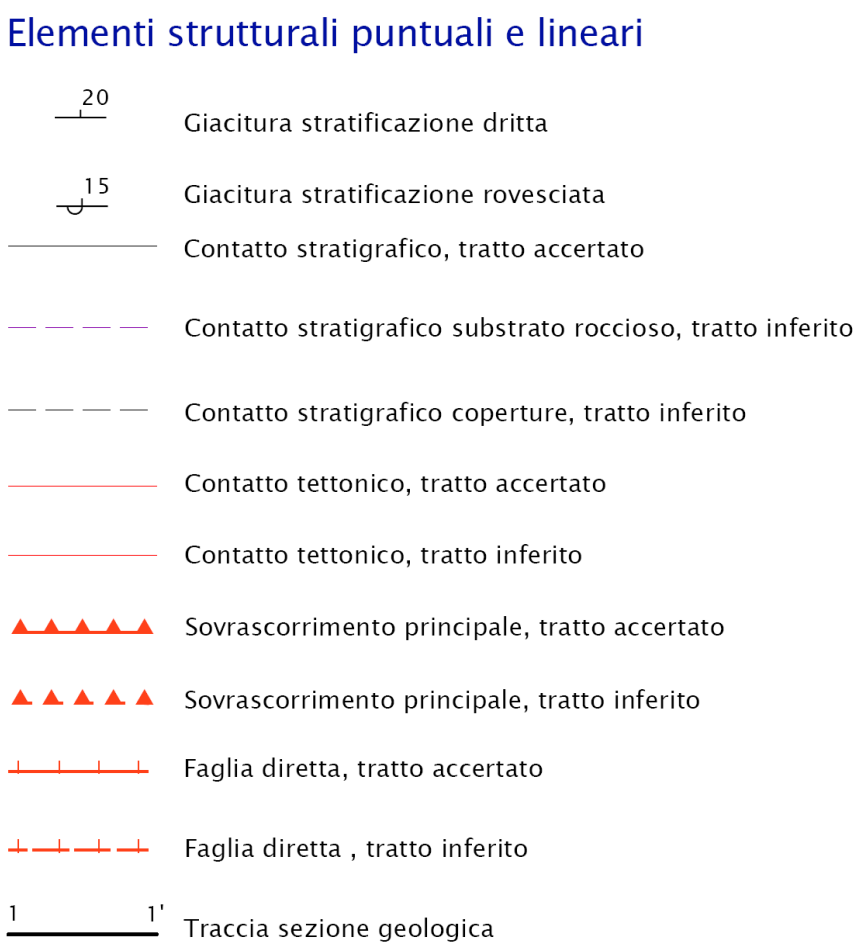


Fig. 69 – Elementi strutturali puntuali e lineari rappresentati nella Carta Geologico-geomorfologica

Per una miglior comprensione dell'assetto stratigrafico dell'area sono stati riportati anche i contatti geologici inferiti presumibilmente presenti al di sotto delle coperture detritiche ed alluvionali.

Come ricordato in precedenza sono state tracciate sette sezioni geologiche così ripartite:

Nella frazione di Tassonarla è stata tracciata la Sezione Geologica denominata **SEZ 1-1'**.

Nelle frazioni di Barbarasco e Corneda sono state tracciate le sezioni Geologiche denominate **SEZ 2-2', SEZ 3-3', SEZ 4-4'** e **SEZ 5-5'**.

Nella frazione di Tresana sono state tracciate le sezioni Geologiche denominate **SEZ 6-6'** e **SEZ 7-7'**.

8.1 LA CARTA DELLE INDAGINI

Nell'immagine seguente (**Fig.70**) sono riportate tutte le tipologie d'indagine preesistenti e quelle di nuova esecuzione presenti nell'area di Tresana.

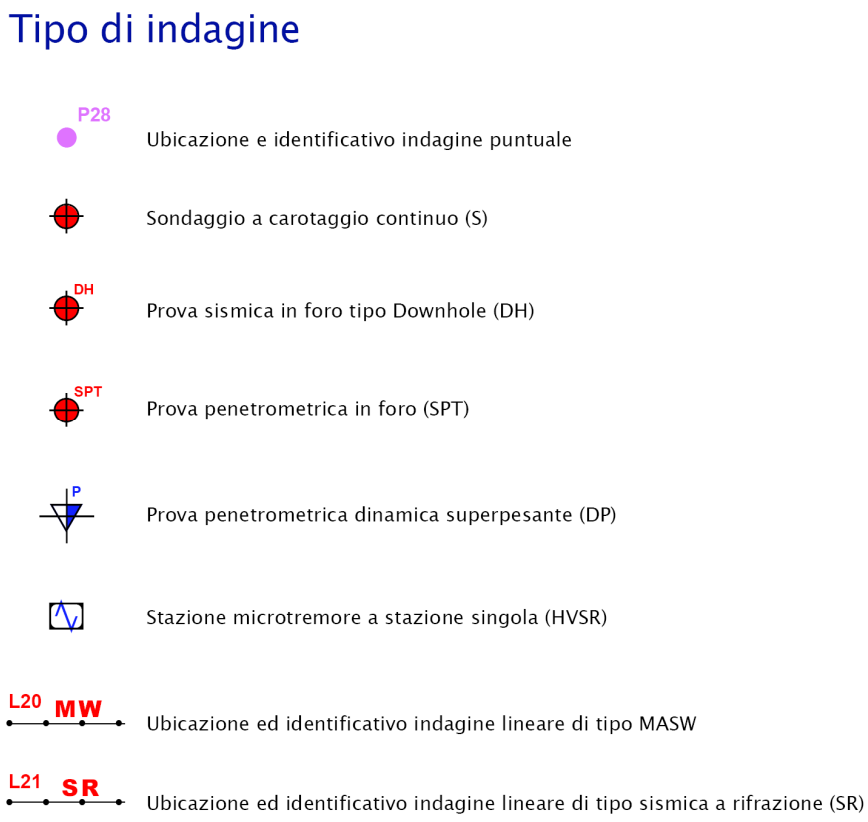


Fig. 70 – Tipologie d'indagine rappresentate nella Carta delle Indagini

8.2 LA CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

La Carta Geologico-Tecnica (CGT) è stata ricostruita a partire dalla nuova Carta Geologico-Geomorfologica realizzata su base compilativa e di campagna.

Il tipo litotecnico (tipo_gt) è stato attribuito ad ogni unità sulla base delle indicazioni degli ICMS (2008, 2012), previa suddivisione delle unità in "**Substrato**" e "**Terreni di copertura**".

8.2.1 I terreni di copertura

Nell'area di Tresana i depositi cartografati nella Carta Geologico-geomorfologica sono stati così suddivisi (vedi **Fig.71**):

sigla_carta	***Depositi***	***Descrizione***	***Tipo_gt***
h5	*Depositi antropici:terreni di riporto*	*Terreni contenenti resti di attività antropica*	***RI***
bna	*Depositi alluvionali terrazzati*	*Ciottoli, ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali*	***GW***
b	*Depositi alluvionali attuali*	*Ciottoli, ghiaie, sabbie e limi dei letti fluviali attuali,*	***GP***
VILa e VILc	*Depositi fluvio-lacustri Villafranchiani*	*Conglomerati e ciottolami poligenici, eterometrici, generalmente clasto-sostenuti, con matrice limoso-sabbiosa e grado di cementazione da medio a basso ed in subordine limi ed argille limose*	***GM***
aa	*Depositi di versante*	*Frammenti litoidi, eterometrici, angolosi talvolta stratificati*	***GC***

Fig. 71 – I depositi presenti nella Carta Geologico-tecnica di Tresana

Nella legenda della Carta Geologico-tecnica per la microzonazione sismica dell'area di Tresana si hanno quindi le seguenti tipologie di terreni di copertura (vedi **Fig.72**):

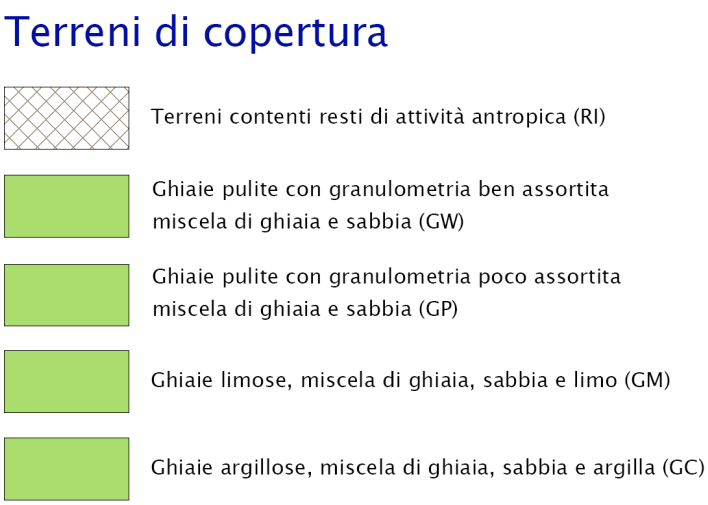


Fig. 72 – I terreni di copertura presenti nella Carta Geologico-tecnica di Tresana

8.2.2 Il substrato geologico rigido e non rigido

Per l'attribuzione del tipo_gt sono state prese in considerazione le caratteristiche litotecniche del substrato e i dati esistenti di Vs, utili alla definizione di substrato rigido o non rigido (NR, NRS).

Per quanto riguarda il Macigno (MAC) e le litofacies del Complesso di Casanova (CCVa,b,c,d) i dati di Vs esistenti sono risultati sempre superiori a 800m/sec per cui queste formazioni sono da considerarsi sicuramente come substrato rigido.

Le Argille e Calcari di Canetolo (ACC), i Calcari a Calpionelle (cc), i Calcari di Groppo del Vescovo (CGV), le Marne di Marmoreto (MMA) e gli olistoliti di Graniti (gv) e Basalti (bv) che affiorano in aree ristrette della carta, sono stati considerati substrati rigidi (NR) sulla base di misure effettuate in aree diverse da quella in oggetto.

Anche il Complesso di Monte Veri (MVE), sulla base delle misure di rumore realizzate, è stato considerato come substrato igido (NR).

L'unico substrato geologico considerato non rigido (NRS) è costituito dalla formazione delle Argille a Palombini (ap).

Un discorso a parte merita invece la formazione del Flysch di Ottone (OMT).

Nell'area di Barbarasco questa formazione presenta valori di Vs>800 m/s, così come risulta dalla down-hole DHS1 e dalla prospezione sismica ST1.

Nell'area compresa tra Tassonarla e Tresana capoluogo invece questa formazione presenta una porzione superficiale più alterata, che fornisce valori di Vs<800 m/s, così come indica la prospezione sismica eseguita a Bottria.

A maggiore profondità il substrato si comporta invece come rigido così come confermano le misure di rumore.

Nella Carta Geologico-tecnica agli affioramenti di Flysch di Ottone presenti in queste zone deformate è stato sovrapposto un sovrassegno di colore rosso.

Nell'area di Tresana i substrati geologici (Formazioni) cartografati nella Carta Geologico-geomorfologica sono stati così suddivisi (vedi **Fig.73**):

sigla_carta	***Substrati geologici***	***Descrizione***	***tipo_gt***
MVE	*Complesso di Monte Veri*	*Brecce poligeniche ad elementi di calcari, ofioliti, diaspri, arenarie e argille in abbondante matrice argillosa grigia*	***AL***
CCVa,b,c,d	*Complesso di Casanova*	*Arenarie ofiolitiche (CCVd), Depositi clastici grossolani matrice-sostenuti (CCVc), Brecce clasto-sostenute ad elementi Calcarei (CCVb), Brecce clasto-sostenute ad elementi Ofiolitici (CCVa)*	***AL***
ACC	*Argille e calcari di Canetolo*	*Alternanza di argilliti, siltiti e calcari micritici, in strati da sottili a spessi.*	***ALS***
gv	*Graniti*	*Graniti a grana grossa con aspetto brecciato*	***LP***
bv	*Basalti*	*Basalti massivi più o meno alterati*	***LP***
OMT	*Flysch di Ottone*	*Calcari, calcari marnosi, marne ed argilliti calcaree torbiditiche con intercalazioni di arenarie e siltiti*	***LPS***
cc	*Calcari a Calpionelle*	*Calcilutiti e calcilutiti silicee grigie con liste e noduli di selce scura e rare intercalazioni di marne e argilliti marnose*	***LPS***
CGV	*Calcari di Groppo del Vescovo*	*Torbiditi calcareo e calcareo-marnose grigio-chiare con intercalazioni di calcari marnosi silicei, areniti fini, argilliti e argilliti marnose*	***LPS***
MAC	*Macigno*	*Arenarie quarzoso-feldspatico-micacee gradate, in strati di potenza variabile, con livelli più sottili di siltiti*	***LPS***
MMA	*Marne di Marmoreto*	*Marne e marne siltose*	***LPS***
ap	*Argille a Palombini*	*Argilliti e argilliti marnose grigio scure con intercalazioni di calcilutiti e calcilutiti silicee grigio-chiare*	***NRS***

Fig. 73 – I substrati geologici della Carta Geologico-tecnica di Tresana

Nella legenda della Carta Geologico-tecnica per la microzonazione sismica dell'area di Tresana si hanno quindi i seguenti substrati geologici (vedi **Fig.74**).



Fig. 74 – I substrati geologici della Carta Geologico-tecnica di Tresana

Nella zona di Barbarasco la formazione del Flysch di Ottone compare nei litotipi stratificati (LPS) mentre nelle zone di Tassonarla, Bottria e Tresana questa formazione risulta contrassegnata da un sovrassegno rosso.

Ad ogni unità cartografata viene anche assegnato un codice nel campo Stato che è relativo allo stato di addensamento o alle caratteristiche di fratturazione.

Questa informazione riguarda ovviamente prevalentemente i Terreni di Copertura anche se non ha rappresentazione cartografica.

Gli stessi terreni vengono descritti anche nel campo Gen, attraverso l'indicazione dell'ambiente deposizionale o morfogenetico prevalente, anche in questo caso senza nessun riferimento alla rappresentazione cartografica.

8.2.3 Instabilità di versante

Nella CGT sono riportate anche le frane, secondo la tipologia di movimento e lo stato di attività, informazioni già presenti nella carta geologico-geomorfologica (vedi **Fig.75**).

In questa cartografia le zone interessate da instabilità di versante sono definite attraverso l'attribuzione del **tipo_i** che ne definisce il carattere dell'instabilità cì come riportato negli ICMS (2012).

Codici da utilizzare per il campo "Tipo_i" (Schema del codice: 30xy)

Instabilità di versante	1 – crollo o ribaltamento	2 – scorrimento	3 - colata	4 - complessa	5 – non definito
1 – attiva	3011	3012	3013	3014	3015
2 – quiescente	3021	3022	3023	3024	3025
3 – inattiva	3031	3032	3033	3034	3035
4 – non definita	3041	3042	3043	3044	3045

Fig. 75 – Tipi d'instabilità di versante ICMS (2012)

Nell'area indagata sono state individuate le seguenti situazioni (vedi **Fig.76**).

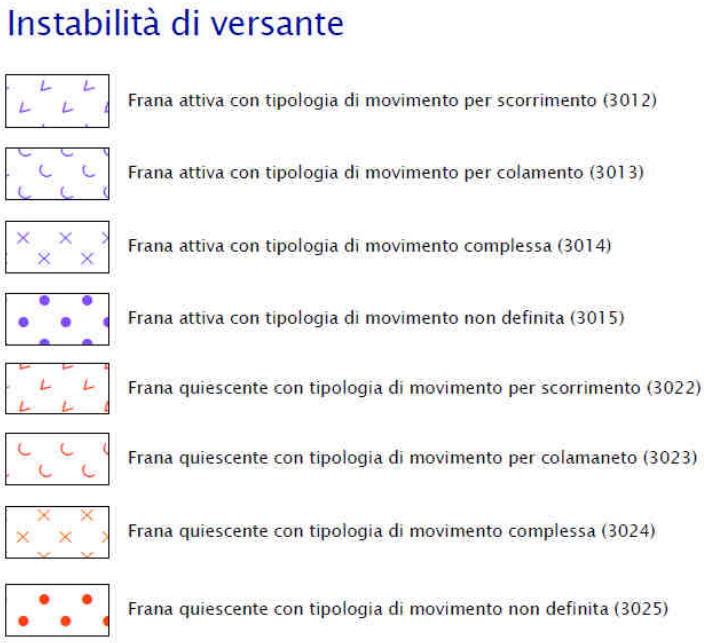


Fig. 76 – Tipi d'instabilità di versante cartografate nell'area di studio

Le frane attive sono poche e di dimensioni piuttosto limitate mentre quelle quiescenti sono diffuse su tutto il territorio anche se generalmente non interessano le frazioni abitate.

8.2.4 Forme di superficie e sepolte

Nella Carta Geologico Tecnica sono state riportate le principali forme di superficie presenti nell'area studiata corrispondenti alle Conoidi alluvionali, alle Falde detritiche ed ai picchi isolati (vedi **Fig.77**).

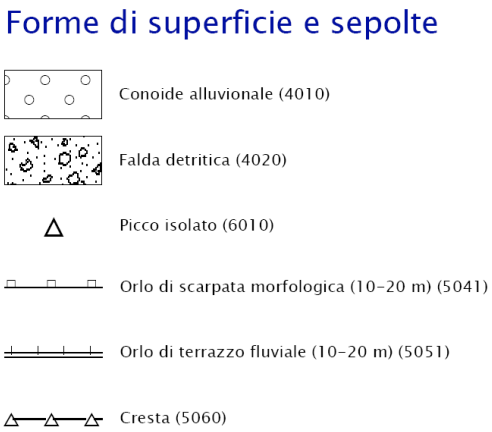


Fig. 77 – Forme di superficie cartografate nell'area di studio

Le falde detritiche di maggior estensione si trovano nelle zone di raccordo tra il terrazzo alluvionale di Barbarasco ed i fondivalle del Torrente Osca e del Torrente Penolo, nei pressi della frazione di Tassonarla, di Bottria e di Tresana Capoluogo.

L'unica conoide alluvionale degna di nota si trova ad est della frazione di Tresana capoluogo.

8.2.5 Elementi tettonico strutturali

Nella Carta Geologico Tecnica sono stati riportati anche i principali elementi tettonico strutturali presenti nell'area (vedi **Fig.78**).

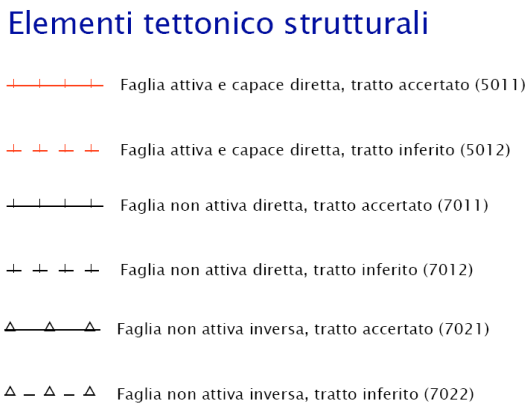


Fig. 78 – Elementi tettonico-strutturali cartografati nell'area di studio

Infine sono stati riportati anche gli elementi puntuali relativi alle indagini di sottosuolo (sondaggi) con indicata la quota a cui è stato intercettato il substrato.

Nel caso in oggetto esistono solamente due sondaggi, uno perforato presso Il Municipio di Barbarasco e l'altro presso le Scuole, che hanno intercettato il substrato roccioso alle profondità di rispettivamente 4.2 e 30.5 m dal piano campagna.

Anche in questa cartografia sono riportate le tracce delle **sezioni geologico-tecniche** rappresentative del modello del sottosuolo.

8.3 LA CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica di **livello 1** è costruita sulla base degli elementi predisponenti alle amplificazioni e alle instabilità sismiche già riportati nella Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica e costituisce il documento fondamentale di questo livello di approfondimento.

Nella carta devono essere riportate le seguenti informazioni:

- zone stabili
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali
- zone suscettibili d'instabilità
- faglie attive e capaci
- forme di superficie e sepolte
- tracce di sezioni topografiche

Le **tracce di sezione topografica** definiscono delle aree di attenzione rispetto alle amplificazioni topografiche e devono essere generalmente individuate in corrispondenza di forme di superficie tipo scarpate, terrazzi e creste che interessino aree urbanizzate o urbanizzabili.

Nel presente studio tali tracce non sono state riportate e si rimanda la loro identificazione e quantificazione nei livelli di approfondimento successivi.

8.3.1 ZONE STABILI

Nella carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (**MOPS**) le Zone Stabili si ottengono attraverso la definizione del tipo_z un valore che viene attribuito ad ogni unità del substrato rigido definita attraverso il tipo_gt.

Alle zone stabili appartengono tutte le aree su substrato rigido affiorante su pendenze <15°, come definito da ICMS (2009).

Nell'area di Tresana le Zone Stabili si suddividono nelle seguenti due categorie (vedi **Fig.79**), rappresentate nella legenda della carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

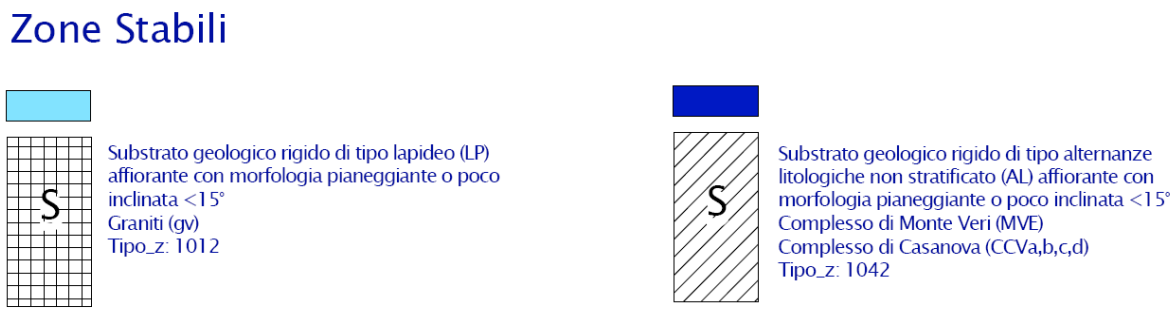


Fig. 79 – Zone stabili presenti nella carta delle MOPS di Tresana

Nella carta delle MOPS le uniche zone stabili sono quelle ubicate sulla sommità dei crinali montuosi e lungo alcuni fondivalle in cui si assiste all'affioramento del substrato roccioso (vedi **Fig.79**).

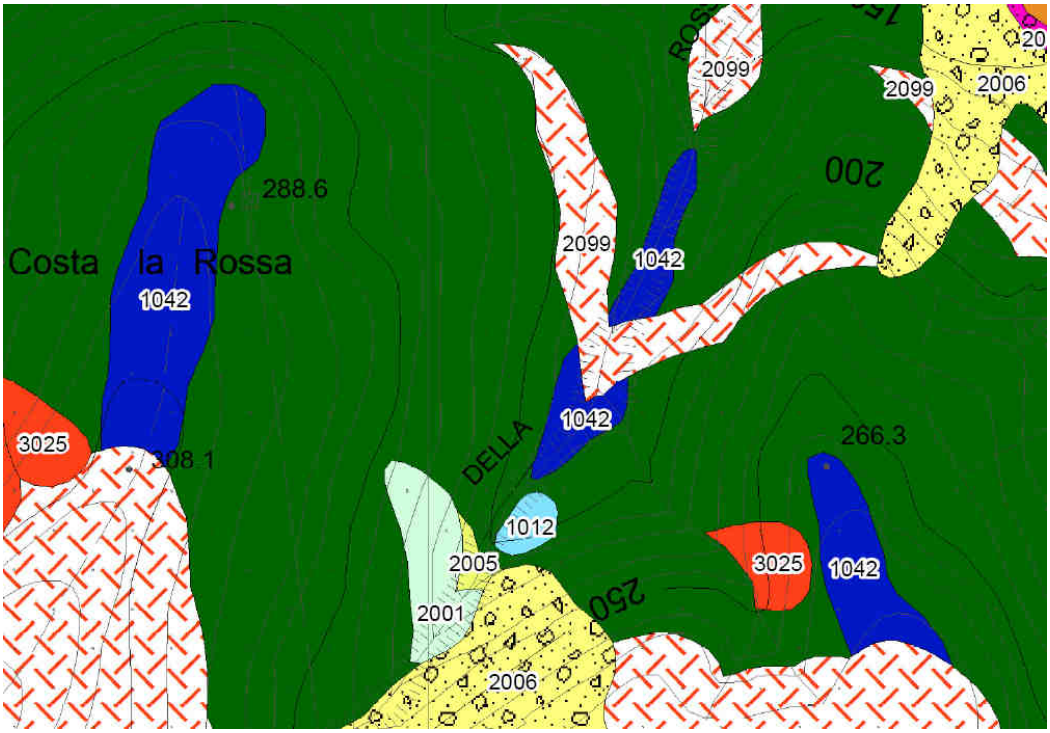


Fig. 79 – Esempio di aree stabili in corrispondenza di alcuni crinali caratterizzati dall'affioramento della formazione del Complesso di Monte Veri (codice 1042) e lungo l'alveo del Canale della Rossa caratterizzato dall'affioramento di granito (codice 1012) e Complesso di Monte Veri (codice 1042).

8.3.2 ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Appartengono a queste zone tutte le aree con:

- *substrato geologico rigido su pendenze>15°.*
- *presenza di terreni di copertura,*

Le zone vengono identificate attraverso il tipo_z dove, in accordo con ICMS (2012) vengono classificate con codici 20xy progressivi, secondo lo schema seguente (vedi **Fig.80**):

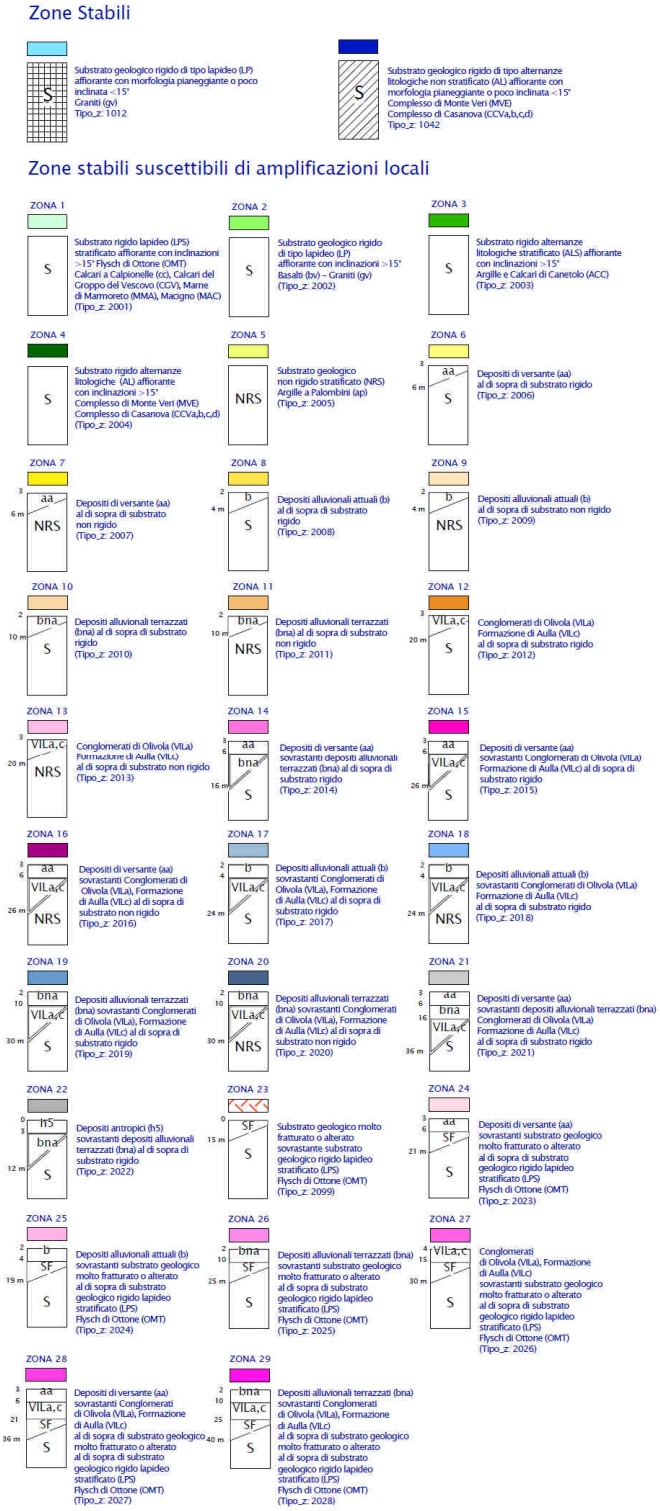
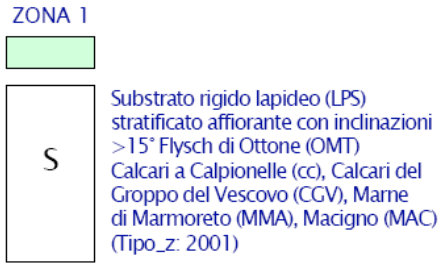


Fig. 80 – Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali presenti nella carta delle MOPS di Tresana

Nella carta delle MOPS le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono quelle maggiormente rappresentate in tutta l'area indagata.

Zona 1**: SUBSTRATO RIGIDO LAPIDEO STRATIFICATO (LPS) AFFIORANTE CON INCLINAZIONI > 15° **(Tipo_z:2001)



Corrisponde alle aree dove è presente il substrato roccioso lapideo stratificato affiorante o sub-affiorante, intendendo per sub-affiorante la presenza di una copertura detritica di spessore inferiore a 3.0 metri.

Nella zona di Barbarasco corrisponde ai limitati affioramenti del Flysch di Ottone presenti lungo le scarpate a valle del terrazzo alluvionale e a monte del tracciato autostradale (vedi **Fig.81**).

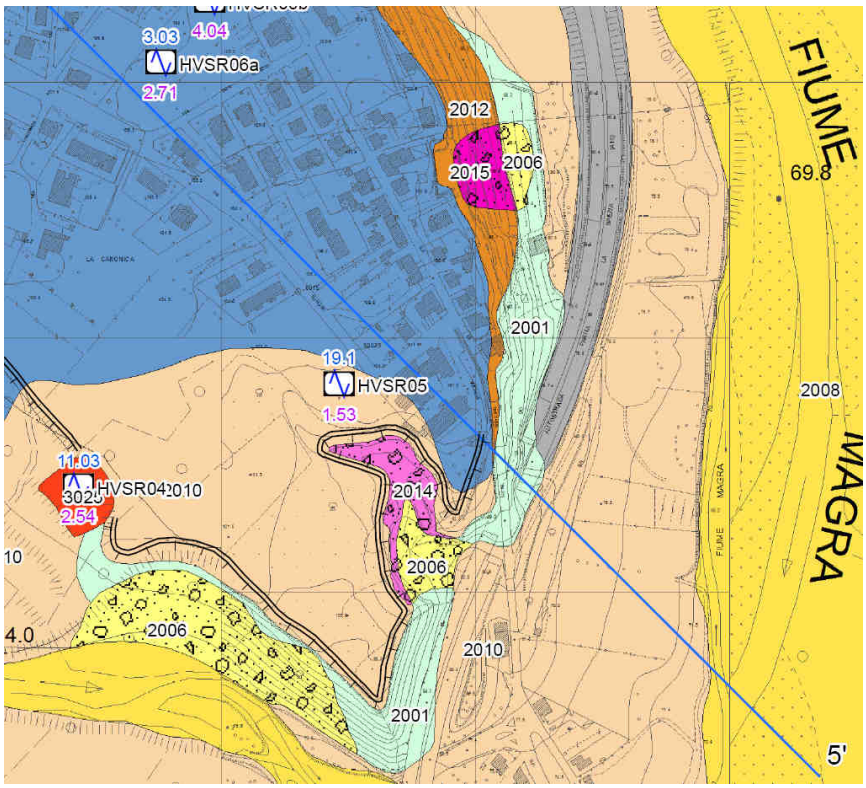


Fig. 81 – Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da substrato rigido lapideo stratificato (Flysch di Ottone) affiorante con inclinazione maggiore di 15° nella frazione di Barbarasco.

Questa zona risulta maggiormente rappresentata ad ovest della frazione di Tresana capoluogo laddove affiorano estesamente le formazioni dell'Arenaria Macigno e dei Calcari di Groppo del Vescovo (vedi **Fig.82**).

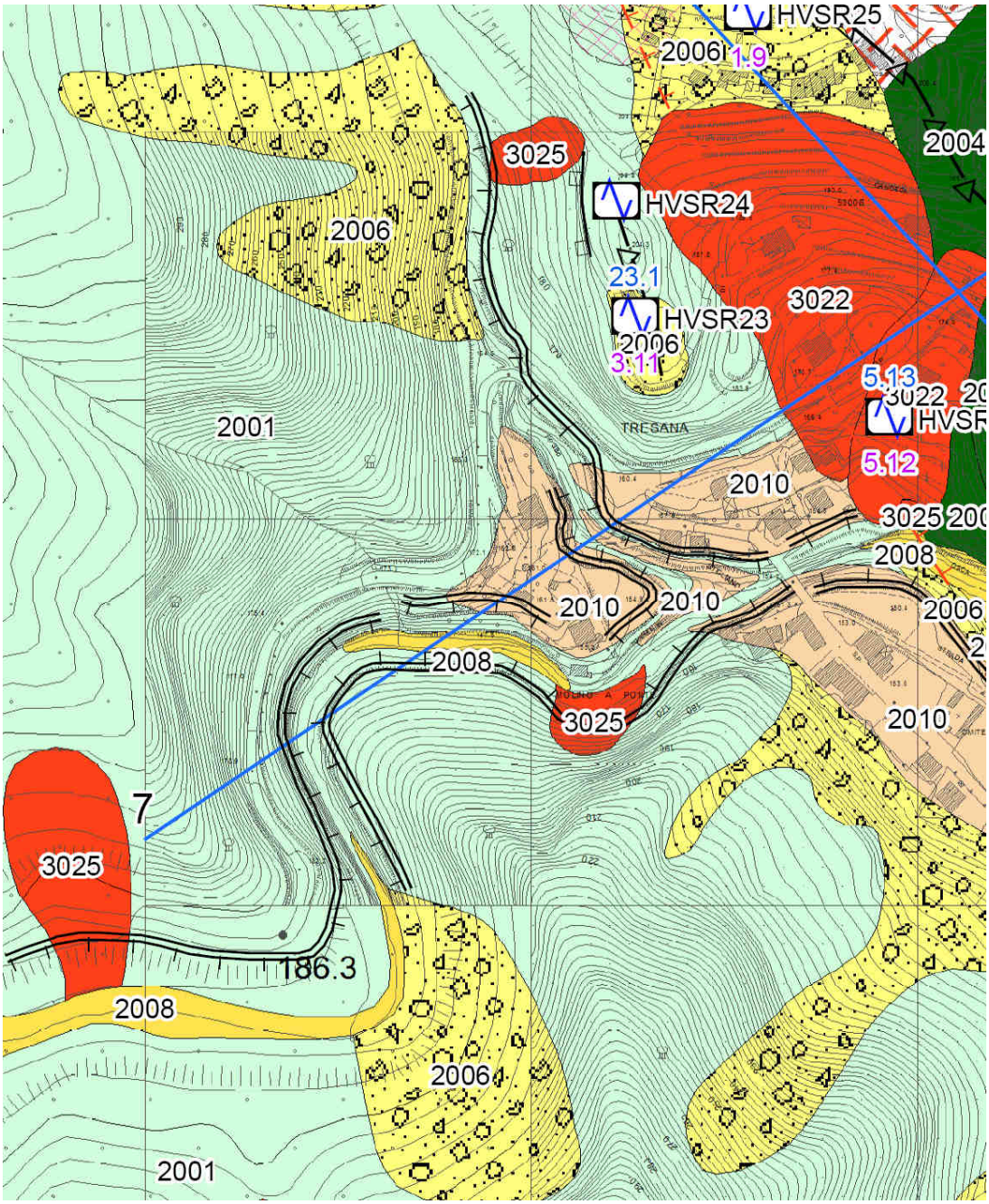
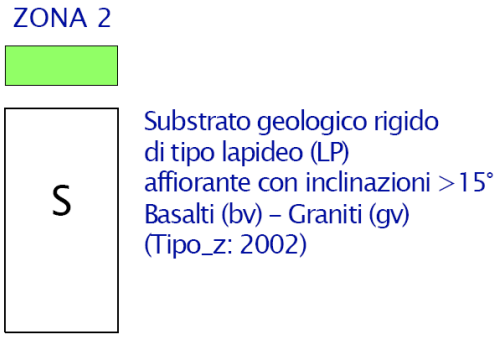


Fig.82 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da substrato rigido lapideo stratificato (Arenaria Macigno) affiorante con inclinazione maggiore di 15° ad ovest della frazione di Tresana capoluogo.

Zona 2: *SUBSTRATO RIGIDO DI TIPO LAPIDEO (LP) AFFIORANTE CON INCLINAZIONI > 15°* ***(Tipo_z:2002)***



Corrisponde alle aree dove è presente il substrato roccioso costituito da litotipi lapidei affioranti o sub-affioranti con inclinazione maggiore di 15°.

Nella cartografia questa zona corrisponde alle aree in cui affiorano gli olistoliti di Basalti (bv) e di Graniti (gv) e si individua principalmente nel nucleo storico della frazione di Tresana capoluogo (vedi **Fig.83**).

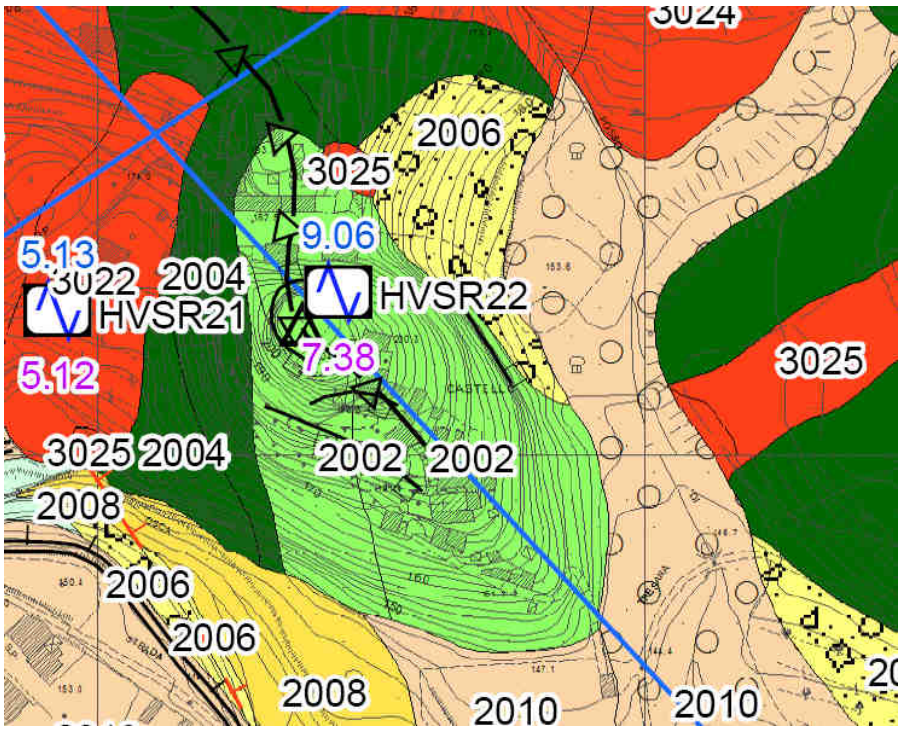
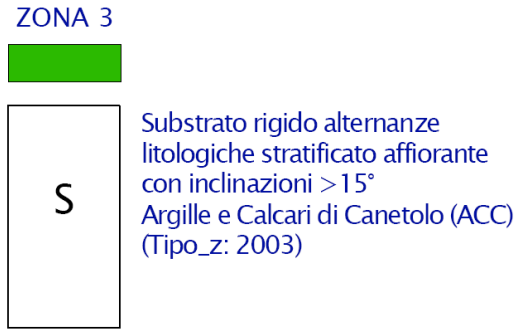


Fig.83 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da substrato rigido di tipo lapideo (Basalti e Graniti) affiorante con inclinazione maggiore di 15° in corrispondenza del nucleo storico della frazione di Tresana capoluogo

Zona 3**: SUBSTRATO RIGIDO DI TIPO ALTERNANZE LITOLOGICHE STRATIFICATO (ALS) AFFIORANTE CON INCLINAZIONI > 15°* ***(Tipo_z:2003)



Corrisponde alle aree dove è presente il substrato roccioso costituito da alternanze litologiche stratificate affiorante o sub-affiorante con inclinazioni maggiori di 15°.

Nella cartografia questa zona corrisponde unicamente alle aree in cui affiora la formazione delle Argille e calcari di Canetolo e si individua nella zona ad ovest della frazione di Tresana capoluogo (vedi **Fig.84**).

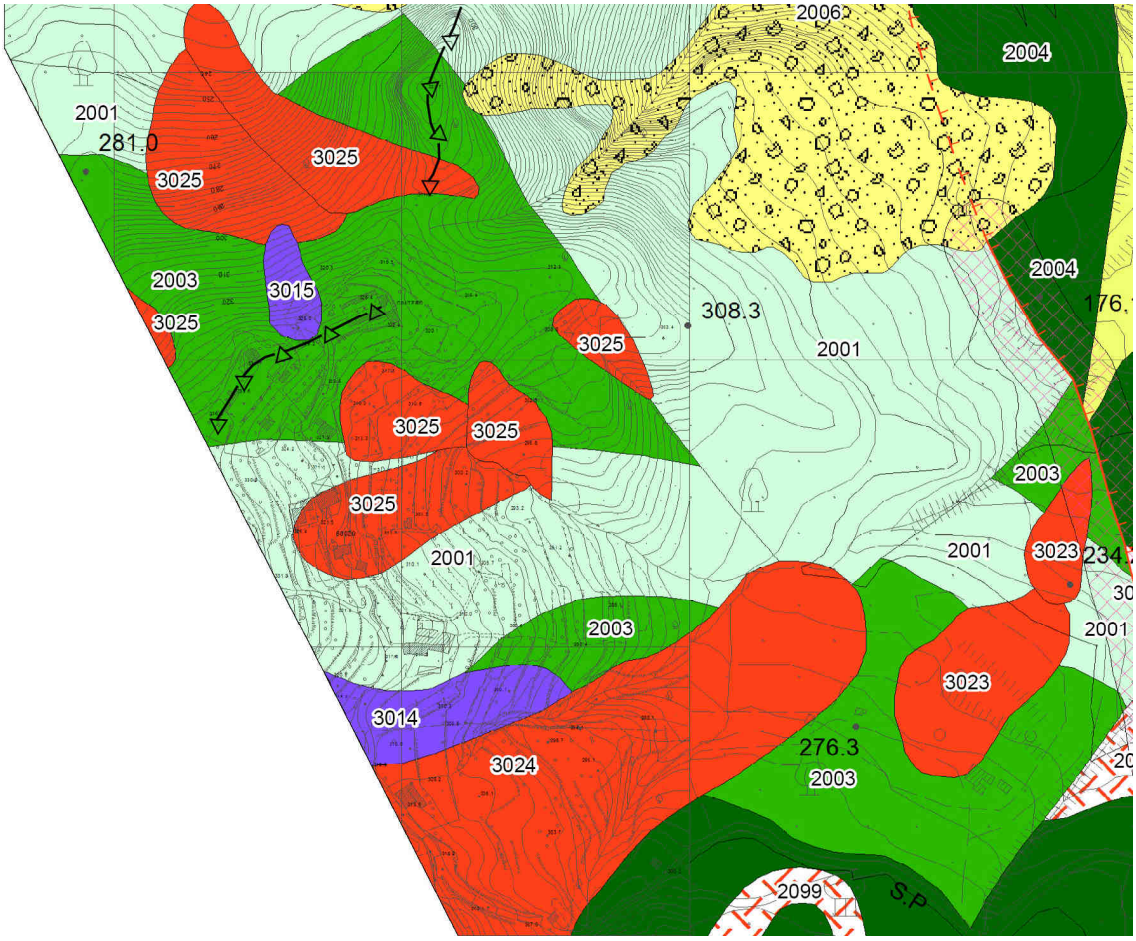
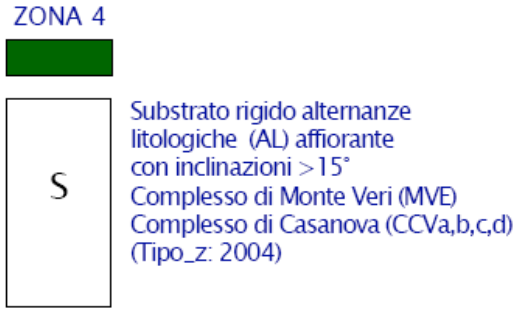


Fig.84 - Esempi di zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da substrato rigido con alternanze litologiche stratificato (Argille e calcari di Canetolo) affiorante con inclinazione maggiore di 15° presenti ad ovest della frazione di Tresana capoluogo.

Zona 4**: SUBSTRATO RIGIDO DI TIPO ALTERNANZE LITOLOGICHE (AL) AFFIORANTE CON INCLINAZIONI > 15° **(Tipo_z:2004)



Corrisponde alle aree dove è presente il substrato roccioso costituito da alternanze litologiche affiorante o sub-affiorante con inclinazioni maggiori di 15°.

Nella cartografia queste zone corrispondono alle aree in cui affiorano le formazioni del Complesso di Monte Veri e del Complesso di Casanova.

Un vasto affioramento del Complesso di Monte Veri si individua nella zona ad ovest della frazione di Bottria (vedi **Fig.85**).

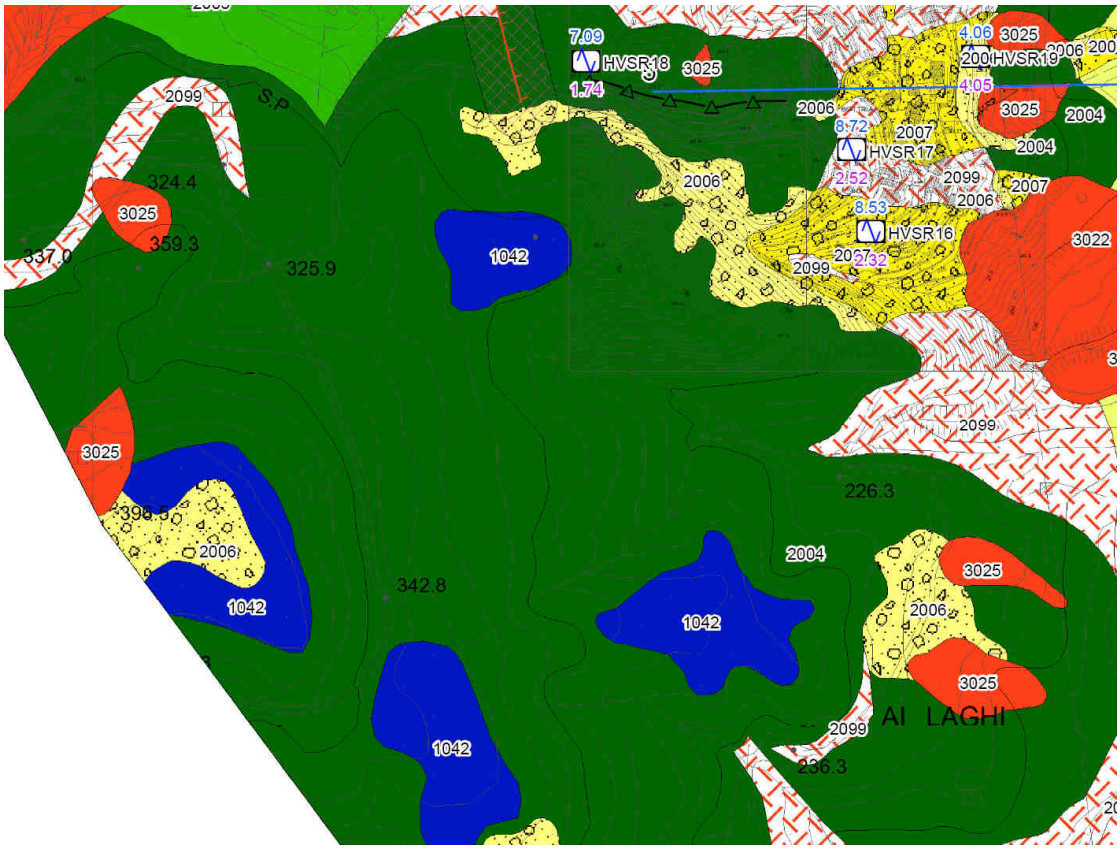


Fig.85 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da substrato rigido con alternanze litologiche (Complesso di Monte Veri) affiorante con inclinazione maggiore di 15° presente ad ovest della frazione di Bottria.

Vasti affioramenti del Complesso Casanova si individuano nella zona ad est del Torrente Osc in località Trinità (vedi **Fig.86**) e ad est della frazione di Tresana capoluogo presso la località Costadello (vedi **Fig. 87**).

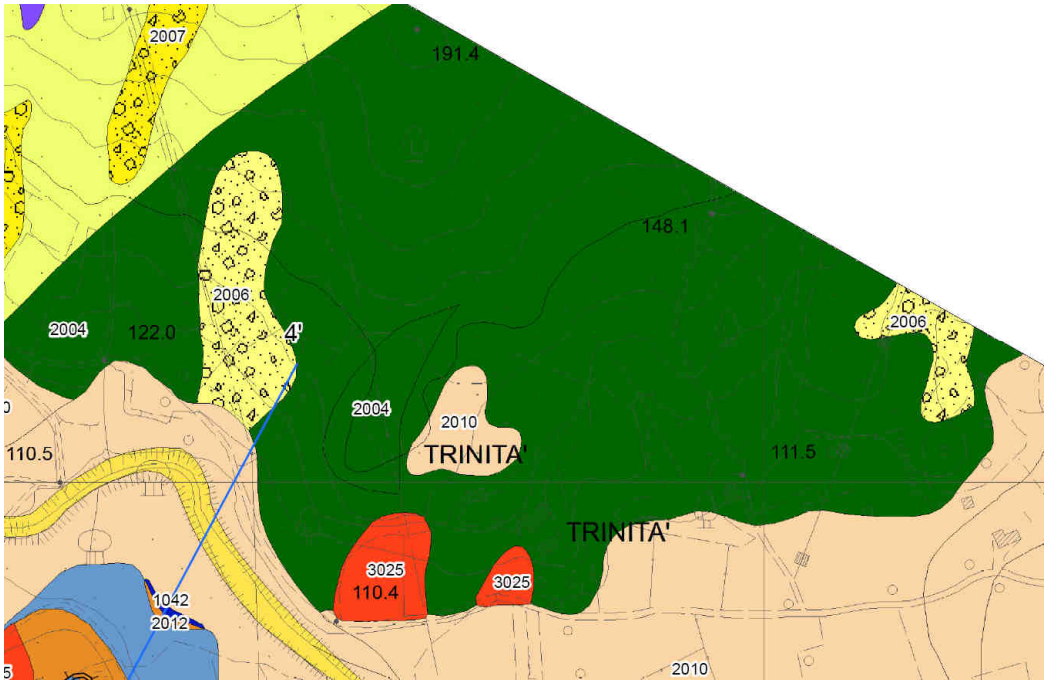


Fig.86 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da substrato rigido con alternanze litologiche (Complesso di Casanova) affiorante con inclinazione maggiore di 15° presente ad est dell'alveo del Torrente Osca in località Trinità.

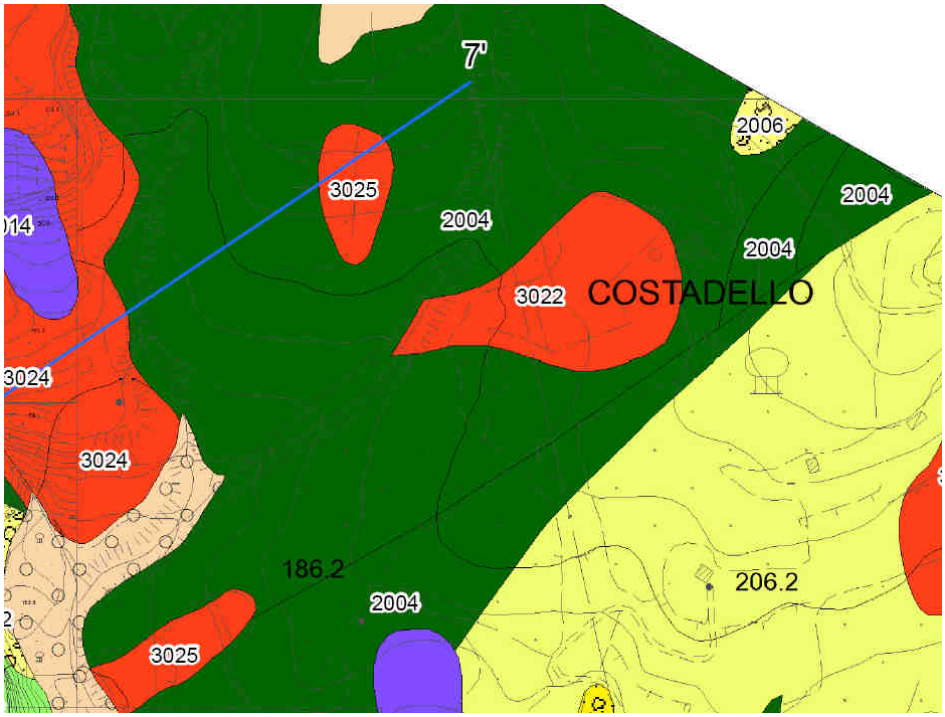
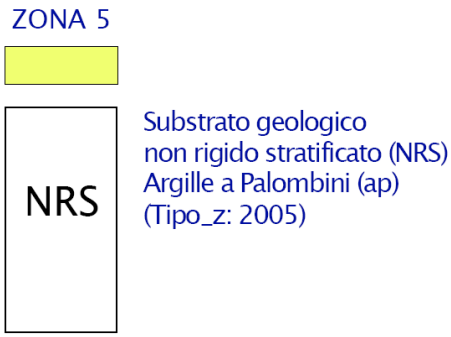


Fig.87 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da substrato rigido con alternanze litologiche (Complesso di Casanova) affiorante con inclinazione maggiore di 15° presente ad est della frazione di Tresana capoluogo in località Costadello.

Zona 5**: SUBSTRATO GEOLOGICO NON RIGIDO STRATIFICATO (NRS) AFFIORANTE* ***(Tipo_z:2005)



Corrisponde alle aree dove affiora la formazione delle Argille a Palombini e nella cartografia si individua in tutta la zona compresa tra la frazione di Corneda e quella di Tresana capoluogo (vedi **Fig.88**).

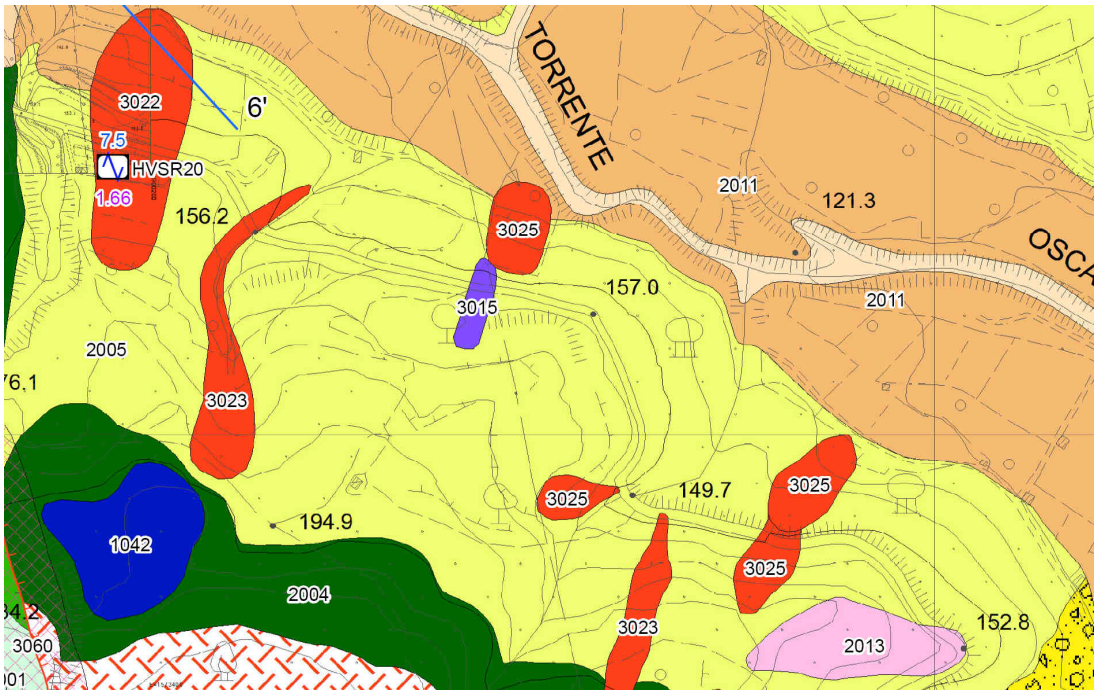
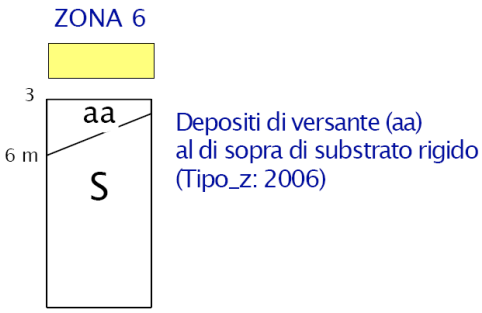


Fig.88 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata dall'affioramento del substrato geologico non rigido (Argille a Palombini) presenti lungo la S.P. per Tresana.

Zona 6**: DEPOSITI DI VERSANTE AL DI SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO* ***(Tipo_z:2006)



Corrisponde alle zone dove sopra al substrato roccioso è presente una copertura detritica di versante di spessore superiore a 3.0 metri; sulla base delle indagini e dei dati disponibili lo spessore di queste coperture non dovrebbe superare i 6.0 metri.

Nella cartografia sopra al colore è riportato anche il figurato relativo alla falda detritica.

Queste zone sono ben rappresentate in tutta la cartografia e sono caratteristiche delle scarpate che bordano la parte nord del terrazzo alluvionale di Barbarasco (vedi **Fig.89**) e dell'area di Tassonarla.

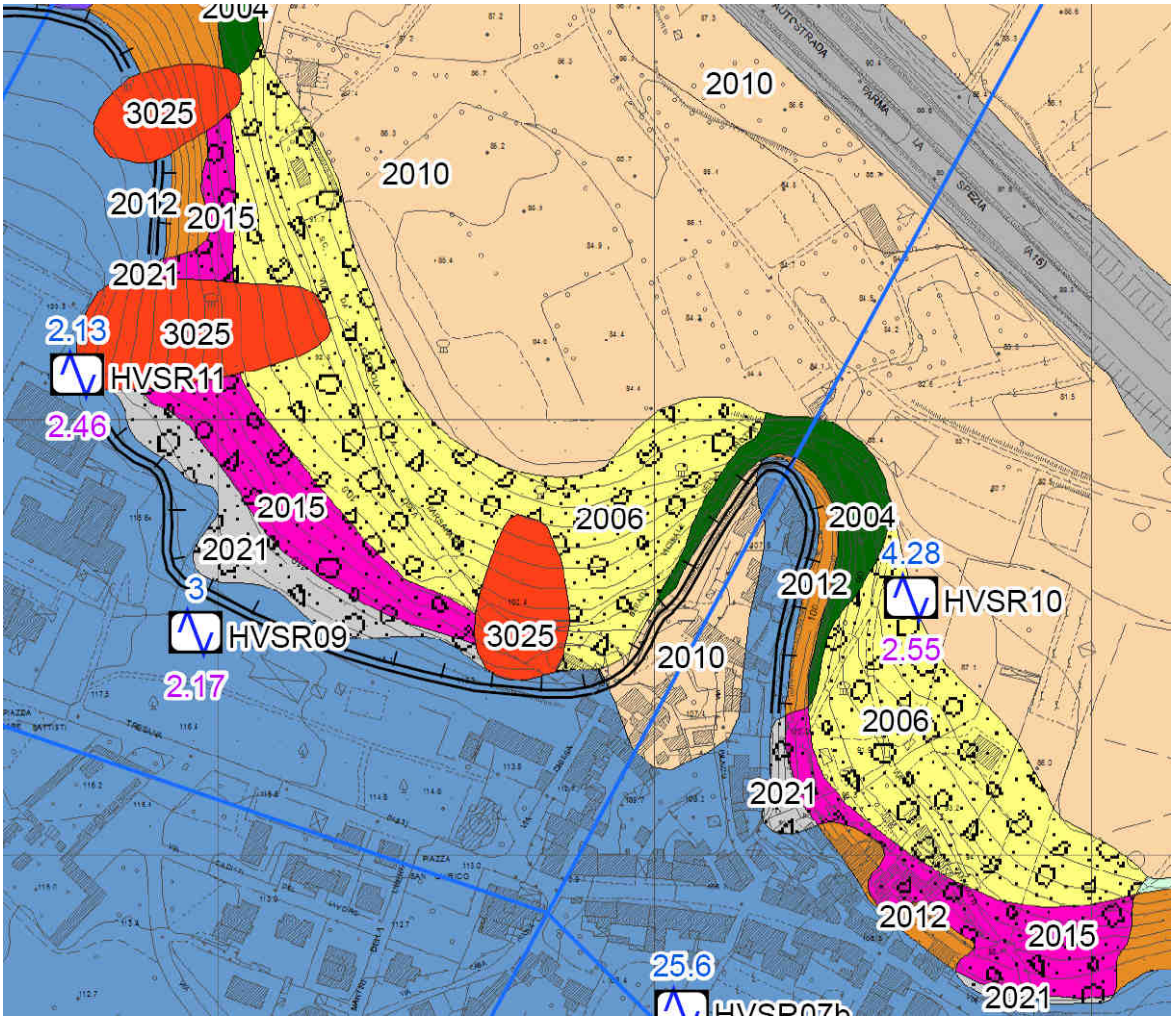
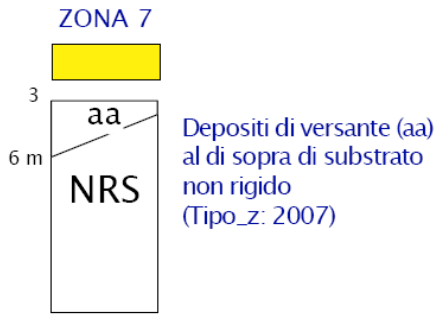


Fig.89 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) al di sopra del substrato rigido (Complesso di Casanova) sulle scarpate a nord del terrazzo alluvionale di Barbarasco.

Zona 6**: DEPOSITI DI VERSANTE AL DI SOPRA DI SUBSTRATO NON RIGIDO* ***(Tipo_z:2007)



Corrisponde alle aree dove sopra al substrato roccioso non rigido è presente una copertura detritica di versante di spessore superiore a 3.0 metri; sulla base delle indagini e dei dati disponibili lo spessore di queste coperture non dovrebbe superare i 6.0 metri.

Nella cartografia sopra al colore è riportato anche il figurato relativo alla falda detritica.

Queste zone si ritrovano nelle aree in cui i depositi di versante sovrastano la formazione delle Argille a Palombini (vedi **Fig. 90**).

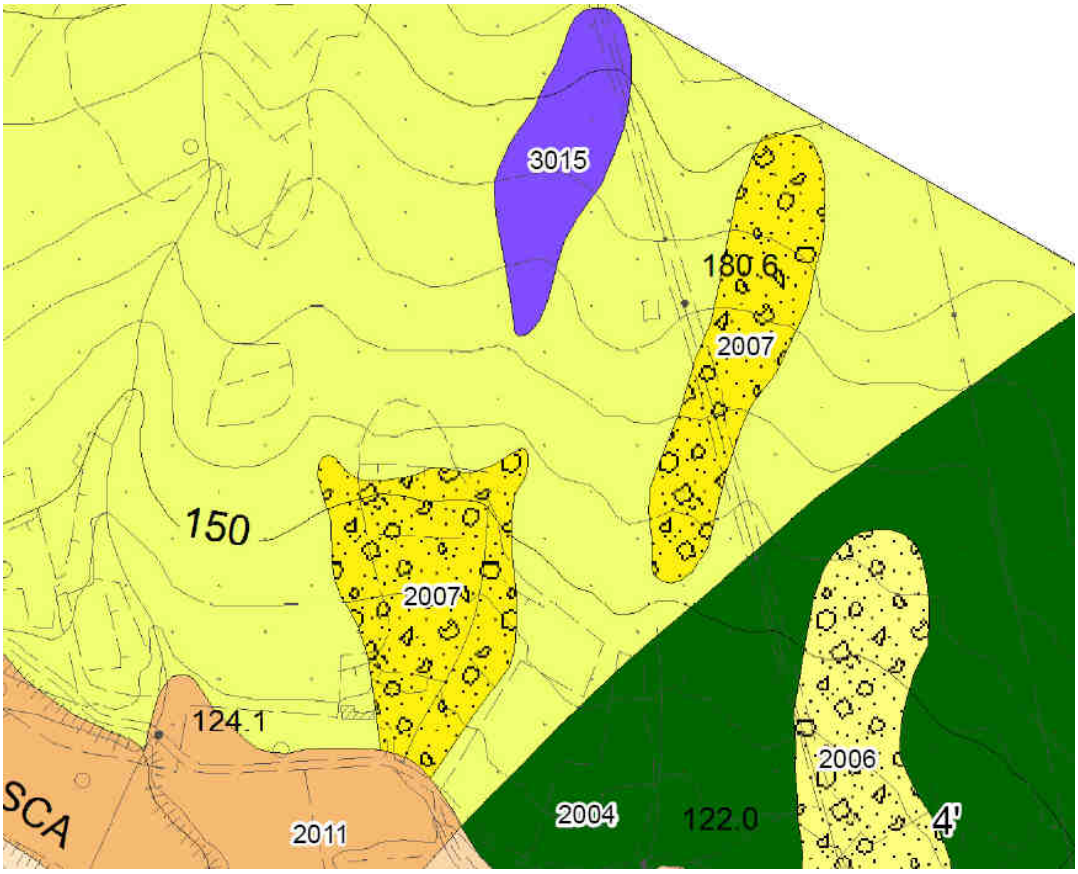
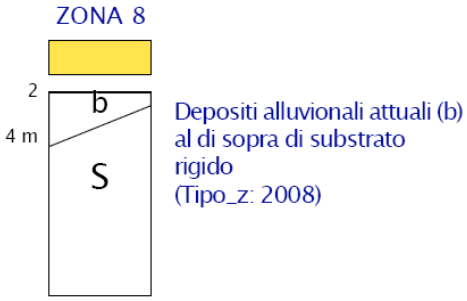


Fig.90 - Esempio di zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate dalla presenza di depositi di versante (aa) al di sopra del substrato non rigido (Argille a Palombini) in sinistra idrografica del Torrente Osca.

***Zona 8**: DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO (Tipo_z:2008)*



Corrisponde alle zone dove i depositi alluvionali attuali si trovano direttamente a contatto con il substrato roccioso.

Dai rilievi eseguiti risulta che i Torrenti principali si trovano in fase erosiva per cui lo spessore delle alluvioni attuali non dovrebbe essere maggiore di 4 metri.

Queste zone si trovano lungo i principali corsi d'acqua costituiti principalmente dal Torrente Osca (vedi **Fig.91**) e dal Torrente Penolo (vedi **Fig.92**) oltre che naturalmente dal Fiume Magra che delimita il confine comunale lato est.

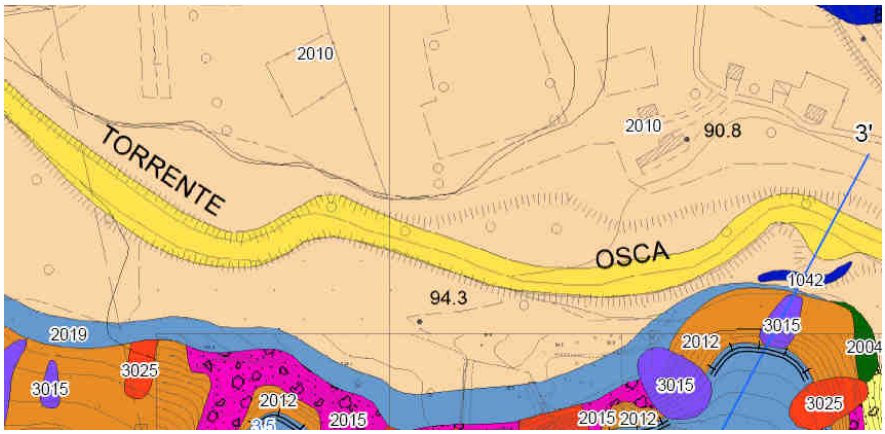


Fig.91 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi alluvionali attuali (b) al di sopra del substrato rigido (Complesso di Casanova) all'interno dell'alveo del Torrente Osca a nord di Barbarasco

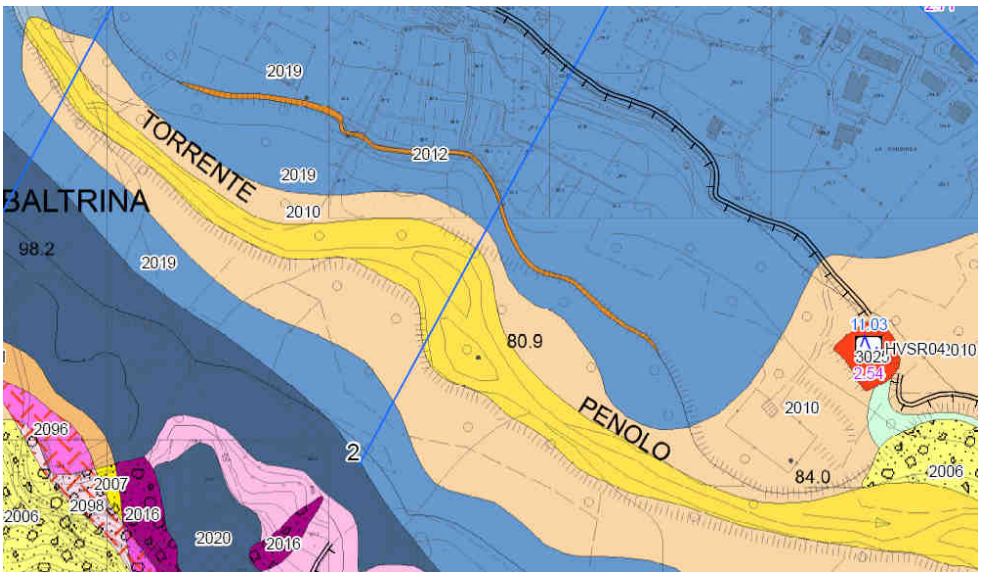
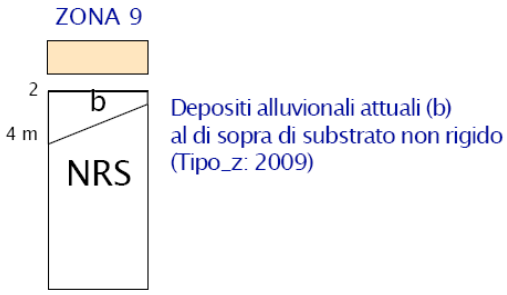


Fig.92 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi alluvionali attuali (b) al di sopra del substrato rigido (Complesso di Casanova) all'interno dell'alveo del Torrente Penolo a sud di Barbarasco

***Zona 9**: DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO NON RIGIDO (Tipo_z:2009)*



Corrisponde alle zone dove i depositi alluvionali attuali si trovano a contatto con il substrato non rigido.

Queste zone si trovano lungo l'alveo del Torrente Osca (vedi **Fig.93**) e del Torrente Penolo (vedi **Fig.94**) nelle aree in cui affiora la formazione delle Argille a Palombini.

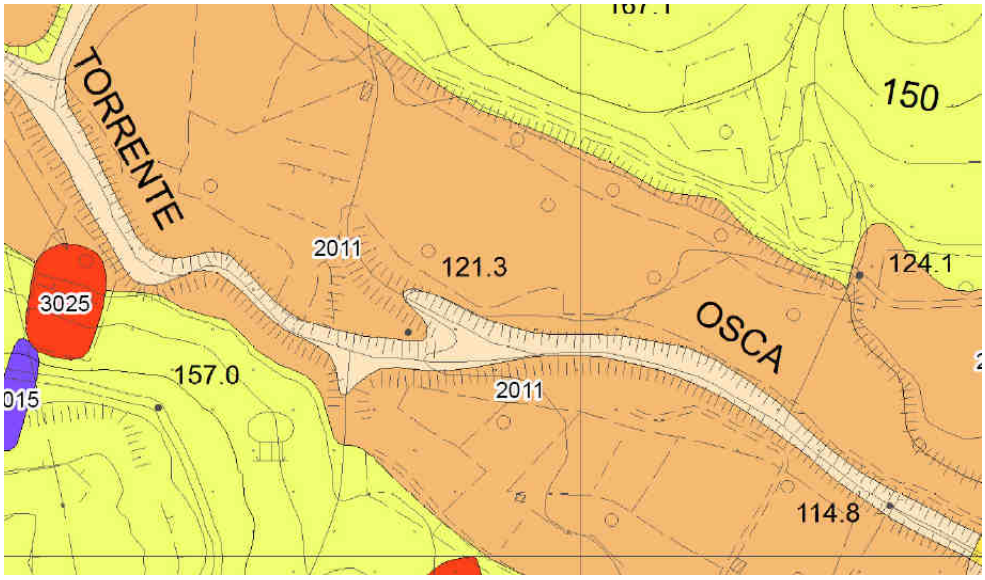


Fig.93 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi alluvionali attuali (b) al di sopra del substrato non rigido (Argille a Palombini) all'interno dell'alveo del Torrente Osca a nord ovest di Corneda

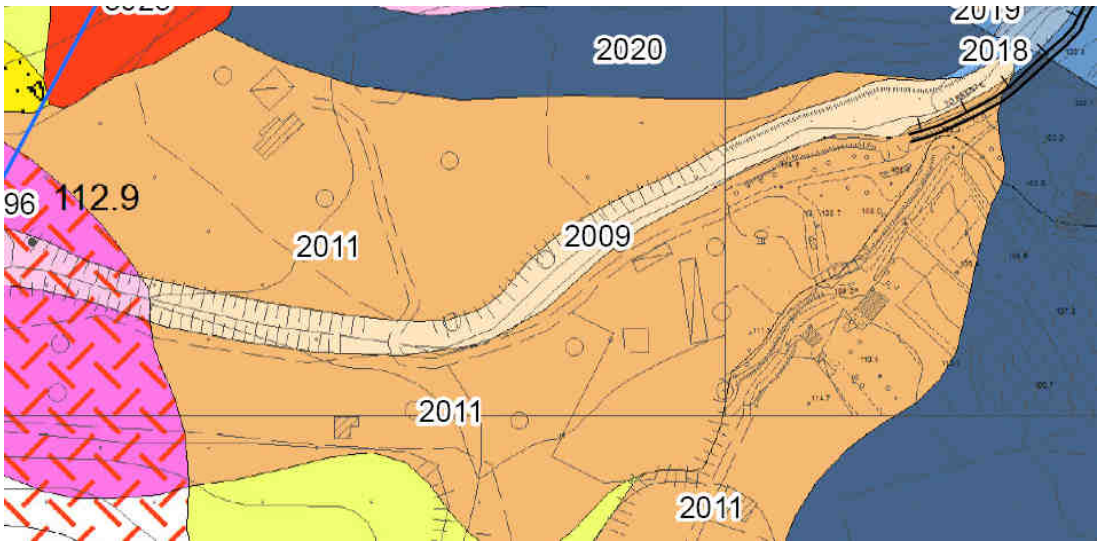
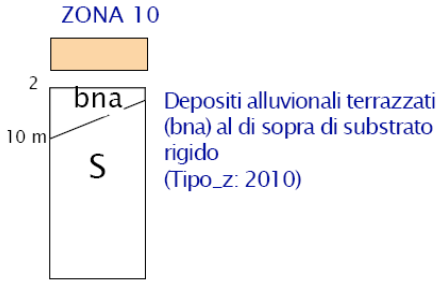


Fig.94 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi alluvionali attuali (b) al di sopra del substrato non rigido (Argille a Palombini) all'interno dell'alveo del Torrente Penolo a sud di Corneda

***Zona 10**: DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO (Tipo_z:2010)*



Corrisponde alle zone dove sopra al substrato roccioso si trovano, direttamente a contatto, i depositi alluvionali terrazzati.

Lo spessore dei depositi alluvionali terrazzati è molto variabile e in corrispondenza della frazione di Barbarasco raggiunge anche i 10m di spessore.

I maggiori affioramenti di questa zona si hanno nelle piane alluvionali presenti a nord ed a sud di Barbarasco (vedi **Fig.95**).

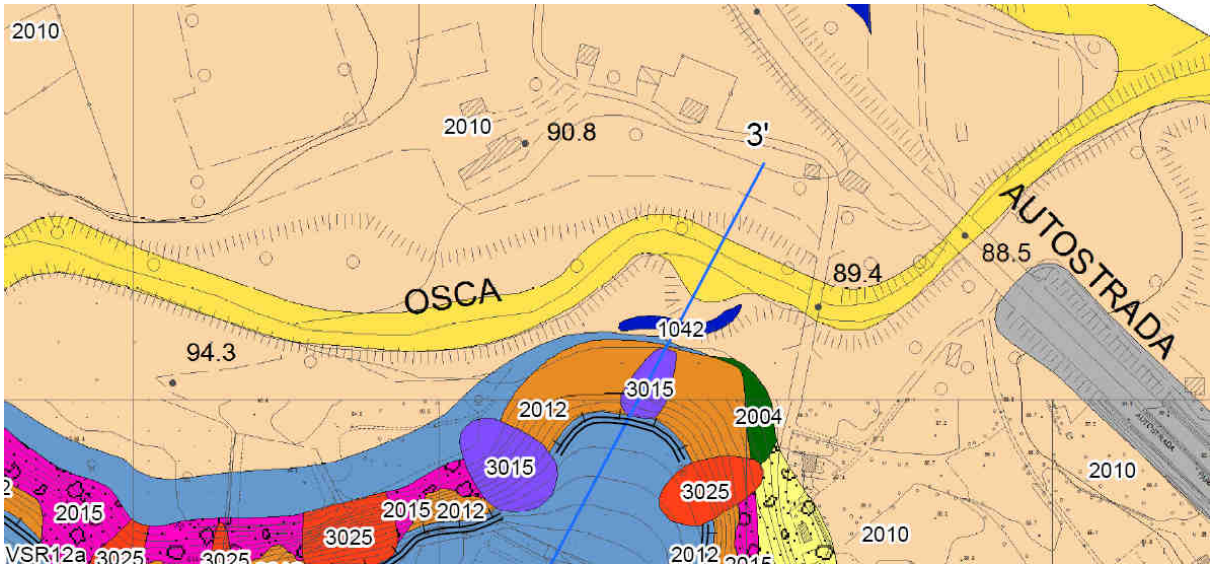
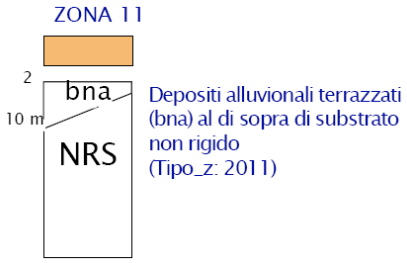


Fig.95 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi alluvionali terrazzati (bna) al di sopra del substrato rigido (Complesso di Casanova) lungo i terrazzi alluvionali presenti a nord e a est di Barbarasco

Zona 11**: DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO NON RIGIDO **(Tipo_z:2011)



Corrisponde alle zone dove i depositi alluvionali terazzati si trovano a contatto con il substrato non rigido.

Queste zone si trovano lungo l'alveo del Torrente Osca (vedi **Fig.96**) e del Torrente Penolo (vedi **Fig.97**) nelle aree in cui affiora la formazione delle Argille a Palombini.

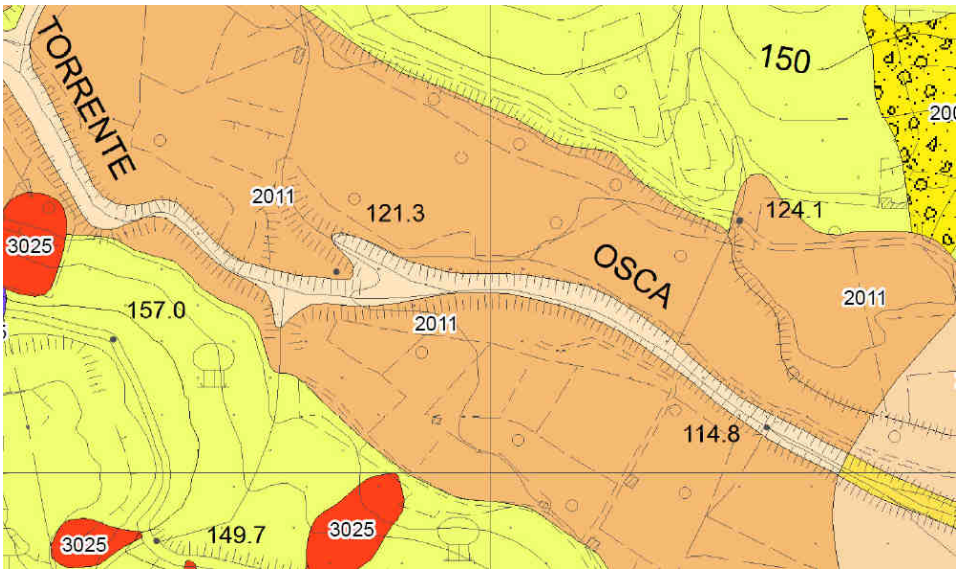


Fig.96 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi alluvionali terrazzati (bna) al di sopra del substrato non rigido (Argille a Palombini) all'interno dell'alveo del Torrente Osca a nord ovest di Corneda

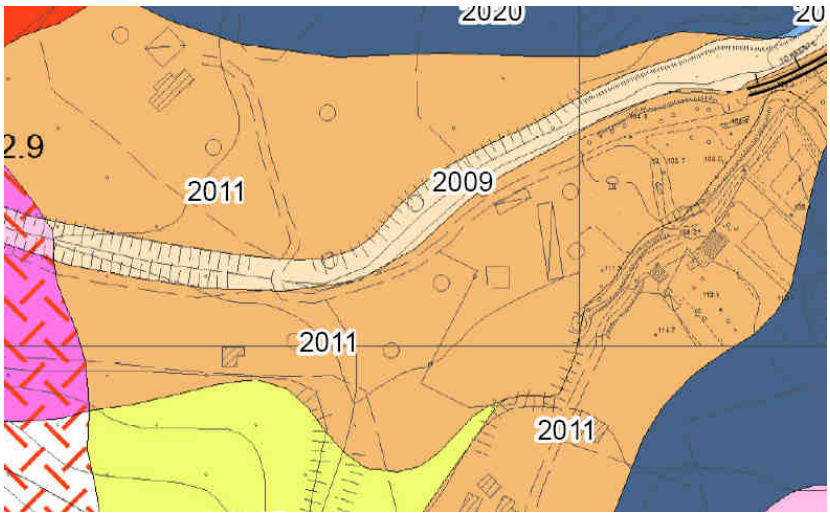
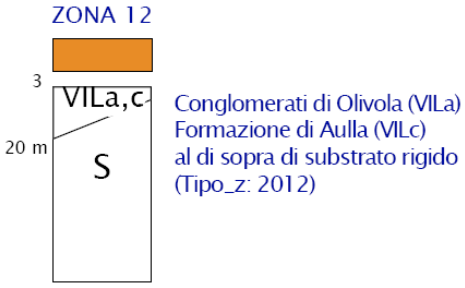


Fig.97 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi alluvionali terrazzati (bna) al di sopra del substrato non rigido (Argille a Palombini) all'interno dell'alveo del Torrente Penolo a sud di Corneda

Zona 12**: DEPOSITI CONTINENTALI VILLAFRANCHIANI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO **(Tipo_z:2012)



Corrisponde alle zone dove sopra al substrato rigido si trovano, direttamente a contatto, i depositi continentali villafranchiani.

Lo spessore di questi depositi, sulla base dei sondaggi e delle indagini realizzate a Barbarasco e a Corneda, può raggiungere anche i 20 metri.

I maggiori affioramenti di questa zona si hanno nella frazione di Corneda (vedi **Fig.98**).

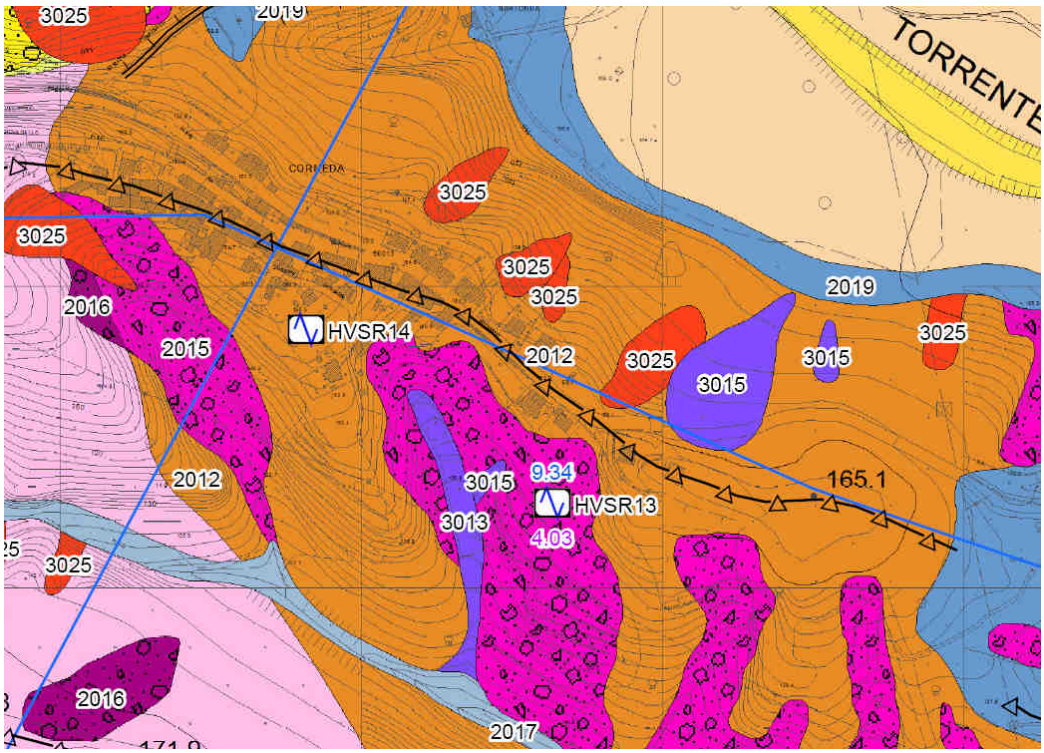
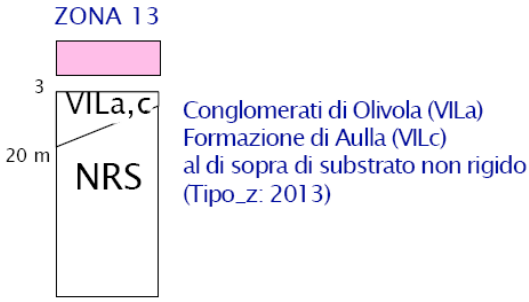


Fig.98 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi continentali villafranchiani (Conglomerati di Olivola VILa) al di sopra del substrato rigido (Complesso di Casanova) nella frazione di Corneda

Zona 13**: DEPOSITI CONTINENTALI VILLAFRANCHIANI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO NON RIGIDO **(Tipo_z:2013)



Corrisponde alle zone dove sopra al substrato non rigido si trovano, direttamente a contatto, i depositi continentali villafranchiani.

Lo spessore di questi depositi, sulla base dei sondaggi e delle indagini realizzate a Barbarasco e a Corneda, può raggiungere anche i 20 metri.

Questa zona è rappresentata dall'area in cui si trovano le ultime abitazioni della frazione di Corneda (vedi **Fig.99**).

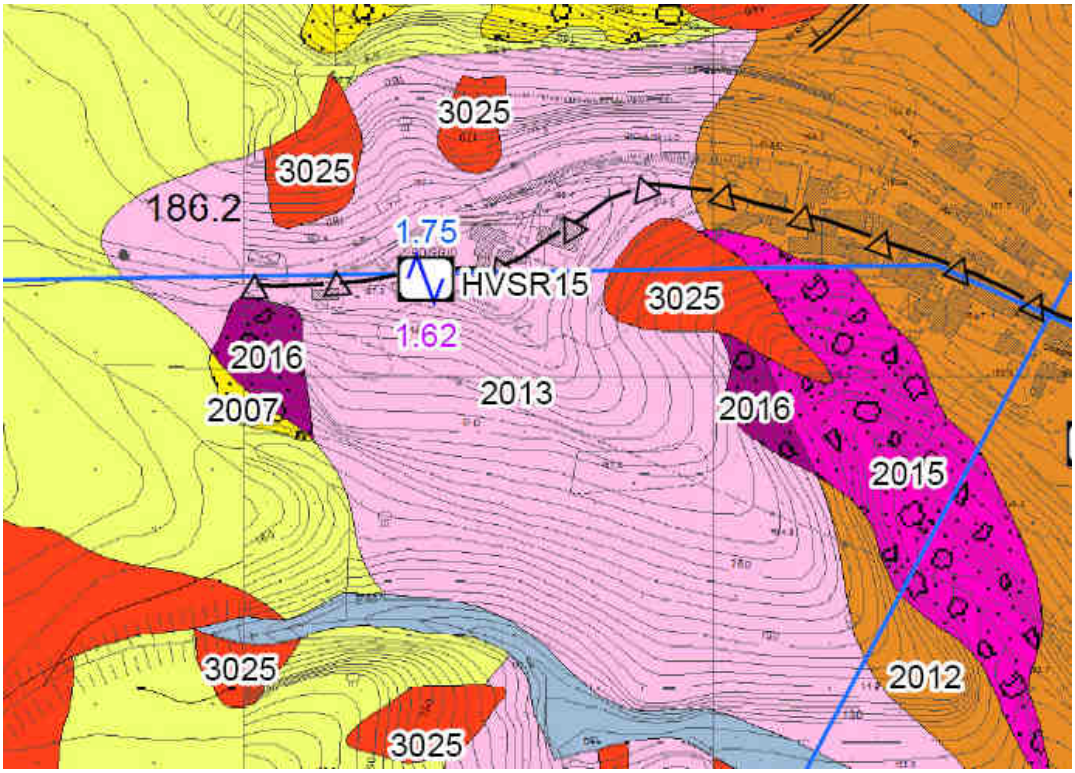
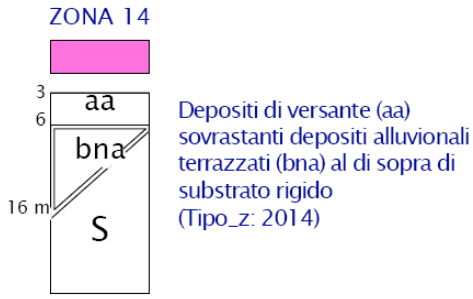


Fig.99 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi continentali villafranchiani (Conglomerati di Olivola VILa) al di sopra del substrato non rigido (Argille a Palombini) in corrispondenza delle ultime abitazioni della frazione di Corneda

Zona 14**: DEPOSITI DI VERSANTE SOVRASTANTI DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO **(Tipo_z:2014)



In queste zone i depositi di versante si sono deposti sopra i depositi alluvionali terrazzati che sovrastano il substrato roccioso.

Nella cartografia sopra al colore è riportato anche il figurato relativo alla falda detritica.

Nell'area indagata questa situazione stratigrafica è stata riscontrata unicamente in corrispondenza di un'area posta poco a sud della zona in cui si trova il municipio di Barbarasco (vedi **Fig.100**).

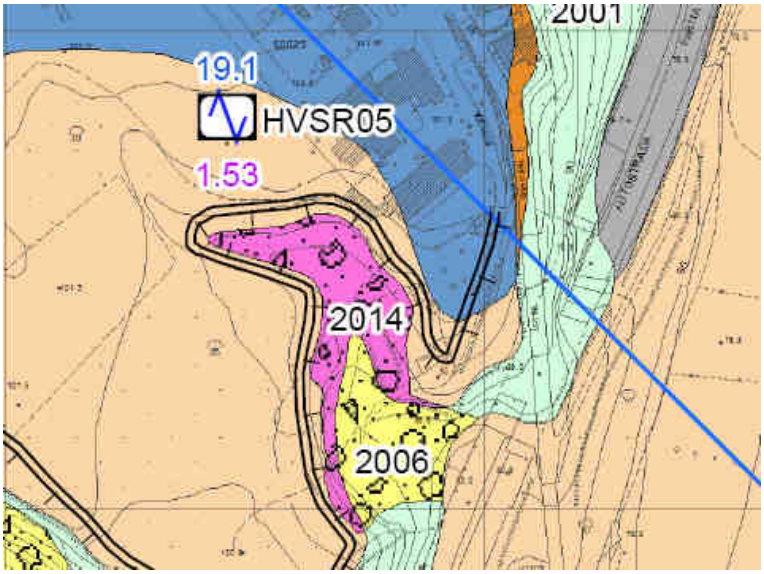
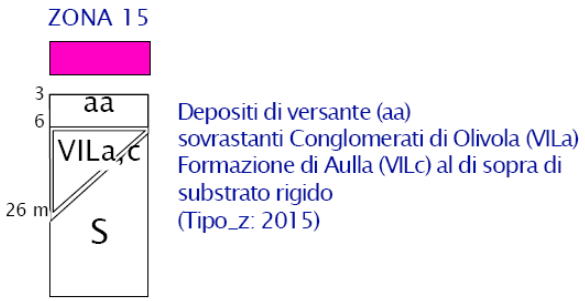


Fig.100 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) sovrastanti i depositi alluvionali terrazzati (bna) al di sopra del substrato rigido (Flysch di Ottone) poco a sud del Municipio di Barbarasco

Zona 15**: DEPOSITI DI VERSANTE SOVRASTANTI DEPOSITI CONTINENTALI VILLAFRANCHIANI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO* ***(Tipo_z:2015)



In queste zone i depositi di versante si sono deposti sopra i depositi continentali villafranchiani che sovrastano il substrato roccioso.

Nella cartografia sopra al colore è riportato anche il figurato relativo alla falda detritica.

Questa situazione stratigrafica è stata riscontrata lungo le scarpate che delimitano il grande terrazzo alluvionale di Barbarasco (vedi **Fig.101**) ed a valle della frazione di Tassonarla.

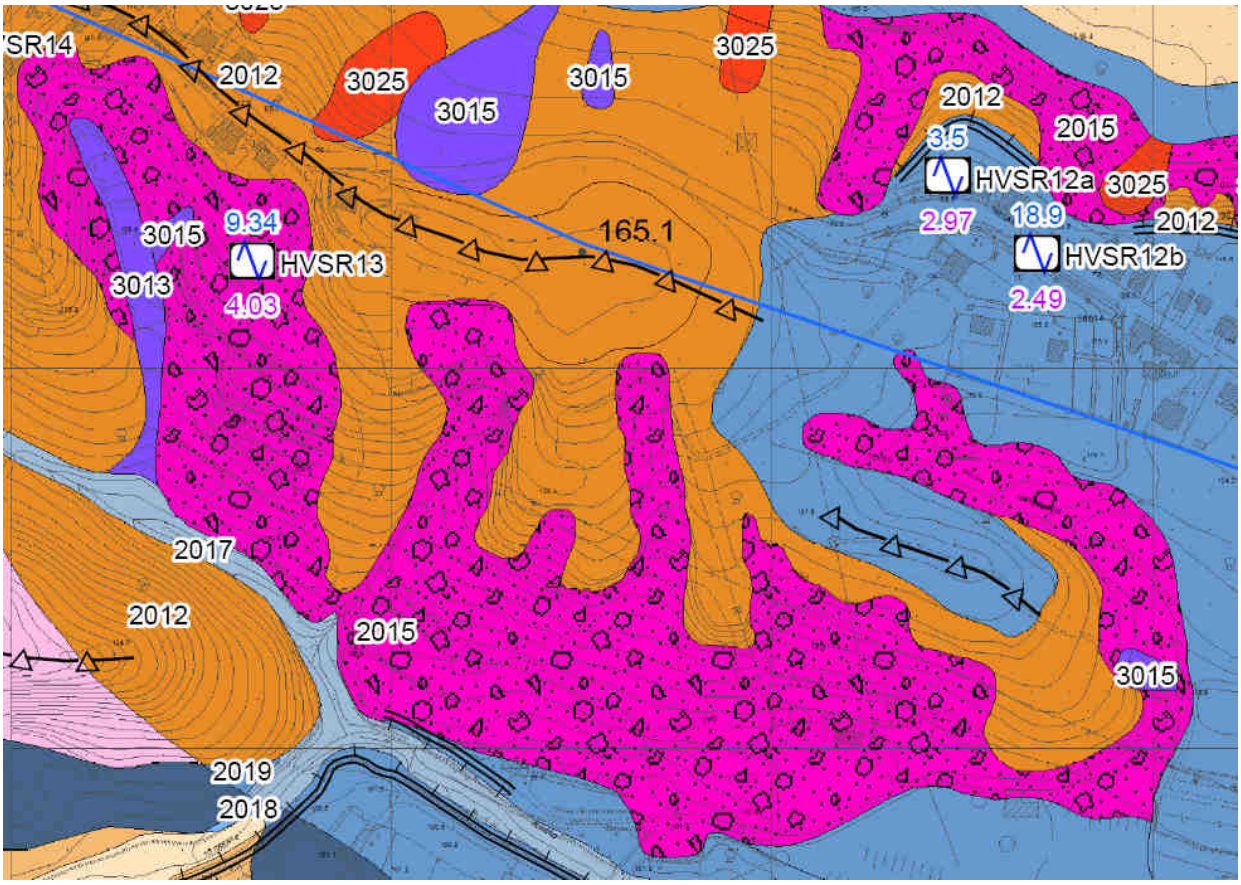
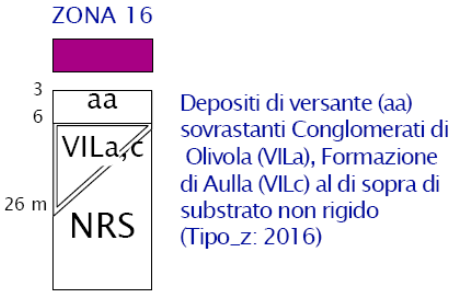


Fig.101 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) sovrastanti i depositi continentali villafranchiani (Conglomerati di Olivola VILa) al di sopra del substrato rigido (Complesso di Casanova) lungo le scarpate a sud-ovest e a nord di Barbarasco

Zona 16**: DEPOSITI DI VERSANTE SOVRASTANTI DEPOSITI CONTINENTALI VILLAFRANCHIANI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO NON RIGIDO **(Tipo_z:2016)



In queste zone i depositi di versante si sono deposti sopra i depositi continentali villafranchiani che sovrastano il substrato roccioso non rigido.

Nella cartografia sopra al colore è riportato anche il figurato relativo alla falda detritica.

Questa situazione stratigrafica è stata riscontrata in alcune aree limitate soprattutto a valle della frazione di Tassonarla (vedi **Fig.102**).

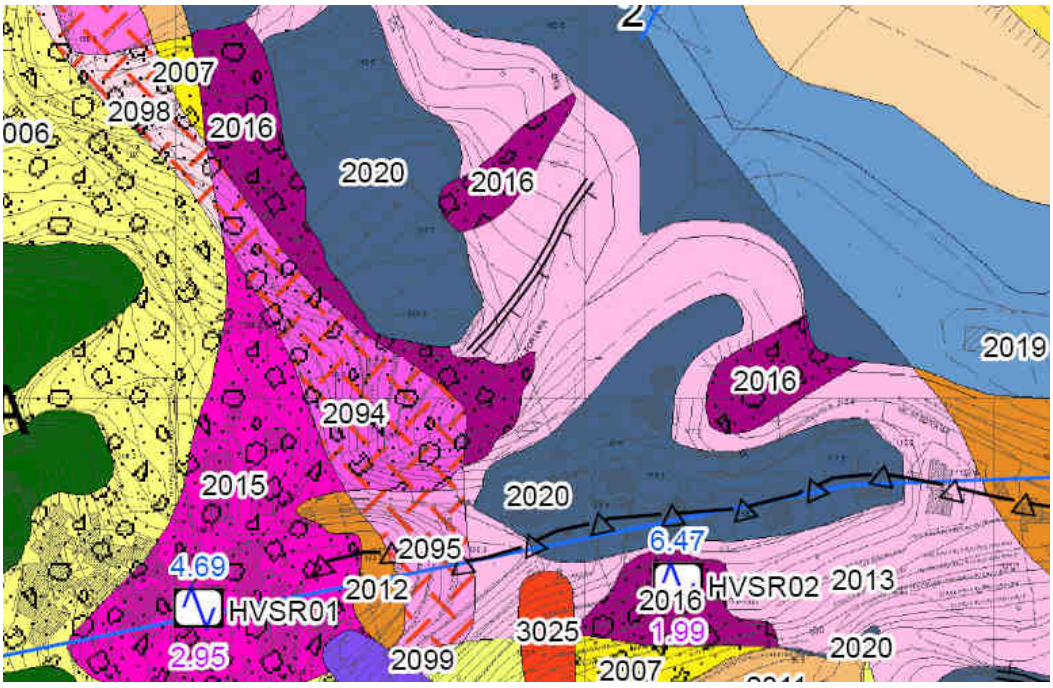
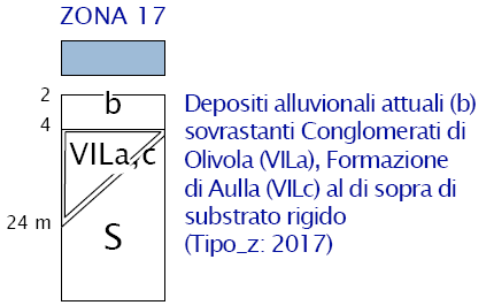


Fig.102 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante (aa) sovrastanti i depositi continentali villafranchiani (Conglomerati di Olivola VILa) al di sopra del substrato non rigido (Argille a Palombini) a valle della frazione di Tassonarla

Zona 17**: DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI SOVRASTANTI DEPOSITI CONTINENTALI VILLAFRANCHIANI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO **(Tipo_z:2017)



In queste aree i depositi alluvionali attuali si trovano sovrapposti ai depositi continentali villafranchiani che sovrastano il substrato roccioso rigido.

Questa zona si trova rappresentata unicamente lungo l'alveo del Torrente Penolo all'altezza della frazione di Corneda (vedi **Fig.103**).

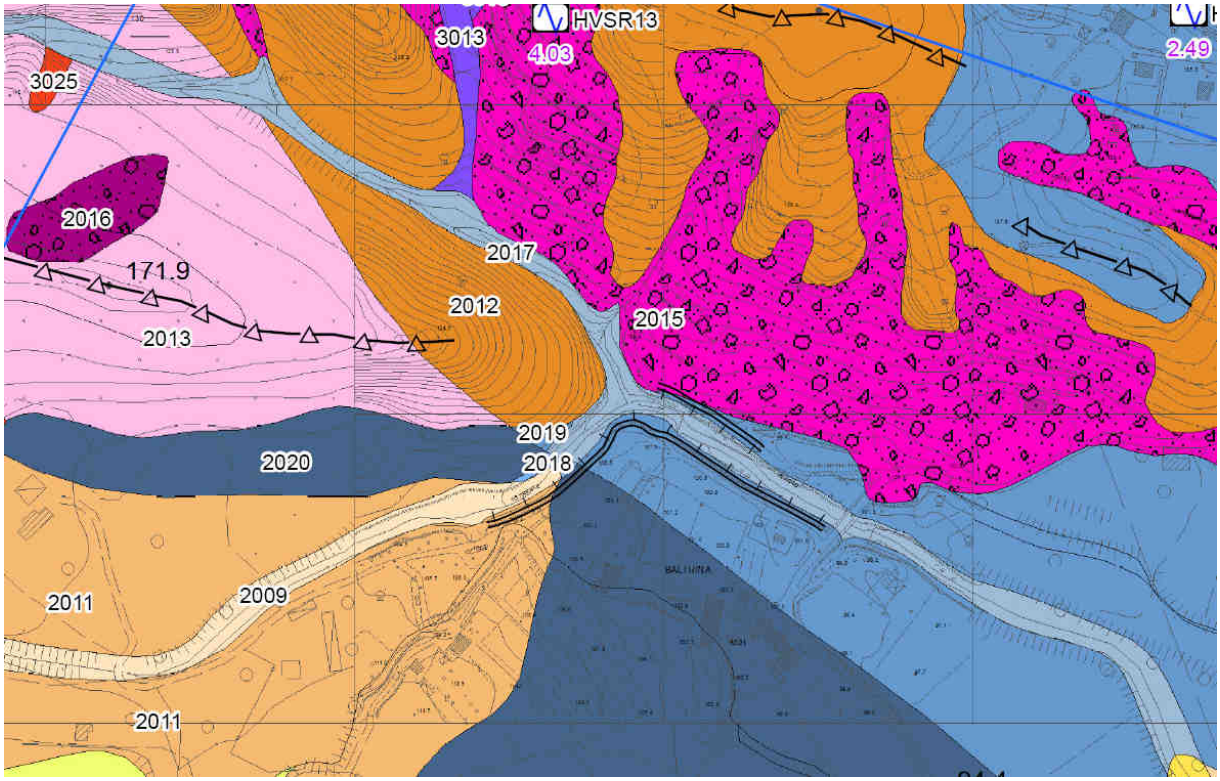
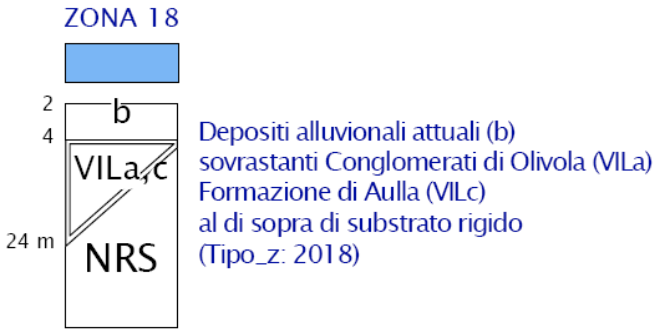


Fig.103 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi alluvionali attuali (b) sovrastanti i depositi continentali villafranchiani (Conglomerati di Olivola VILa) al di sopra del substrato rigido (Complesso di Casanova) lungo l'alveo del Torrente Penolo

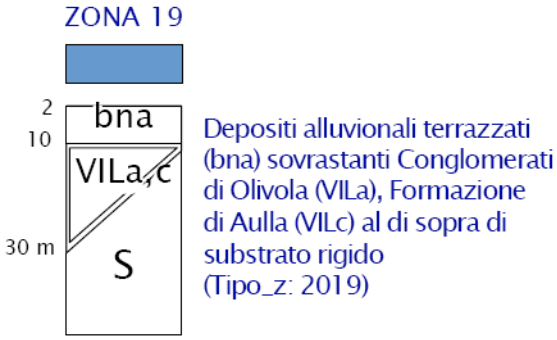
Zona 18**: DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI SOVRASTANTI DEPOSITI CONTINENTALI VILLAFRANCHIANI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO NON RIGIDO* ***(Tipo_z:2018)



In queste aree i depositi alluvionali attuali si trovano sovrapposti ai depositi continentali villafranchiani che sovrastano il substrato roccioso non rigido.

Questa zona si trova rappresentata unicamente in un'area ristretta lungo l'alveo del Torrente Penolo a monte della frazione di Baltrina.

<u>Zona 19</u>: *DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI SOVRASTANTI DEPOSITI CONTINENTALI VILLAFRANCHIANI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO* ***(Tipo_z:2019)***



In queste aree i depositi alluvionali terrazzati si trovano sovrapposti ai depositi continentali villafranchiani che sovrastano il substrato roccioso rigido.

Lo spessore di questi depositi, sulla base dei sondaggi e delle indagini realizzate a Barbarasco, può raggiungere anche i 30 metri.

Questa zona è ampiamente rappresentata nell'area di Barbarasco ((vedi **Fig.104**) e nella zoana di Casa Alara in destra idrografica del Torrente Penolo.

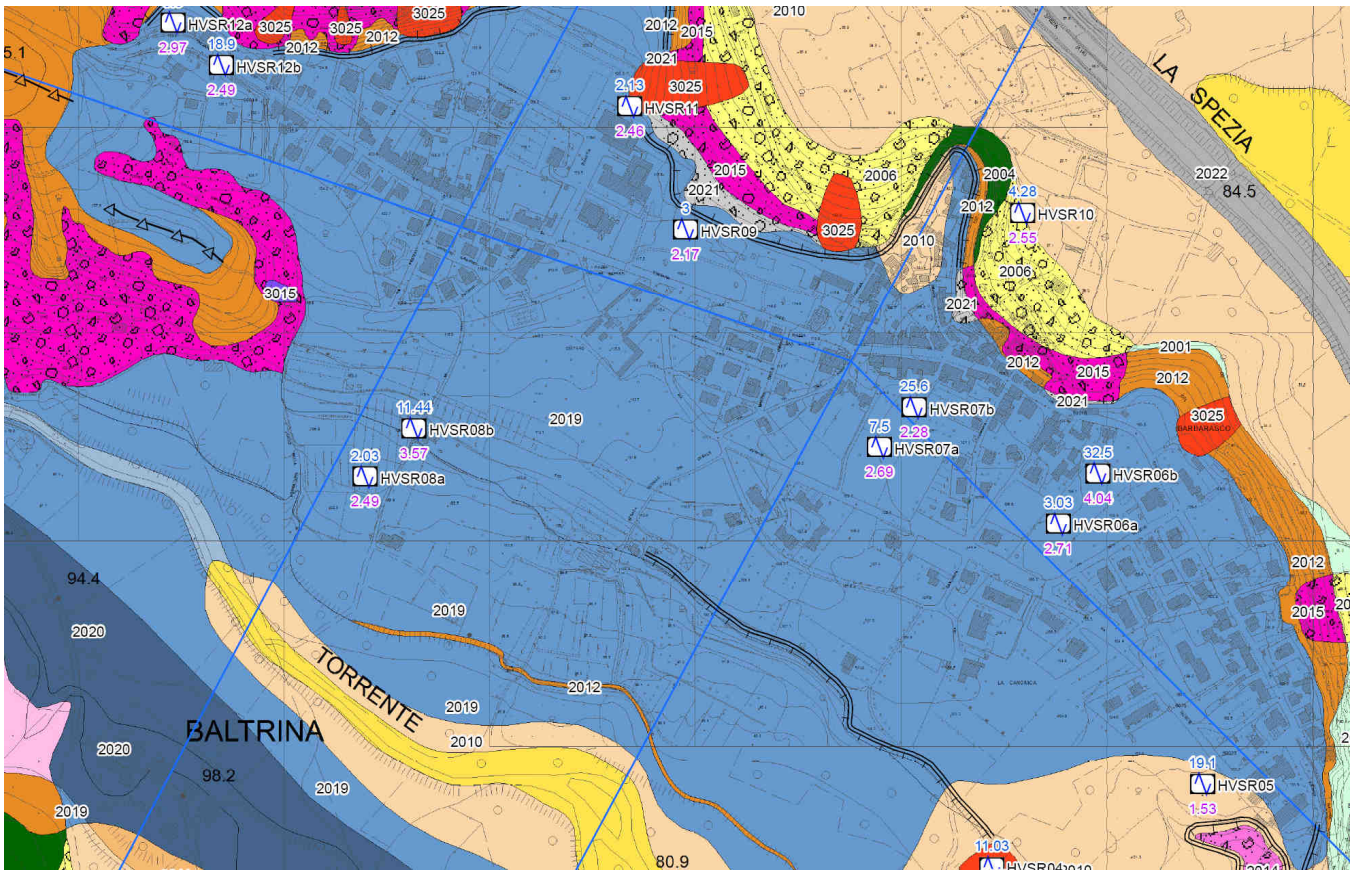
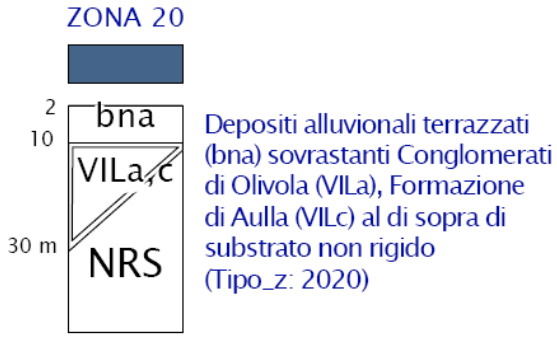


Fig.104 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi alluvionali terrazzati (bna) sovrastanti i depositi continentali villafranchiani (Conglomerati di Olivola VILa) al di sopra del substrato rigido (Complesso di Casanova) nel grande terrazzo alluvionale di Barbarasco

Zona 20**: DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI SOVRASTANTI DEPOSITI CONTINENTALI VILLAFRANCHIANI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO NON RIGIDO **(Tipo_z:2020)



In queste aree i depositi alluvionali terrazzati si trovano sovrapposti ai depositi continentali villafranchiani che sovrastano il substrato roccioso non rigido.

Questa zona è rappresentata nell'area in destra idrografica del Torrente Penolo all'altezza della località denominata Baltrina (vedi **Fig.105**).

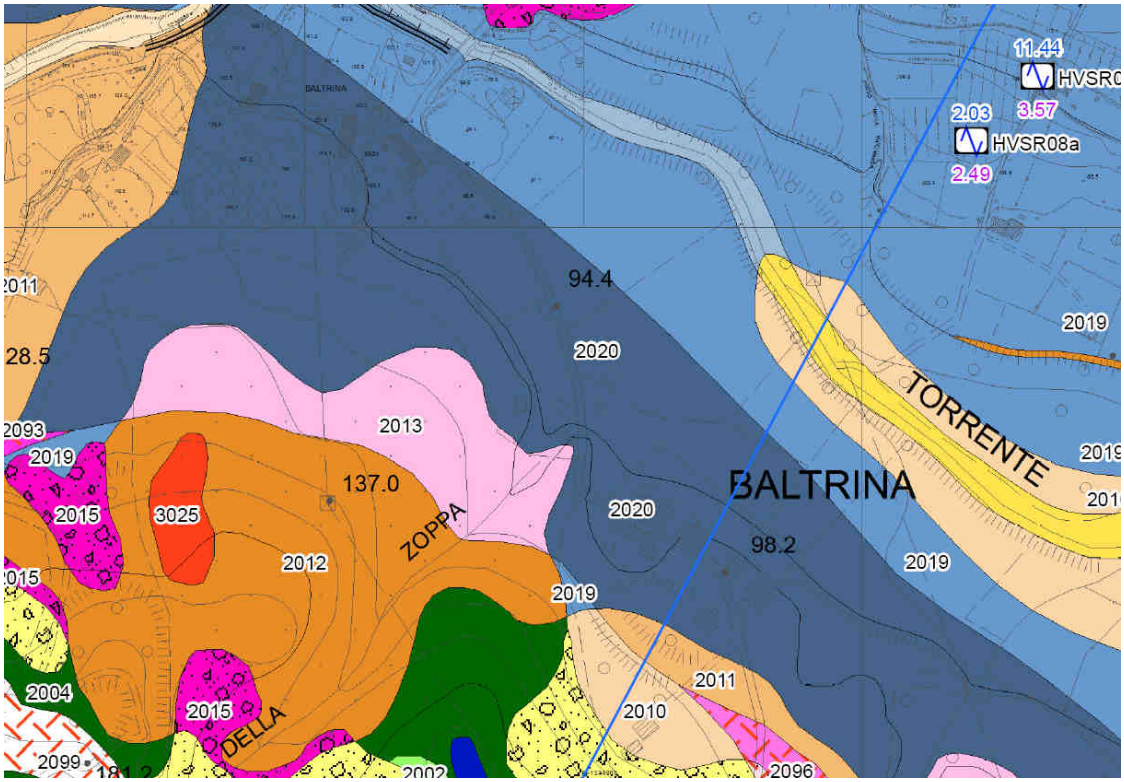
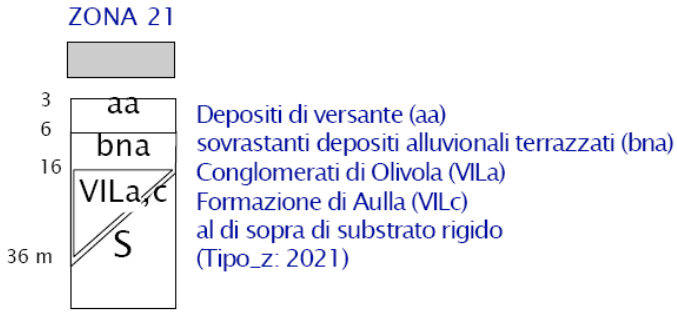


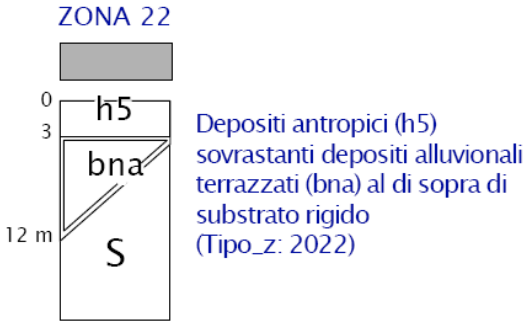
Fig.105 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi alluvionali terrazzati (bna) sovrastanti i depositi continentali villafranchiani (Conglomerati di Olivola VILa) al di sopra del substrato non rigido (Argille a Palombini) nei pressi dell'abitato di Baltrina

Zona 21**: DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI SOVRASTANTI DEPOSITI CONTINENTALI VILLAFRANCHIANI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO NON RIGIDO **(Tipo_z:2021)



Questa zona è rappresentata unicamente nella scarpata a valle delle Scuole di Barbarasco.

Zona 22**: DEPOSITI ANTROPICI SOVRASTANTI DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI AL DI SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO **(Tipo_z:2022)



Questa zona è rappresentata in corrispondenza del rilevato del tracciato autostradale Parma-La Spezia A15 (vedi **Fig.106**).

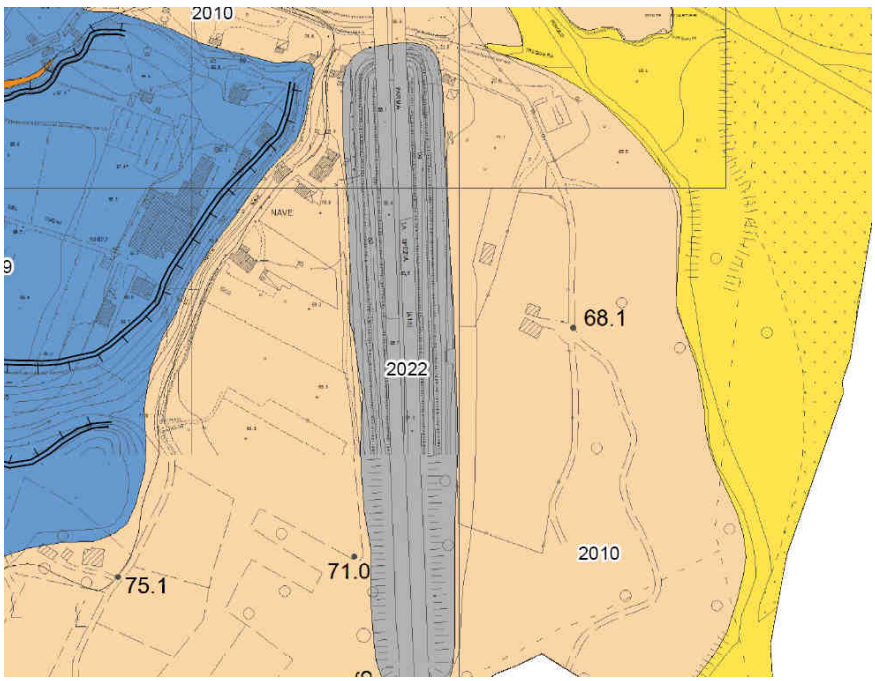
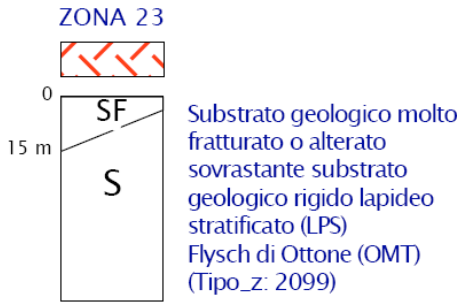


Fig.106 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi antropici sovrastanti le alluvioni terrazzate (bna) al di sopra del substrato rigido

Zona 23**: SUBSTRATO GEOLOGICO MOLTO FRATTURATO O ALTERATO AL DI SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO **(Tipo_z:2099)



Nell'area ad est del Torrente Penolo, in corrispondenza della frazione di Bottria e a nord di Tresana, la formazione del Flysch di Ottone presenta la parte superficiale fortemente fratturata ed alterata a causa delle intense azioni tettoniche cui è stata sottoposta.

Nella cartografia questa zona è identificata con un sovrassegno rosso (vedi **Fig.107**).

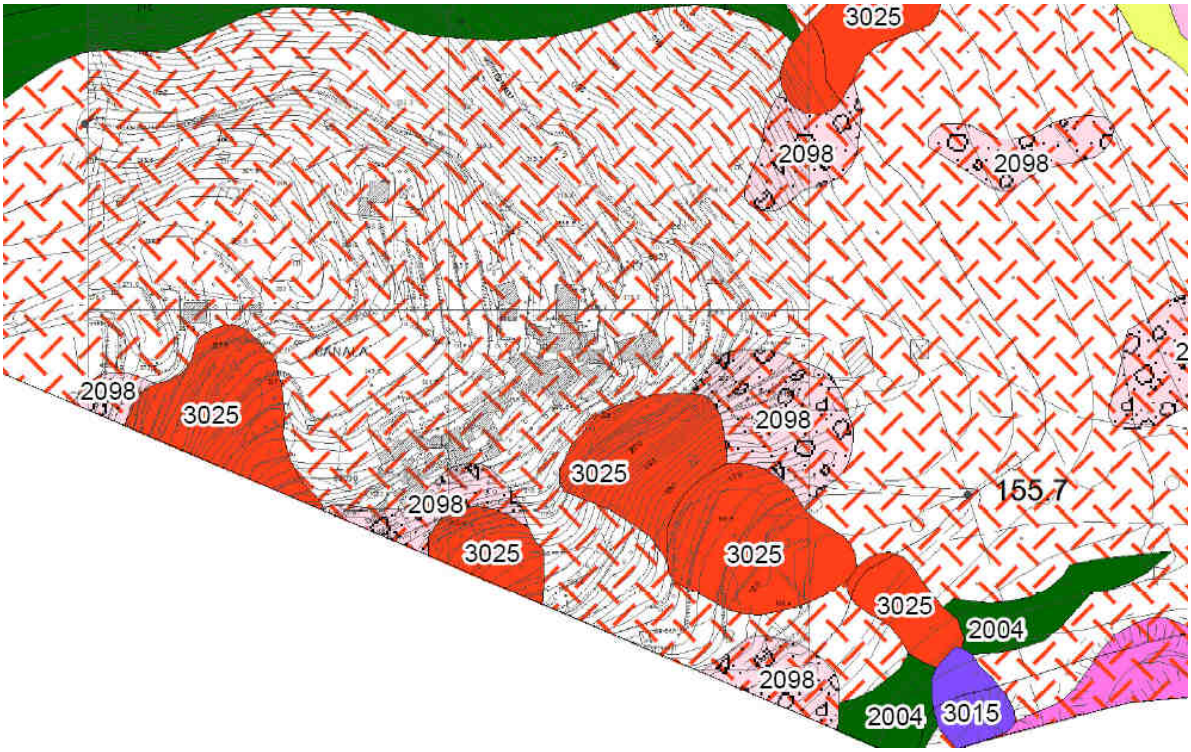
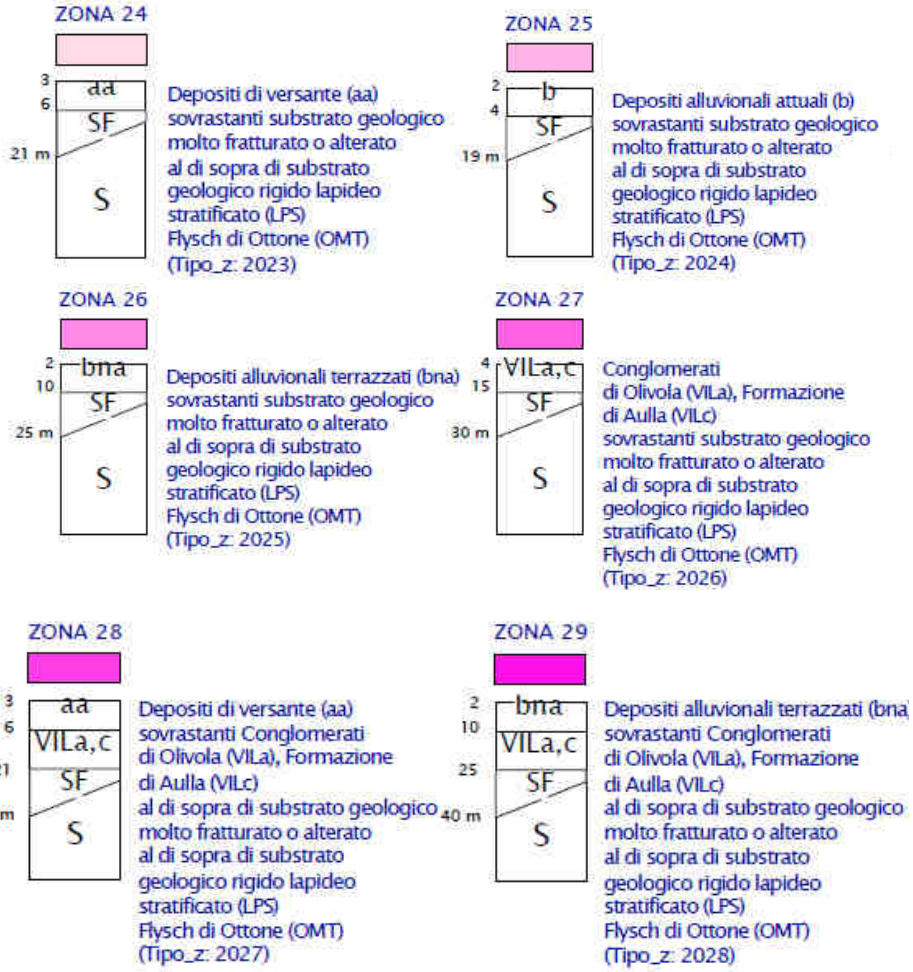


Fig.107 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da substrato roccioso fortemente fratturato ed alterato (Flysch di Ottone) in affioramento nei pressi dell'abitato di Canala

Zone 24-25-26-27-28-29: *DEPOSITI DI COPERTURA DI VARIA NATURA SOVRASTANTI IL SUBSTRATO GEOLOGICO MOLTO FRATTURATO O ALTERATO AL DI SOPRA DI SUBSTRATO RIGIDO* ***(Tipo_z:2023-2024-2025-2026-2027-2028)***



Corrispondono alle aree in cui il substrato roccioso fortemente fratturato e alterato è ricoperto da depositi di varia natura.

Anche in questo caso ai singoli colori è stato sovrapposto il figurato rosso tratteggiato.

Le singole zone occupano aree piuttosto ristrette nel settore occidentale dell'area indagata ed in corrispondenza dell'abitato di Bottria (vedi **Fig.108**).

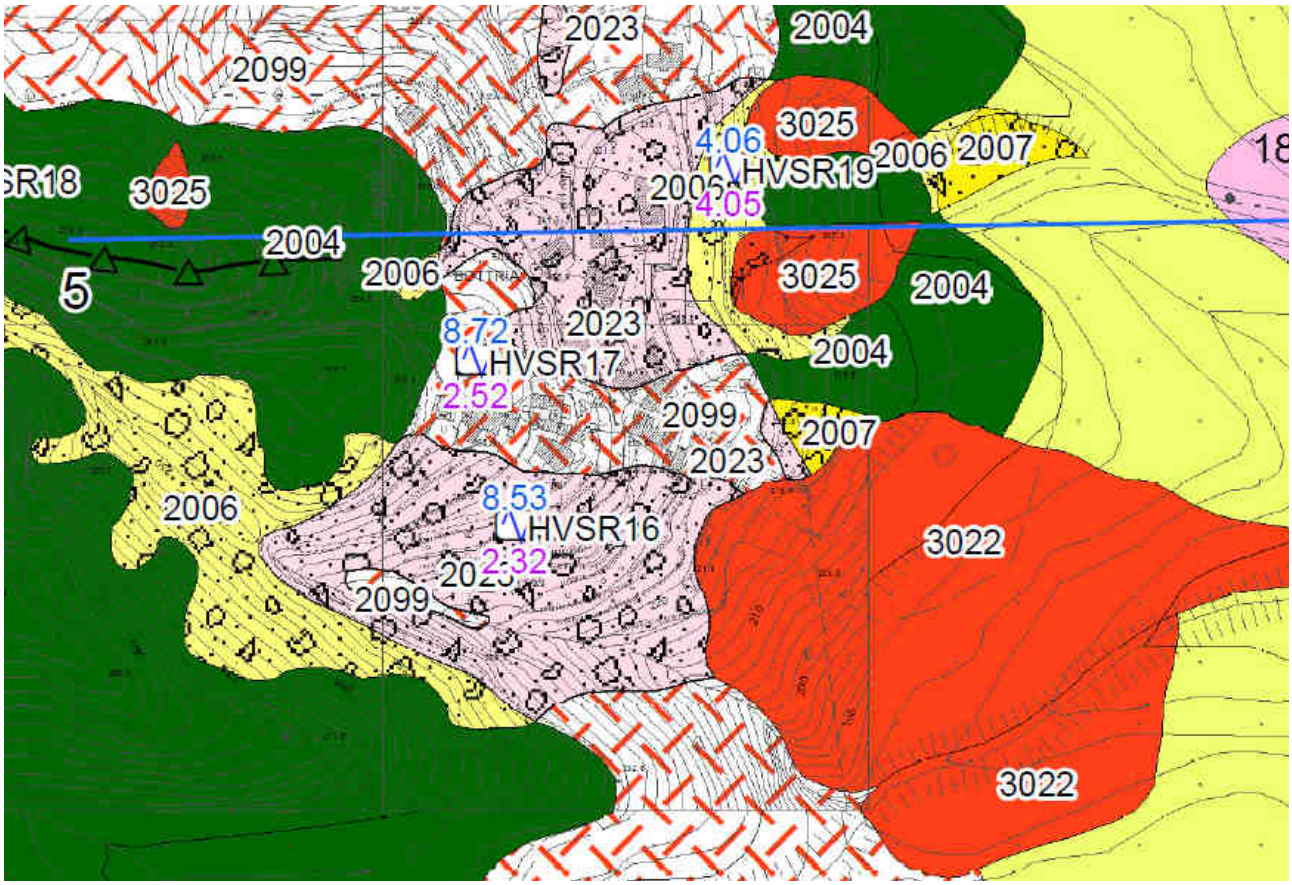


Fig.108 - Esempio di zona stabile suscettibile di amplificazioni locali caratterizzata da depositi di versante sovrastanti il substrato roccioso fortemente fratturato ed alterato (Flysch di Ottone) nei pressi della frazione di Bottria

8.3.3 ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

Le **zone instabili** sono definite attraverso l'attribuzione del **tipo_i** che ne definisce il carattere d'instabilità già presente nella Carta Geologico-tecnica per la microzonazione sismica.

Nella **Fig.109** si riportano le possibili situazioni che possono generare instabilità riportate negli ICMS (2012).

Figura 1.1.3-3 Legenda della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica: zone suscettibili di instabilità

Zone suscettibili di instabilità	
	Instabilità di versante: Attiva
	Instabilità di versante: Quiescente
	Instabilità di versante: Inattiva
	Instabilità di versante: Non definita
	Liquefazioni
	Aree interessate da deformazioni dovute a faglie attive e capaci
	Cedimenti differenziali/crollo di cavità sotterranee/*sinkhole*
	Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti

Fig.109 - Descrizione delle possibili situazioni suscettibili d'instabilità secondo ICMS (2012)

Rispetto a queste situazioni nell'area in esame non sono state individuate aree interessate da "**Liquefazioni**".

Relativamente alle aree interessate da possibili "**Cedimenti differenziali**", intendendo con questo termine le zone in cui si trovano a contatto litotipi con forte contrasto di comportamento geomeccanico e potenziale resistenza alla compattazione, dato la sostanziale mancanza di dati geotecnici che descrivano il comportamento geomecanico dei litotipi affioranti nell'area in oggetto si è fatta la scelta di non individuare zone potenzialmente interessate da cedmenti differenziali rimandando a successivi studi per ulteriori approfondimenti finalizzati a verificare l'esistenza di tale tipologia di instabilità.

Per quanto riguarda le aree interessate da deformazioni dovute a faglie attive e capaci, queste sono evidenziate mediante un ***buffer di 60 m*** posto a cavallo delle ***zone di affioramento*** delle faglie individuate dal catalogo ITHACA.

Nella zona cartografata ricade la faglia denominata Foce-Tresana (codice ITHACA – 61708).

Di conseguenza sono state cartografate alcune zone caratterizzate da "**Sovrapposizione di zone suscettibili d'instabilità differenti**".

I tipi di instabilità riscontrati nella zona sono quindi quelli riportati nella seguente **Fig.110**.



Fig.110 – Zone suscettibili di instabilità presenti nella carta delle MOPS di Tresana

INSTABILITA' DI VERSANTE ATTIVA

Instabilità di versante: attiva
(3012 – 3013 – 3014 – 3015)

Corrispondono a quelle zone interessate da movimenti attivi al momento del rilevamento o che si sono mosse negli ultimi cicli stagionali.

Sono presenti in zone limitate lontane dai principali centri abitati (vedi **Fig.111**).

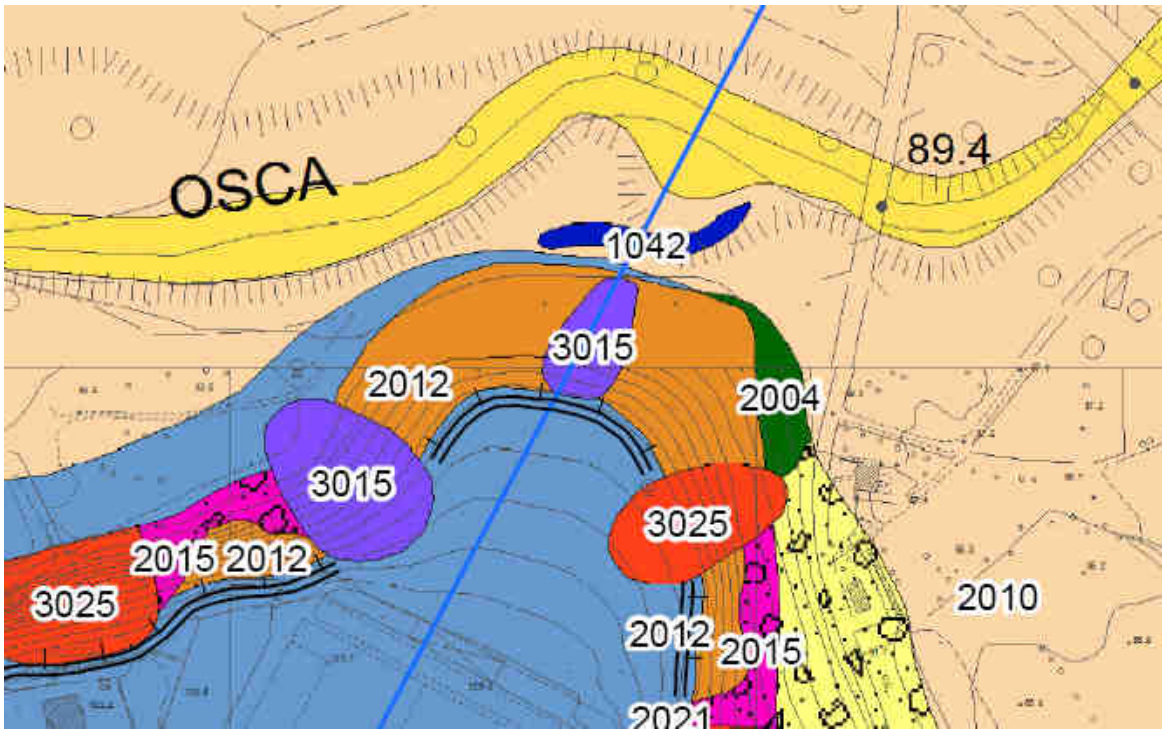


Fig.111 - Esempio di zone d'instabilità di versante attiva ubicate lungo la scarpata del terrazzo alluvionale di Barbarasco

INSTABILITA' DI VERSANTE QUIESCENTE

Instabilità di versante: quiescente
(3022 – 3023 – 3024 – 3025)

Corrispondono alle zone interessate da movimenti "quiescenti" in cui le frane presenti non si sono mosse negli ultimi cicli stagionali ma che possono essere riattivate dalle cause che le hanno prodotte.

Sono localizzate in maniera diffusa su tutta l'area ed in particolare i movimenti più estesi si osservano a monte della frazione di Tresana capoluogo (vedi **Fig.112**).

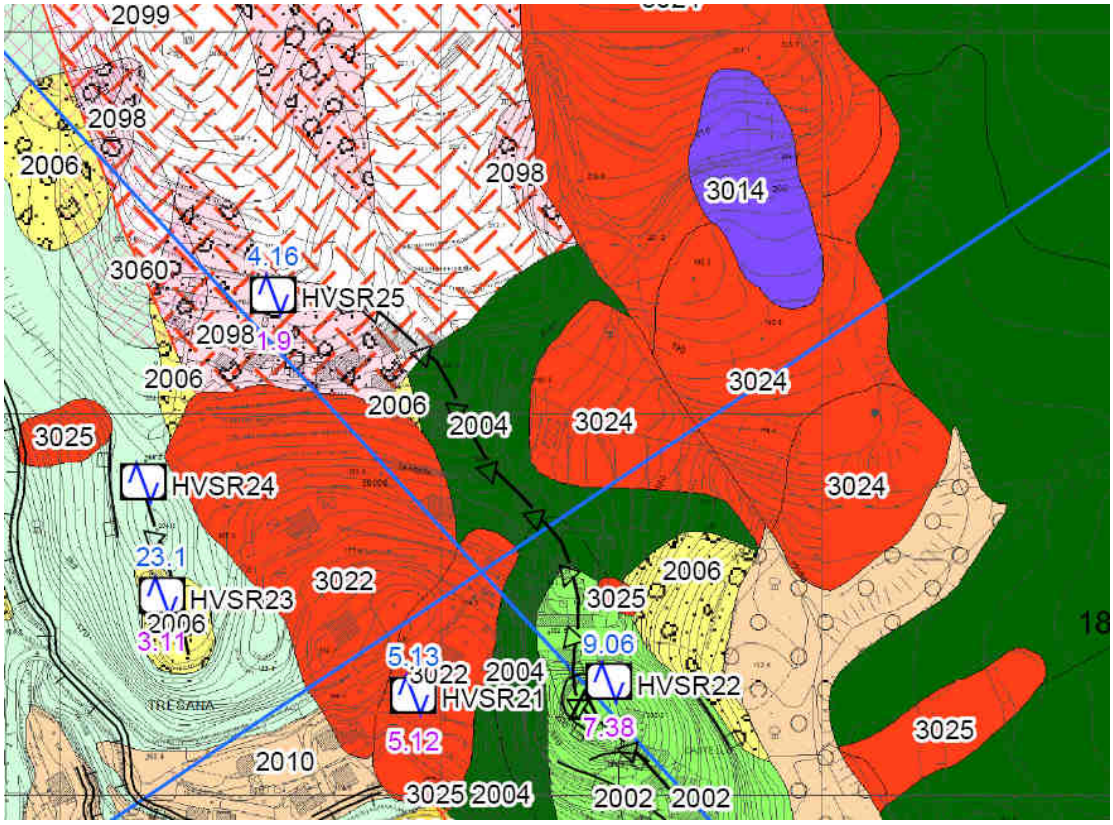


Fig.112 - Esempio di zone d'instabilità di versante quiescente nell'area a monte della frazione di Tresana capoluogo.

FAGLIE ATTIVE E CAPACI

Faglie attive e capaci (3060)

Per quanto riguarda le aree interessate da deformazioni dovute a faglie attive e capaci, queste sono evidenziate mediante un ***buffer di 60 m*** posto a cavallo delle ***zone di affioramento*** della faglia denominata Foce-Tresana individuata dal catalogo ITHACA che giustappone la formazione del Macigno alle formazioni dell'Unità di Ottone (vedi **Fig.113**).

Tale struttura verosimilmente può aver contribuito a provocare l'innesco dei movimenti franosi osservabili nelle aree circostanti.

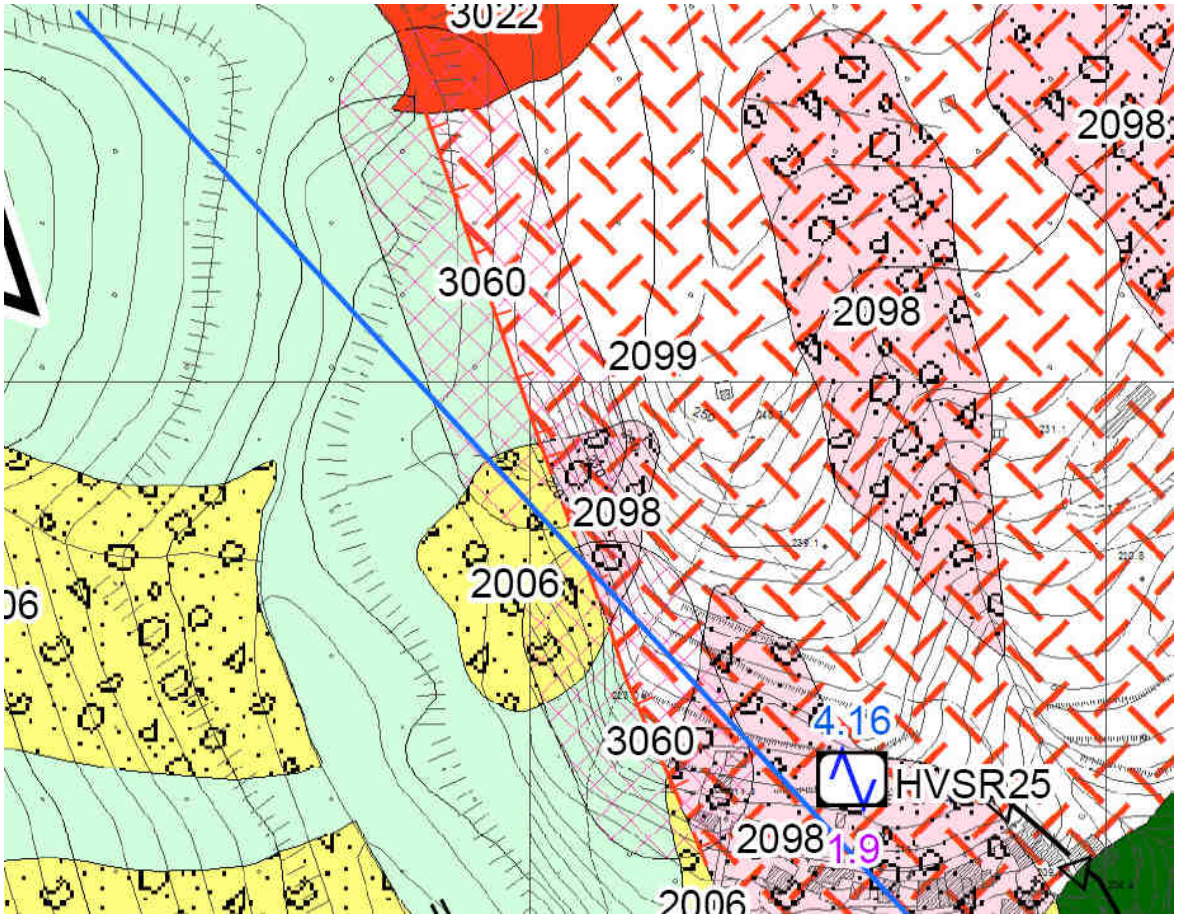


Fig.113 – Zona di faglia attiva e capace ad ovest della frazione di Tresana

FAGLIE ATTIVE E CAPACI

Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti (3070)

Questa tipologia di instabilità si verifiva nelle poche zone dove la faglia attiva e capace denominata Foce-Tresana incontra dei corpi di frana (vedi **Fig.114**).

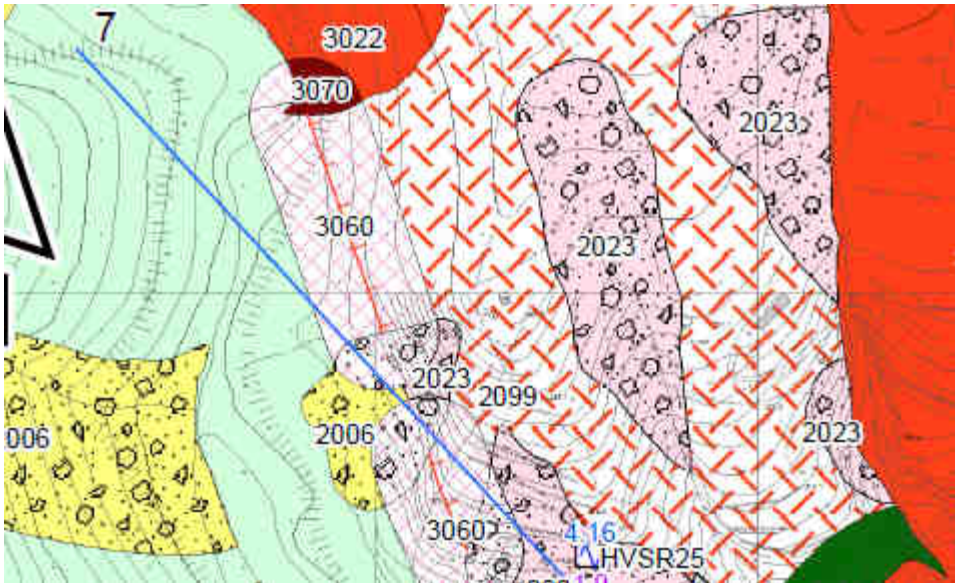


Fig.114 – Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti ad ovest della frazione di Tresana

10. BIBLIOGRAFIA

ARGNANI A., BARBACINI G., BERNINI M, CAMURRI F., GHIELMI M.,PAPANI G., RIZZINI F., ROGLEDI S. & TORELLI L. (2003) - *Gravitytectonics driven by quaternary uplift in the Northern apennines:insight from the La Spezia-Reggio Emilia geo-transect*. QuaternayInternational, **101-102**, 13-26.

BERNINI M. & PAPANI P. (2002) - *La distensione della fossa tettonicadella Lunigiana nord-occidentale (con carta geologica alla scala1:50.000)*. Boll. Soc. Geol. It., **121**, 313-341.

BONCIO P., BROZZETTI F. & LAVECCHIA G. (2000) - *Architecture andseismotectonics of a regional Low-Angle Normal Fault zone inCentral Italy*. Tectonics, **19**, 1038-1055.

CAMURRI F., ARGNANI A., BERNINI M., PAPANI G., ROGLEDI S. & TORELLIL. (2001) - *The basement of the NW Apennines: Interpretationof reflection seismics and geodynamic implications*. GEOITALIA 2001, 3° Forum Italiano di Scienze della Terra, Chieti 5-8

PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

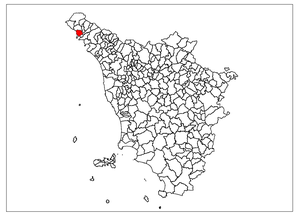
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA
Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Scala 1 : 5.000

Regione Toscana

Comune di Tresana



Regione Toscana	Soggetto realizzatore	Data
Direzione Generale delle Politiche Ambientali, Energia e Cambiamenti climatici Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Firenze-Prato-Pistoia-Arezzo Prevenzione Sismica Regionale	Dott. Geol. Giusti Francesco Collaboratori: Dott. Geol. Bacchini Fabio Dott. Geol. Michelucci Emanuele Dott. Geol. Salvatori Ilaria Dott. Geol. Turba Carlo Dott. Geol. Vaselli Luca	Agosto 2015

Legenda

Zone Stabili

- Substrato geologico rigido di tipo lapideo (LP) affiorante con morfologia pianeggiante o poco inclinata <15°
  Graniti (gv)
  Tipo_z: 1012
- Substrato geologico rigido di tipo alternanze litologiche non stratificato (AL) affiorante con morfologia pianeggiante o poco inclinata <15°
  Complesso di Monte Veri (MVE)
  Complesso di Casanova (CCV)a,b,c,d)
  Tipo_z: 1042

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- ZONA 1 — Substrato rigido lapideo (LPS) stratificato affiorante con inclinazioni >15° Flysch di Ottone (OMT) Calcari a Calpionelle (cc), Calcari del Gruppo del Vescovo (CCV), Marne di Marmoreto (MMA), Macigno (MAC) (Tipo_z: 2001)
- ZONA 2 — Substrato geologico rigido di tipo lapideo (LP) affiorante con inclinazioni >15° Basalti (bv) - Graniti (gv) (Tipo_z: 2002)
- ZONA 3 — Substrato rigido alternanze litologiche stratificato (ALS) affiorante con inclinazioni >15° Argille e Calcari di Canetolo (ACC) (Tipo_z: 2003)
- ZONA 4 — Substrato rigido alternanze litologiche (AL) affiorante con inclinazioni > 15° Complesso di Monte Veri (MVE) Complesso di Casanova (CCV)a,b,c,d) (Tipo_z: 2004)
- ZONA 5 — Substrato geologico non rigido stratificato (NRS) Argille a Palombini (ap) (Tipo_z: 2005)
- ZONA 6 — Depositi di versante (aa) al di sopra di substrato rigido (Tipo_z: 2006)
- ZONA 7 — Depositi di versante (aa) al di sopra di substrato non rigido (Tipo_z: 2007)
- ZONA 8 — Depositi alluvionali attuali (b) al di sopra di substrato rigido (Tipo_z: 2008)
- ZONA 9 — Depositi alluvionali attuali (b) al di sopra di substrato non rigido (Tipo_z: 2009)
- ZONA 10 — Depositi alluvionali terrazzati (bna) al di sopra di substrato rigido (Tipo_z: 2010)
- ZONA 11 — Depositi alluvionali terrazzati (bna) al di sopra di substrato non rigido (Tipo_z: 2011)
- ZONA 12 — Conglomerati di Olivola (VILa) Formazione di Aulla (VILc) al di sopra di substrato rigido (Tipo_z: 2012)
- ZONA 13 — Conglomerati di Olivola (VILa) Formazione di Aulla (VILc) al di sopra di substrato non rigido (Tipo_z: 2013)
- ZONA 14 — Depositi di versante (aa) sovrastanti depositi alluvionali terrazzati (bna) al di sopra di substrato rigido (Tipo_z: 2014)
- ZONA 15 — Depositi di versante (aa) sovrastanti Conglomerati di Olivola (VILa) Formazione di Aulla (VILc) al di sopra di substrato rigido (Tipo_z: 2015)
- ZONA 16 — Depositi di versante (aa) sovrastanti Conglomerati di Olivola (VILa), Formazione di Aulla (VILc) al di sopra di substrato non rigido (Tipo_z: 2016)
- ZONA 17 — Depositi alluvionali attuali (b) sovrastanti Conglomerati di Olivola (VILa), Formazione di Aulla (VILc) al di sopra di substrato rigido (Tipo_z: 2017)
- ZONA 18 — Depositi alluvionali attuali (b) sovrastanti Conglomerati di Olivola (VILa) Formazione di Aulla (VILc) al di sopra di substrato rigido (Tipo_z: 2018)
- ZONA 19 — Depositi alluvionali terrazzati (bna) sovrastanti Conglomerati di Olivola (VILa), Formazione di Aulla (VILc) al di sopra di substrato rigido (Tipo_z: 2019)
- ZONA 20 — Depositi alluvionali terrazzati (bna) sovrastanti Conglomerati di Olivola (VILa), Formazione di Aulla (VILc) al di sopra di substrato non rigido (Tipo_z: 2020)
- ZONA 21 — Depositi di versante (aa) sovrastanti depositi alluvionali terrazzati (bna) Conglomerati di Olivola (VILa) Formazione di Aulla (VILc) al di sopra di substrato rigido (Tipo_z: 2021)
- ZONA 22 — Depositi antropici (h5) sovrastanti depositi alluvionali terrazzati (bna) al di sopra di substrato rigido (Tipo_z: 2022)
- ZONA 23 — Substrato geologico molto fratturato o alterato sovrastante substrato geologico rigido lapideo stratificato (LPS) Flysch di Ottone (OMT) (Tipo_z: 2099)
- ZONA 24 — Depositi di versante (aa) sovrastanti substrato geologico molto fratturato o alterato al di sopra di substrato geologico rigido lapideo stratificato (LPS) Flysch di Ottone (OMT) (Tipo_z: 2023)
- ZONA 25 — Depositi alluvionali attuali (b) sovrastanti substrato geologico molto fratturato o alterato al di sopra di substrato geologico rigido lapideo stratificato (LPS) Flysch di Ottone (OMT) (Tipo_z: 2024)
- ZONA 26 — Depositi alluvionali terrazzati (bna) sovrastanti substrato geologico molto fratturato o alterato al di sopra di substrato geologico rigido lapideo stratificato (LPS) Flysch di Ottone (OMT) (Tipo_z: 2025)
- ZONA 27 — Conglomerati di Olivola (VILa), Formazione di Aulla (VILc) sovrastanti substrato geologico molto fratturato o alterato al di sopra di substrato geologico rigido lapideo stratificato (LPS) Flysch di Ottone (OMT) (Tipo_z: 2026)
- ZONA 28 — Depositi di versante (aa) sovrastanti Conglomerati di Olivola (VILa), Formazione di Aulla (VILc) al di sopra di substrato geologico molto fratturato o alterato al di sopra di substrato geologico rigido lapideo stratificato (LPS) Flysch di Ottone (OMT) (Tipo_z: 2027)
- ZONA 29 — Depositi alluvionali terrazzati (bna) sovrastanti Conglomerati di Olivola (VILa), Formazione di Aulla (VILc) al di sopra di substrato geologico molto fratturato o alterato al di sopra di substrato geologico rigido lapideo stratificato (LPS) Flysch di Ottone (OMT) (Tipo_z: 2028)

Legenda

Zone suscettibili di instabilità

- Instabilità di versante: attiva (3012 – 3013 – 3014 – 3015)
- Instabilità di versante: quiescente (3022 – 3023 – 3024 – 3025)
- Faglie attive e capaci (3060)
- Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti (3070)

Forme di superficie e sepolte

- Conoide alluvionale
- Falda detritica
- Orlo di scarpata di terrazzo (10-20 m)
- Orlo di scarpata morfologica (10-20 m)
- Picco isolato

Faglie attive e capaci

- Faglia diretta, tratto accertato

Punti di misura del campo di vibrazioni ambientali (seismic noise)

- fo / n° HVSR / Ao — Stazione microtremore a stazione singola (HVSR)
  fo: frequenza fondamentale o di risonanza (Hz);
  Ao: valore massimo (di picco) in ampiezza

Altri elementi lineari

- 1 – 1' Traccia della sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo

0 100 200 400 600 800 1000 Metri

PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

ANALISI DELLA CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA (CLE)

INQUADRAMENTO GENERALE
Scala 1 : 10.000

Regione Toscana

Comune di Tresana



Regione Toscana	Soggetto realizzatore	Data
Direzione Generale delle Politiche Ambientali, Energia e Cambiamenti climatici Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Firenze-Prato-Pistoia-Arezzo Prevenzione Sismica Regionale	Comune di Tresana - Ufficio Urbanistica Responsabile del procedimento: Geom. Boni Giulio	Marzo 2015

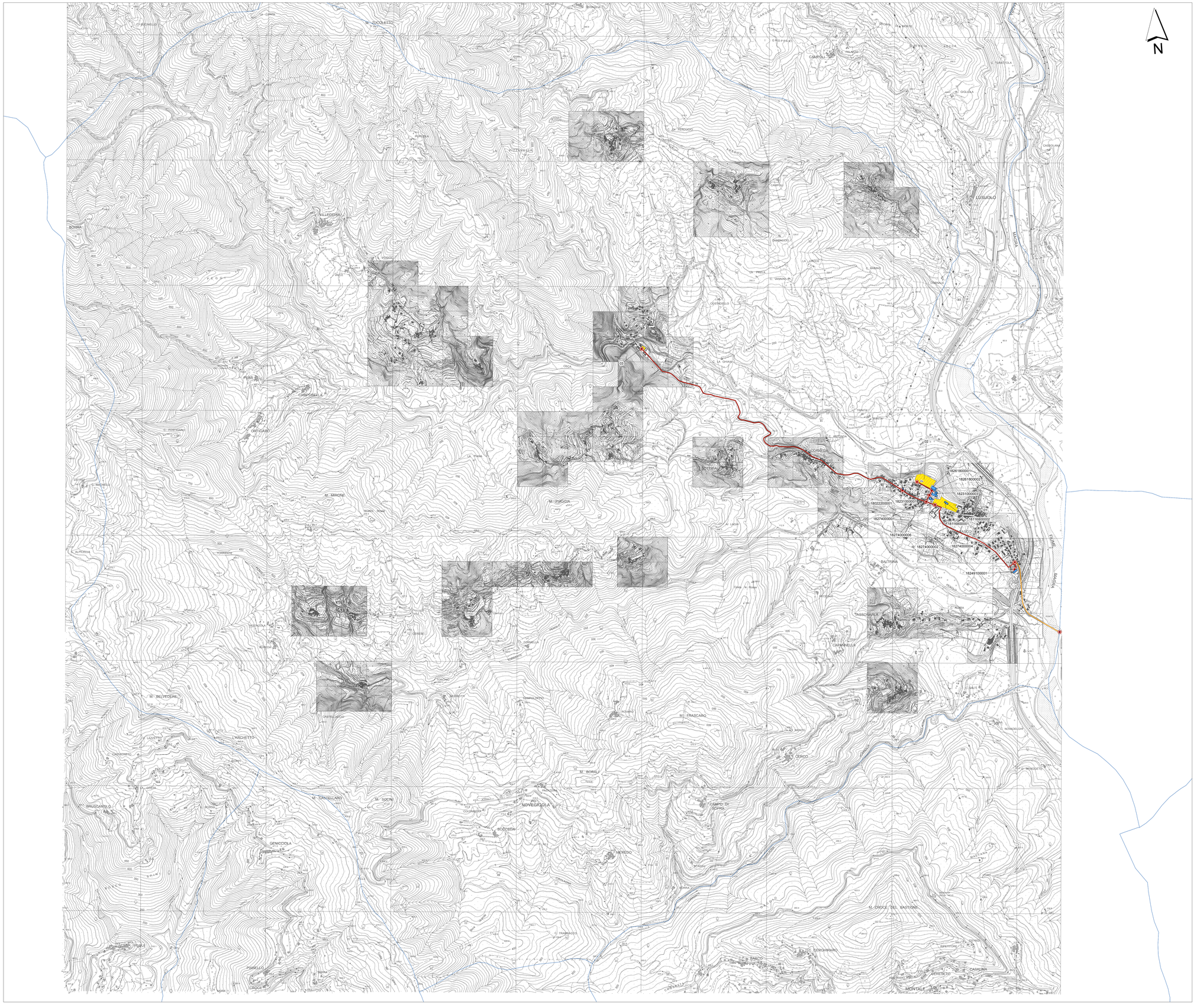
Legenda

Codice Provincia: 045

CodiceComune: 015

Sistema di gestione dell'emergenza

- Edificio strategico
- Area di emergenza (AMMASSAMENTO - RICOVERO)
- Infrastruttura di connessione
- Infrastruttura di accessibilità
- Aggregato strutturale interferente
- Unità strutturale interferente appartenente ad un AS
- Unità strutturale non interferente appartenente ad un AS
- Unità strutturale interferente isolata
- Limite comunale



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

Regione Toscana

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

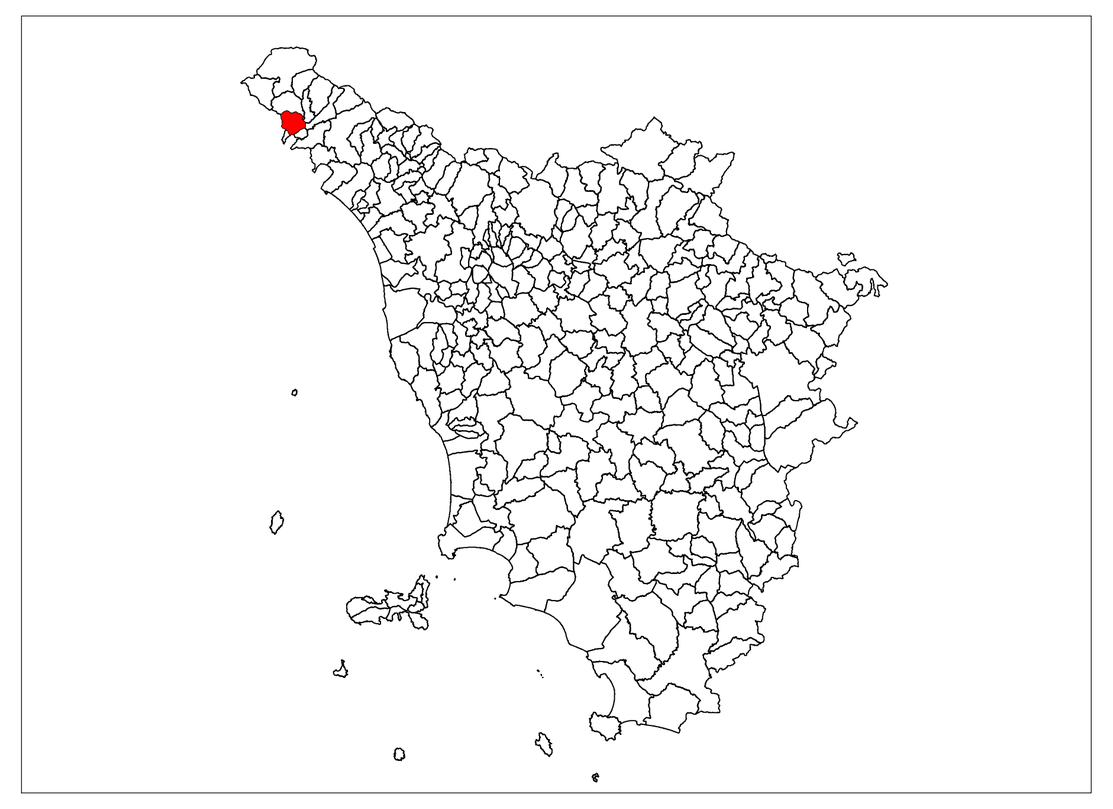
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

ANALISI DELLA CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA (CLE)

INQUADRAMENTO GENERALE
Scala 1 : 10.000

Regione Toscana

Comune di Tresana



Regione Toscana	Soggetto realizzatore	Data
Direzione Generale delle Politiche Ambientali, Energia e Cambiamenti climatici Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Firenze-Prato-Pistoia-Arezzo Prevenzione Sismica Regionale	Comune di Tresana - Ufficio Urbanistica Responsabile del procedimento: Geom. Boni Giulio	Marzo 2015

Legenda

Codice Provincia: 045

CodiceComune: 015

Sistema di gestione dell'emergenza

- Edificio strategico
- Area di emergenza (AMMASSAMENTO - RICOVERO)
- Infrastruttura di connessione
- Infrastruttura di accessibilità
- Aggregato strutturale interferente
- Unità strutturale interferente appartenente ad un AS
- Unità strutturale non interferente appartenente ad un AS
- Unità strutturale interferente isolata
- Limite comunale

