



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Palagano



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia-Romagna	Dott. Geol. Valeriano Franchi	Luglio 2018

Responsabile

Geom. Cesare Cappelletti

Soggetto realizzatore

Dott. Geol. Valeriano Franchi

Consulenza

Prof. Dario Albarello

Collaboratori

Dott. Geol. Alessandro Ghinoi

Dott. Geol. Gianluca Vaccari

Dott. Geol. Marco Sacchi

Dott. Francesco Venuta

INDICE CONTENUTI

1. Introduzione.....	4
2. Inquadramento territoriale e cartografico	6
3. Definizione della pericolosità sismica di base e degli eventi sismici di riferimento	8
3.1. Sismicità del territorio comunale	10
4. Assetto geologico e geomorfologico dell'area.....	18
4.1. Inquadramento geologico.....	19
4.1.1. Il lineamento Interno e il Settore strutturale meridionale (territorio di Palagano)	24
4.1.2. Settore Centrale e lineamento Mediano (territori di Palagano e Montefiorino)	25
4.1.3. Settore Settentrionale, sistema della Val Rossenna e Vicariante della Val Rossenna (territorio di Prignano)	25
4.1.4. Settore della collina (territorio di Prignano).....	26
4.1.5. Analisi morfostrutturale e strutture tettoniche trasversali	26
4.2. Geologia dell'area oggetto di analisi di MS3	30
4.3. Inquadramento geomorfologico	32
4.3.1. Frane	32
4.3.2. Altri depositi di versante di varia genesi	34
4.3.3. Morfologie legate all'azione delle acque di ruscellamento superficiale.....	35
4.4. Geomorfologia dell'area oggetto di analisi di MS3	38
5. Modello del sottosuolo	43
5.1. Descrizione generale per i territori dell'Unione dei Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia"	43
5.1.1. Unità Liguridi	43
5.1.2. Unità Subliguri	46
5.1.3. Unità di pertinenza toscana o di dubbia attribuzione paleogeografica	46
5.1.4. Successione Epiligure	48
5.2. Descrizione specifica del modello del sottosuolo relativa al territorio comunale di Palagano e dell'area oggetto di MS3	50
6. Dati geotecnici e geofisici.....	52
7. Interpretazioni e incertezze	62

8. Metodologie di elaborazione e risultati	64
8.1. La microzonazione sismica di I e II livello nell'area d'indagine (sintesi)	64
8.2. Analisi di III livello per l'area d'indagine	66
8.2.1. Inversione congiunta delle curve di dispersione ed H/V	67
8.2.2. Analisi della risposta sismica locale (1D)	73
8.2.3. Caratteristiche del corpo di frana dedotte dai risultati della modellazione 1D	79
8.2.4. Analisi di risposta sismica locale 2D	80
8.2.5. Calcolo del massimo spostamento co-sismico tramite l'approccio di Newmark	86
9. Elaborati cartografici	93
9.1. Carta delle indagini	94
9.2. Carta delle Vs	95
9.3. Carta delle frequenze	96
9.4. Carta delle MOPS	97
9.5. Carta di microzonazione sismica (MS_0203)	98
10. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati	100
11. Bibliografia	101

1. INTRODUZIONE

Su incarico dell'Unione di Comuni Montani Valli Dolo, Dragone e Secchia (Provincia di Modena) è stato eseguito uno studio di **Microzonazione Sismica di III livello** del territorio comunale di Palagano.

Lo studio è stato realizzato nel rispetto delle seguenti disposizioni normative:

- Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" approvato con Delibera dell'Assemblea Legislativa Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2 maggio 2007;
- D.G.R. 16 dicembre 2013, n° 1919: "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'ordinanza del capo dipartimento della protezione civile n.52/2013 a favore degli enti locali";
- D.G.R. 21 dicembre 2015, n° 2193: "Art. 16 della l.r. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa 2 maggio 2007, n. 112.

Inoltre, per gli aspetti tecnici, si è fatto riferimento al documento "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (ICMS) approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni¹.

L'assetto geologico, geomorfologico e sismico di base viene descritto per l'intero territorio dell'Unione, con dettaglio crescente per il territorio comunale di Palagano e per l'area oggetto di analisi di MS3. Le indagini geognostiche e geofisiche sono state limitate all'area identificata, di comune accordo con l'Ufficio Tecnico comunale, come oggetto delle analisi di MS3. Tale area (Figura 1), già individuata nello studio di Microzonazione Sismica di I e II livello come suscettibile di amplificazione e di instabilità, coincide con un corpo di frana considerato "quiescente" dalla letteratura scientifica e dai documenti tecnici consultati. Allo stesso tempo, il corpo di frana interessa un tratto di viabilità strategica (SP 28) per i collegamenti tra il paese di Palagano ed il settore sud-occidentale del territorio comunale (ove è presente la frazione di Boccassuolo), che si affaccia sul torrente Dragone e, in ultima istanza, con il territorio comunale di Montefiorino, con evidenti ripercussioni sulla Condizione Limite per l'Emergenza (CLE). Infine, il corpo di frana in esame coinvolge direttamente alcuni edifici privati e, in base alle previsioni urbanistiche del PSC, nuovi insediamenti nell'area artigianale di località Cà di Vinchio.

¹ Gruppo di lavoro MS, 2008. "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd. Link breve: <https://goo.gl/Od0XBo>

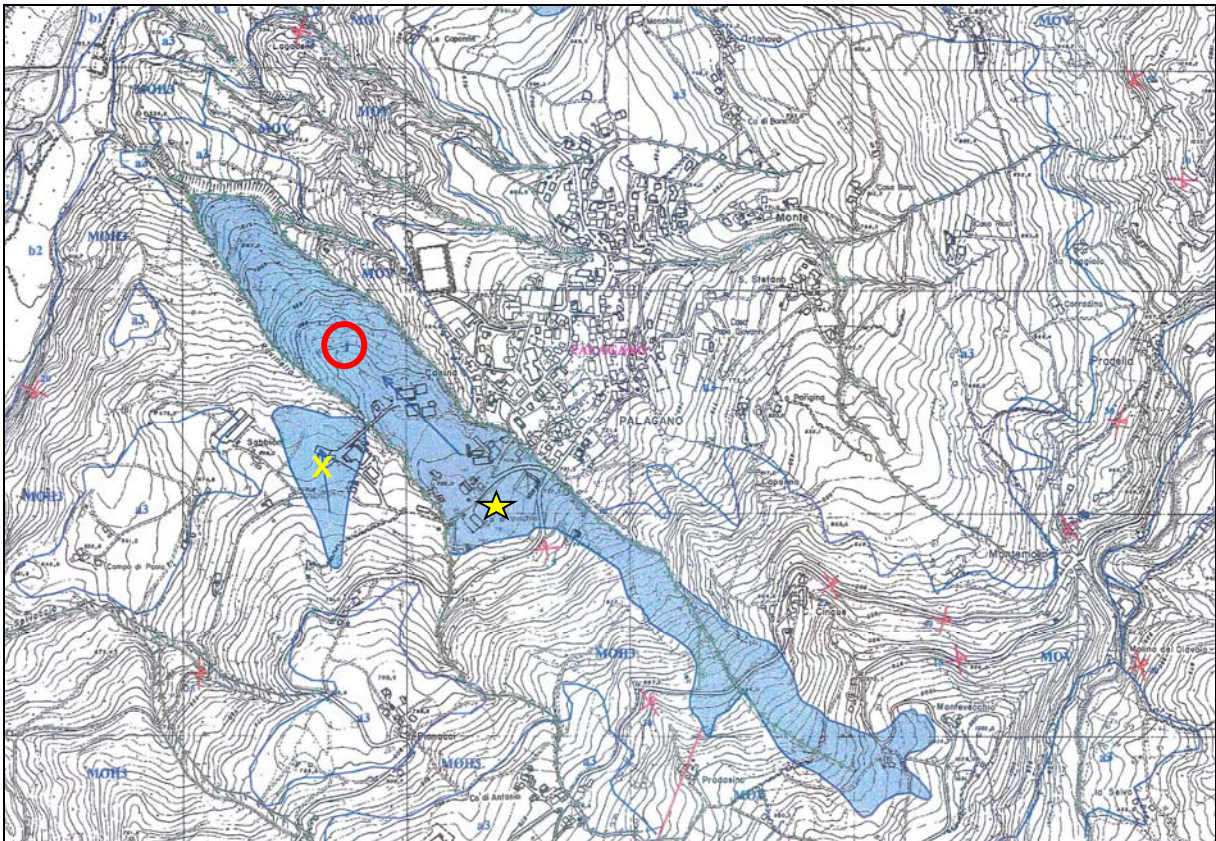


Figura 1 – Stralcio della scheda monografica 3602900 del Comune di Palagano in: “Rischio da frana” – Schede monografiche dei siti a rischio da frana: 11 – Comune di Palagano. Programma di previsione e prevenzione di Protezione Civile della Provincia di Modena (L. 24 febbraio 1992, n. 225 – L.R. 19 aprile 1995, n. 45). Regione Emilia-Romagna, Provincia di Modena, Settore Difesa del suolo e tutela dell’Ambiente, Ufficio di Protezione Civile (1998). La X gialla identifica un’area in frana non oggetto del presente studio di MS3. **Legenda** – 1 (nel cerchio rosso): frana identificata nella scheda monografica ed oggetto del presente studio di MS3; poligoni blu: frane quiescenti; la stella gialla individua la località di Cà di Vinchio.

La frana costituisce, pertanto, un elemento di pericolosità che interferisce e può interferire con elementi vulnerabili, generando condizioni di rischio idrogeologico potenzialmente di livello più alto all’interno del territorio comunale. Per questo motivo, tenuto conto delle risorse complessive allocate per lo studio di MS3 dell’Unione, si è deciso di concentrare su questa sola area le indagini e le analisi di MS3 per il Comune di Palagano.

Gli obiettivi del lavoro sono stati i seguenti:

1. Ricostruzione della geometria del corpo di frana attraverso un rilevamento geomorfologico di dettaglio e sondaggi geognostici e geofisici.
2. Determinazione dei valori dei parametri di resistenza del terreno, funzionali alle analisi di stabilità.
3. Determinazione delle frequenze naturali dei terreni, ai fini della individuazione di fenomeni di risonanza significativi.
4. Determinazione della profondità del bedrock sismico o della principale superficie di risonanza.

5. Determinazione dei profili di Vs.
6. Analisi di risposta sismica 1D e 2D sul corpo di frana per ricavare i fattori di amplificazione della PGA a dell'intensità di Housner nonché gli spettri di risposta in superficie sia in termini di pseudo-accelerazione che di pseudo-velocità.
7. Definizione della pericolosità sismica locale attraverso il calcolo degli spostamenti indotti dal sisma atteso sul corpo di frana.
8. Perimetrazione dettagliata dell'area indagata e dei valori indicativi della pericolosità locale.

Tutte le attività sono state svolte nel rispetto delle specifiche di cui agli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" elaborati dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di microzonazione sismica (OPCM 3907/2010, art. 5, comma 7), versione 4.0b dell'ottobre 2015.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CARTOGRAFICO

Il territorio comunale di Palagano si colloca nel settore occidentale del medio Appennino Modenese, al confine con la Provincia di Reggio Emilia (Figura 2), delimitato ad ovest dalla Valle del T. Dragone e ad est dal crinale di M. Cantiere (Figura 3).

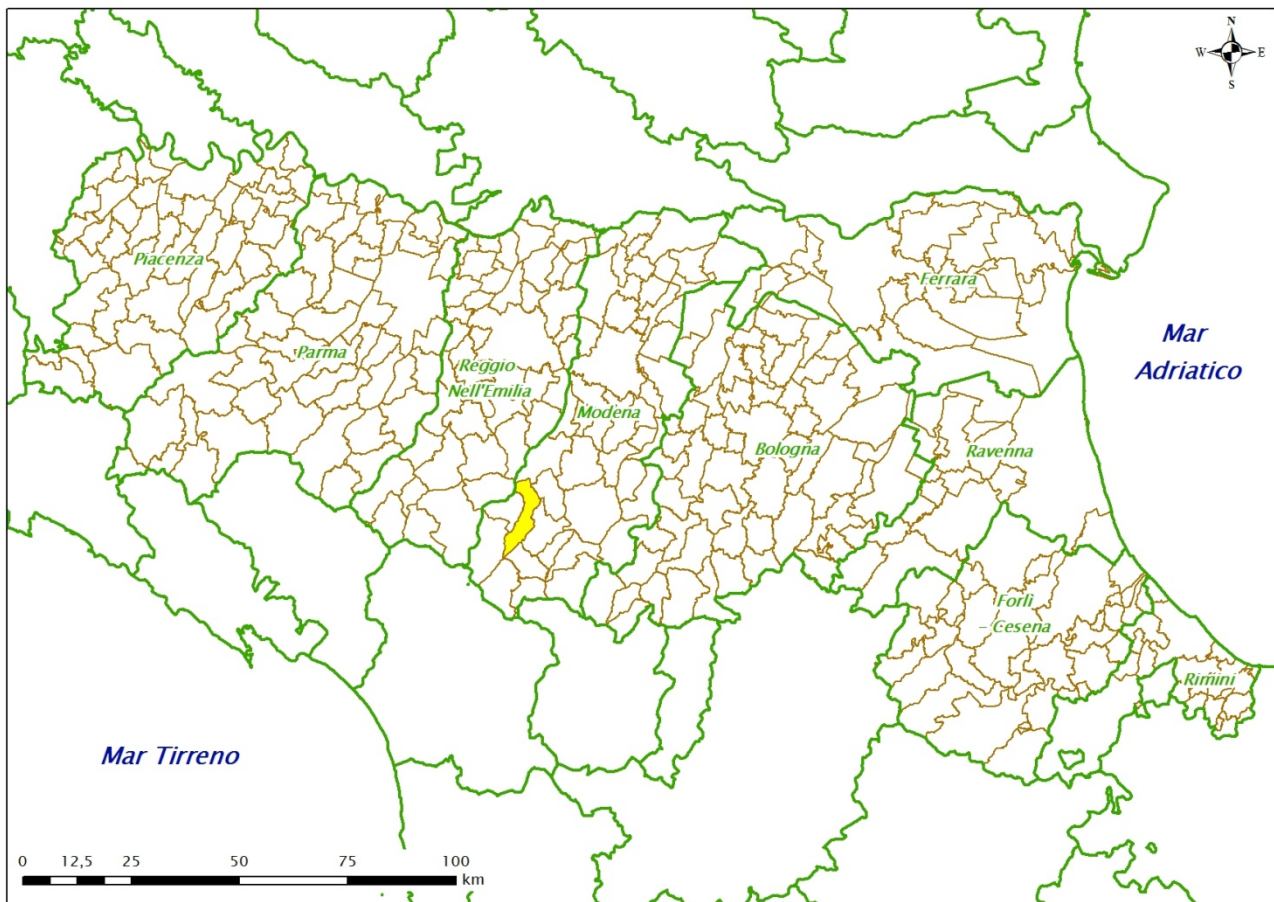


Figura 2 – Inquadramento amministrativo regionale del territorio comunale di Palagano (in giallo in figura).

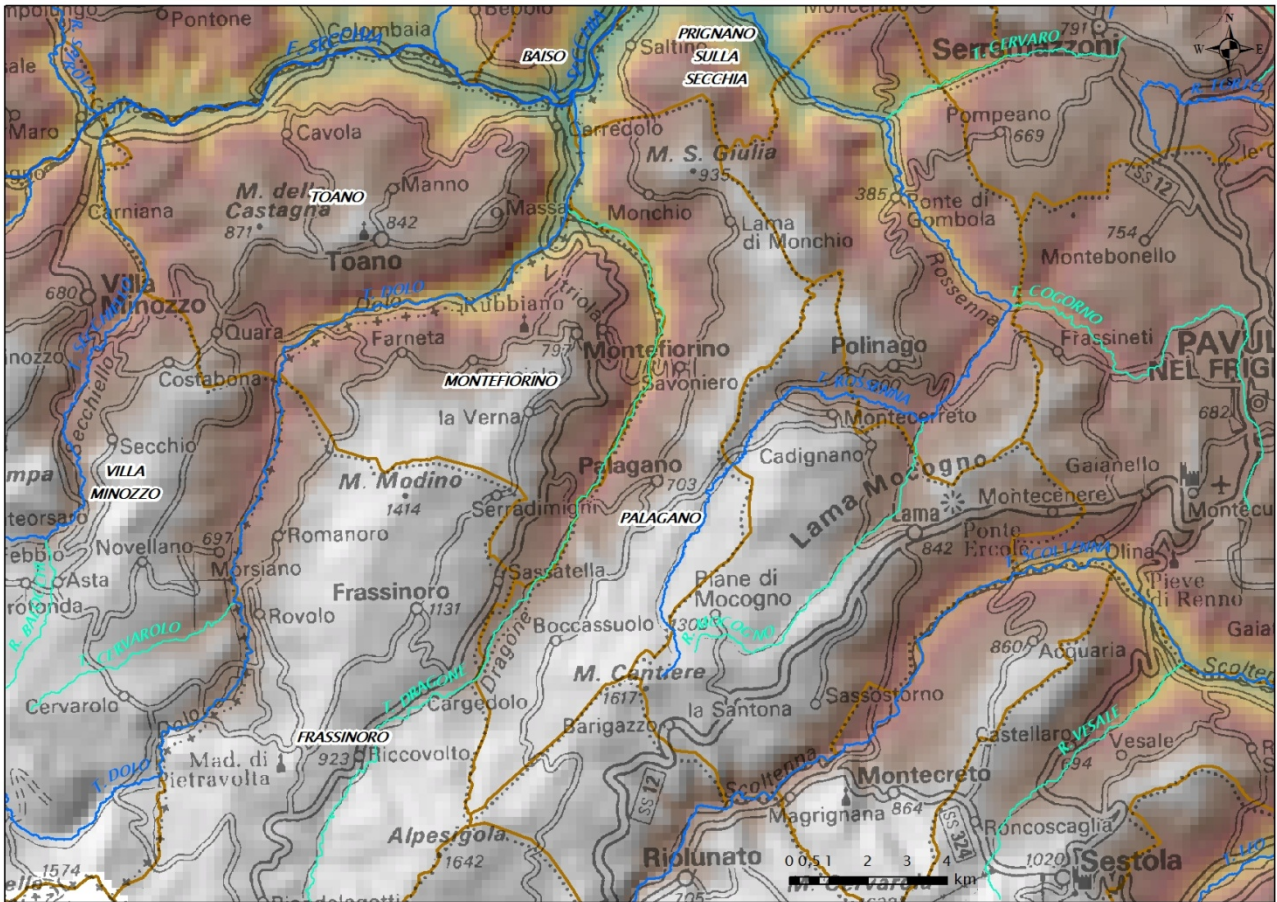


Figura 3 - Inquadramento geografico-fisico del territorio comunale di Palagano. Il DEM (modello digitale delle quote) mostra le differenti fasce altimetriche: da quelle con valori relativamente più alti, in grigio chiaro, a quelle con i valori relativamente più bassi, in verde e azzurro.

Il territorio comunale di Palagano fa parte dei settori altimetrici di collina, bassa, media ed alta montagna, con quote sul livello del mare (dati da modello digitale delle quote) che variano da un minimo di circa 300 m alla confluenza tra T. Dolo e T. Dragone, nell'estremità settentrionale del territorio comunale, agli oltre 1400 m del versante settentrionale di Monte Cantiere, lungo tutto il confine meridionale del Comune.

Il clima è caratterizzato, nel periodo 1991–2008, da precipitazioni totali annue, in media, di 1018 mm e temperature medie annue di 10,5°C, pari, rispettivamente, ad una variazione di -51 mm e +0,8°C rispetto al periodo 1961–1990².

Nella cartografia regionale, il territorio è compreso nelle Tavole alla scala 1:25.000:

- nr. 218SE denominata "Carpinetti",
- nr. 219SO denominata "Serramazzone",
- nr. 235NE denominata "Montefiorino",
- nr. 235SE denominata "Pievepelago",
- nr. 236NO denominata "Lama Mocogno",

nelle Sezioni alla scala 1:10.000:

² Atlante Idroclimatico dell'Emilia-Romagna – <http://www.arpa.emr.it/sim/?clima>

- nr. 218160 denominata “San Cassiano”,
- nr. 219130 denominata “Prignano sulla Secchia”,
- nr. 235040 denominata “Montefiorino”,
- nr. 235080 denominata “Palagano”,
- nr. 235120 denominata “Boccassuolo”,
- nr. 235160 denominata “Pievepelago”,
- nr. 236010 denominata “Gombola”,
- nr. 236050 denominata “Lama Mocogno”,

e negli Elementi alla scala 1:5.000:

- nr. 218162 denominato “Saltino”,
- nr. 218163 denominato “Corredolo”,
- nr. 219133 denominato “Talbignano”,
- nr. 235041 denominato “Monchio”,
- nr. 235042 denominato “Castellaccio”,
- nr. 235044 denominato “Massa”,
- nr. 235081 denominato “Savoniero”,
- nr. 235082 denominato “Palagano”,
- nr. 235083 denominato “Sassatella”,
- nr. 235121 denominato “Monte Cantiere”,
- nr. 235122 denominato “Barigazzo”,
- nr. 235123 denominato “Case Guiglia”,
- nr. 235124 denominato “Boccassuolo”,
- nr. 235164 denominato “Monte Sant’Andrea”,
- nr. 236013 denominato “Costrignano”,
- nr. 236014 denominato “S. Martino”,
- nr. 236053 denominato “Borra di Silano”,
- nr. 236054 denominato “Pianorso”.

3. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI SISMICI DI RIFERIMENTO

Il dato di partenza per un’analisi della potenzialità sismica di un territorio è certamente la ricostruzione delle strutture tettoniche maggiormente attive nel tempo geologico più recente, all’incirca l’ultimo milione di anni (neotettonica). Sono queste le strutture che possono, se confermate anche da dati macrosismici e/o sismologici, ragionevolmente costituire sorgente di terremoti anche nel prossimo futuro.

L’analisi neotettonica di un’area si esegue attraverso l’esame di una serie innumerevole di dati di natura geologica, morfoneotettonica, idrogeologica, e idrochimica, che concorrono a definire, appunto, il regime tettonico di quell’area, con l’individuazione di strutture geologiche rilevanti, per giungere eventualmente alla definizione del loro potenziale sismogenetico, il potenziale, cioè, di generare terremoti.

Il territorio comunale di Palagano, dal punto di vista geologico-strutturale, è parte degli Appennini settentrionali, una catena a pieghe e sovrascorrimenti costituita dalla sovrapposizione di unità tettoniche NE-vergenti, la cui formazione è conseguenza della collisione, in epoca cenozoica, tra la Placca Europea e la Placca Adria (Africana). Attualmente, la convergenza tra le due placche ha velocità pari a circa 6–8 mm all'anno, con vergenza all'incirca NO, e si sviluppa lungo un margine di placca ampio e complesso, ove placche e blocchi crostali minori controllano la distribuzione e la cinematica delle deformazioni. Tale convergenza determina una diffusa sismicità ed un quadro deformativo complesso, caratterizzato da un settore (quello tirrenico) con prevalenti campi tensionali distensivi, e da un settore (quello adriatico) ove prevalgono campi tensionali compressivi (Boccaletti et al., 2011).

In modo più specifico, per quanto riguarda le strutture tettoniche quaternarie più recenti ed attive, il territorio comunale di Palagano si colloca all'interno di un sistema di faglie pressoché continuo che si estende lungo il crinale appenninico, coincidente approssimativamente con il fronte di *thrust* delle Unità Toscane (sebbene in esso siano presenti anche faglie trascorrenti e normali di importanza minore) (rettangolo contrassegnato col numero 1 in Figura 4). Il crinale appenninico è caratterizzato da sollevamenti localizzati, pleistocenici ed attuali, e da moderata sismicità. La soluzione dei meccanismi focali ha mostrato la presenza di due distinti campi deformativi a differenti profondità:

- quello più superficiale, a profondità inferiori a 15 km, è caratterizzato da eventi sismici di magnitudo da bassa a moderata, con meccanismi focali principalmente estensionali e, in maniera minore, trascorrenti e compressivi; gli eventi distensivi più importanti sono peculiari del versante tirrenico della catena, capaci di determinare sismi con magnitudo pari a 6 (nei bacini della Garfagnana, della Lunigiana e del Mugello);
- quello relativo alla crosta intermedia, a profondità comprese tra 15 e 25 km, è interessato da eventi sismici tipici di un campo tensionale a carattere principalmente compressivo; tali eventi possono, almeno in parte, essere correlabili all'attività del principale sovrascorrimento crostale, responsabile del raddoppiamento del basamento e della successione carbonatica al di sotto della catena.

A profondità superiori a 35 km, sebbene siano disponibili pochi meccanismi focali, gli eventi sismici mostrano un carattere predominante di tipo compressivo, legati ad una struttura attiva che interessa la Moho. Secondo un'interpretazione alternativa, questi eventi sismici profondi potrebbero essere messi in relazione alla flessura della litosfera continentale africana in subduzione (Boccaletti et al., 2011).

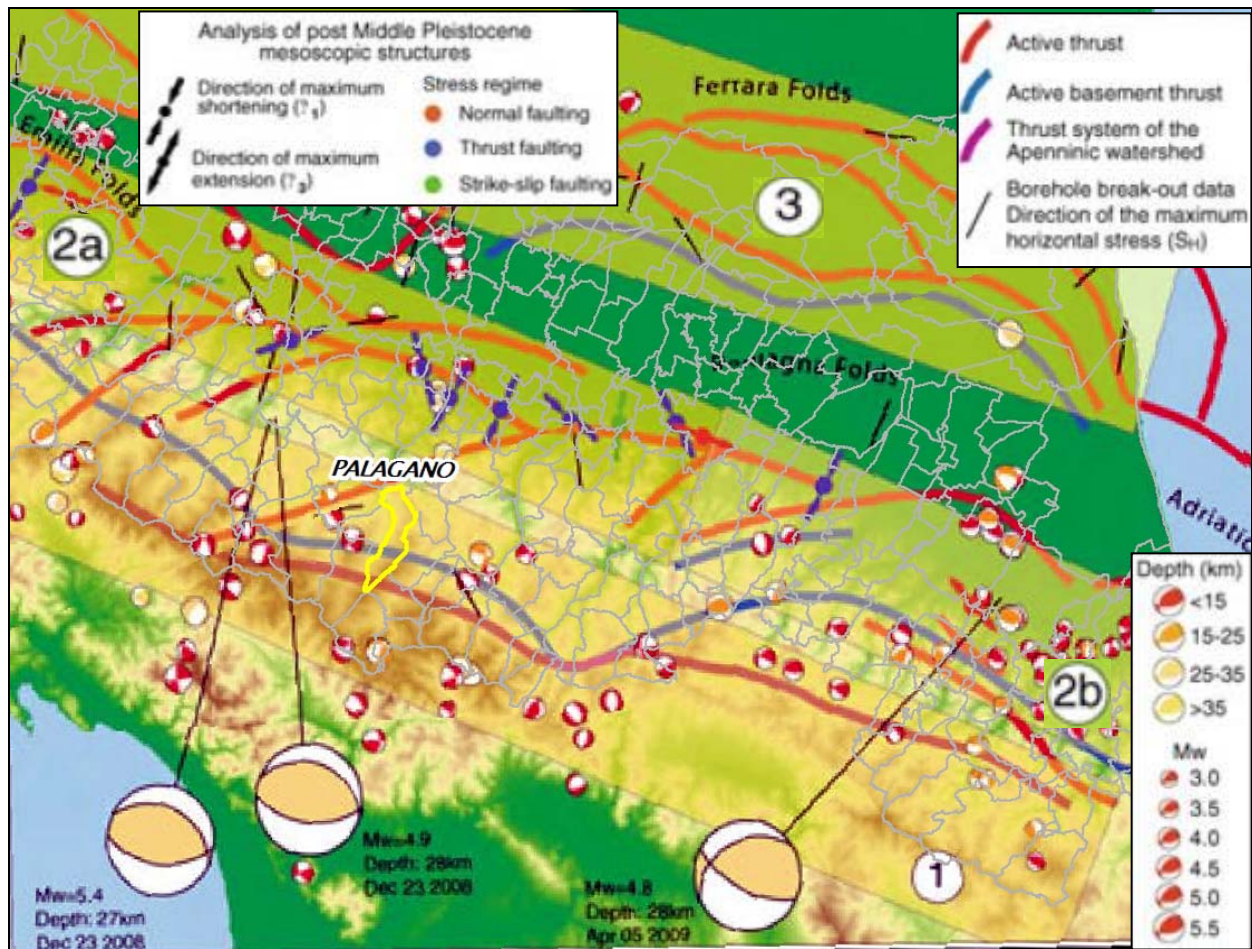


Figura 4 – Sintesi delle strutture recenti e attive del settore esterno degli Appennini settentrionali, con sovrapposte le soluzioni dei meccanismi focali (Boccaletti et al., 2004), i campi tensionali da analisi mesoscopiche (Ghiselli e Martelli, 1997) e i dati di *breakout* da pozzo (Mariucci e Muller, 2003). Tre meccanismi focali in dettaglio relativi agli eventi principali di sequenze sismiche che hanno interessato gli Appennini il 23 dicembre 2008 ed il 5 aprile 2009 (da dati INGV). I numeri nei cerchi indicano i principali sistemi di faglie: (1) Catena appenninica; (2a) Margine Appennini–Pianura (settore nord–occidentale); (2b) Margine Appennini–Pianura (settore sud–orientale); (3) Pieghie Emiliane e Ferraresi sepolte. (Fonte: Boccaletti et al., 2011). Il poligono con contorno giallo individua in carta il territorio comunale di Palagano.

In prossimità del territorio comunale, i meccanismi focali rivelano la presenza di sismi superficiali (< 15 km), di Mw circa pari a 4, con campo di stress principalmente estensionale/trascorrente (e secondariamente compressivo/trascorrente), legato probabilmente ad un campo di deformazione secondario presente in corrispondenza del tetto del sistema di *thrust* che interessa il crinale appenninico (Bonini, 2007) o, alternativamente, ad un sistema di faglie normali, superficiali (< 15 km), attive su piani di *thrust* deattivati (Bonini and Tanini, 2009).

3.1. Sismicità del territorio comunale

Dal punto di vista sismico, al comune di Palagano è stata assegnata la classe 3, ovvero a bassa sismicità, in base all’Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003, con accelerazione massima attesa (PGA) pari a **0,164g** (Figura 5).

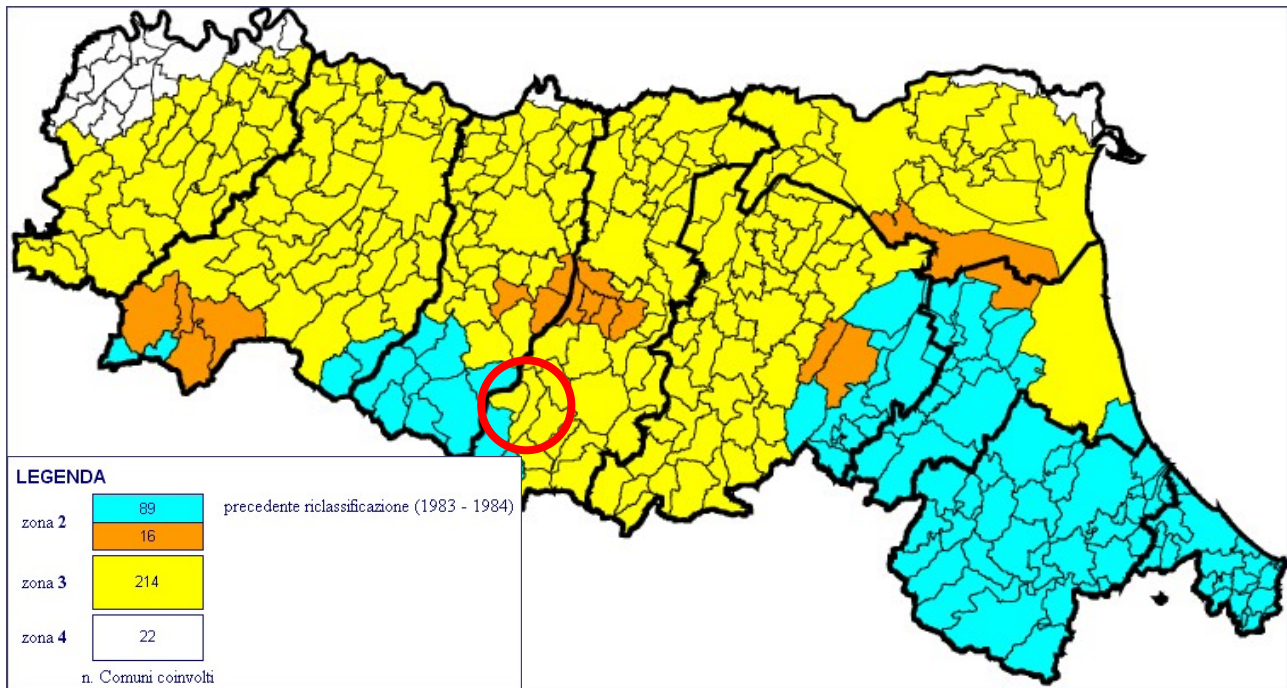


Figura 5 – Classificazione sismica dei comuni dell’Emilia-Romagna. Nel cerchio rosso il Comune di Palagano.

Se si analizza la sequenza storica degli effetti macrosismici registrati nel territorio comunale dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani, presenti nel Database Macrosismico Italiano DBMI15 dell’INGV³, si nota come importanti effetti si siano registrati anche in relazione ad epicentri lontani dal territorio comunale. Di seguito viene riportata la storia sismica del Capoluogo, limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5, così come estratte dal DBMI15 dell’INGV.

Legenda:

I – Intensità al sito (MCS); **Io** – Intensità epicentrale (MCS); **Mw** – Magnitudo momento (epicentrale); **Ax** – Area epicentrale; **Np** – Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto.

³ Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D’Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

Effetti I[MCS]	In occasione del terremoto del:			
	Data	Ax	Np	Io Mw
4	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
NF	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09
NF	1987 05 08 11:10	Bassa modenese	17	6 4.57 ±0.23
2-3	1988 02 08 11:24	Garfagnana	75	6 4.53 ±0.13
2-3	1997 12 24 17:53	Garfagnana	98	5 4.36 ±0.09
NF	1998 03 26 16:26	Appennino umbro-marchigiano	408	6 5.29 ±0.09
3	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6 4.43 ±0.09
4-5	2000 10 03 01:12	Appennino tosco-emiliano	62	5 4.27 ±0.09

Figura 6 – Osservazioni macrosismiche per Palagano (Locati et al., 2016).

Dai dati si evince come le massime intensità macrosismiche registrate (in gradi MCS) corrispondano:

- al terremoto dell'11 novembre 1983, con area epicentrale nel Parmense, intensità epicentrale pari a 6-7 MCS e magnitudo momento pari a 5.06,
- al terremoto del 3 ottobre 2000, con area epicentrale nell'Appennino tosco-emiliano, intensità epicentrale pari a 5 MCS e magnitudo momento pari a 4.27.

In generale, le intensità macrosismiche al sito di maggior grado (variabili tra 4 e 5), sul territorio comunale, sono dovute a terremoti con epicentri localizzati nel Parmense e nell'Appennino tosco-emiliano, registrati a partire dal XX secolo ad oggi. Intensità al sito di grado < 4 sono dovute a terremoti con epicentri localizzati in Garfagnana e nel Parmense.

Terremoti con epicentri geograficamente più lontani rispetto al territorio comunale si individuano nel Reggiano, nella Bassa Modenese e nell'Appennino umbro-marchigiano; quest'ultimo ricade al di fuori del limite regionale.

Occorre precisare che il DBMI15, relativamente a Palagano, non registra intensità macrosismiche derivate dal terremoto della Garfagnana del 7 settembre 1920. Se, però si visualizzano le intensità macrosismiche registrate al contorno (Figura 7) si può vedere come nelle vicine località di Molinello (6,22 km), Sassatella (4,94 km), Lama Mocogno (6,78 km) e Polinago (6,36 km), in occasione di tale sisma, si sia registrata una intensità macrosismica pari a 7-8 MCS. Considerando la breve distanza (inferiore ai 7 km) tra queste località e Palagano, risulta impensabile che in occasione del sisma del 7 settembre non si siano registrati effetti anche a Palagano. E', quindi, verosimile che un'intensità molto prossima a 7 MCS sia stata registrata anche nel Capoluogo.

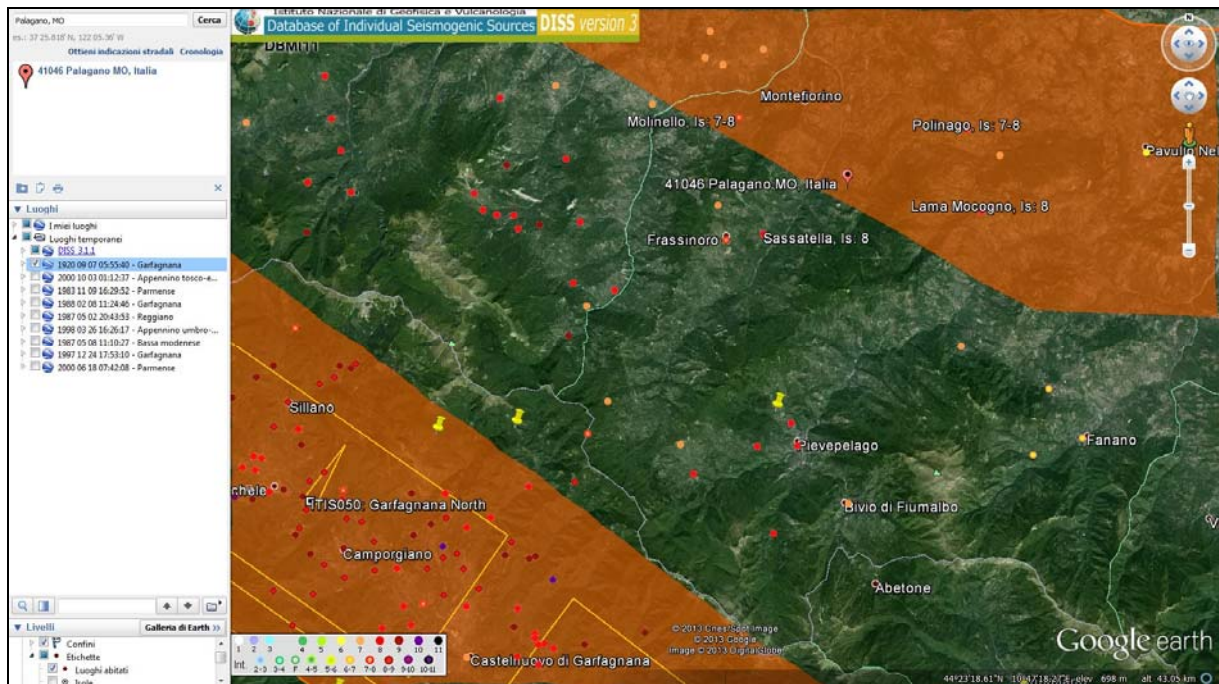


Figura 7 – Estratto dal database of Individual Seismogenic Sources (DISS) dell’INGV e dal DBMI15: i punti colorati si riferiscono alle intensità macrosismiche registrate in occasione del sisma del 7 settembre 1920 con epicentro in Garfagnana (più precisamente all’interno della sorgente sismogenetica composta ITCS083 “Garfagnana”). In basso a sinistra la scala delle intensità MCS).

In ogni caso, trattando, in questa sede, della sismicità dell’intero territorio comunale, l’inserimento di un grado 7 di intensità MCS risulta comunque necessario per completare il quadro della sismicità storica dell’area in esame. In occasione, infine, del recente sisma della Lunigiana del 2013 (Alpi Apuane – Massa, Lucca – MI 5.2 del 2013–06–21 ore 10:33:57 UTC), l’intensità macrosismica sembra essere stata pari a 4 (dato non verificato), ovvero prossima all’intensità macrosismica media, storicamente caratteristica dell’area in studio⁴.

Sovrapponendo gli epicentri dei sismi che hanno dato, storicamente, effetti macrosismici maggiori all’interno del territorio comunale di Palagano, sulle sorgenti sismogenetiche dell’INGV, è possibile constatare come le maggiori intensità al sito (I) siano state determinate da sismi avvenuti all’interno delle sorgenti composite ITCS046 “Langhirano–Sassuolo” e ITCS027 “Bore–Montefeltro–Fabriano–Laga”, entro cui ricade lo stesso territorio comunale. Intensità leggermente minori (da 2 a 3) sono invece state determinate da sismi avvenuti all’interno delle sorgenti sismogenetiche composite ITCS083 “Garfagnana” e ITCS049 “Reggio Emilia–Rolo”.

Descrivendo nel dettaglio, quindi, le **sorgenti sismogenetiche**, che in maggior modo possono caratterizzare la sismicità locale, il territorio comunale di Palagano ricade parzialmente, come detto, all’interno della sorgente sismogenetica composta **ITCS027** “Bore–Montefeltro–Fabriano–Laga”, ritenuta capace di produrre sismi con Mw massima pari a **6.2** (derivata dalla massima magnitudo delle sorgenti sismogenetiche individuali in essa comprese) (Figura 8). La geometria di

⁴ http://terremoti.ingv.it/images/pdf/relazione_di_dettaglio_alpi_apuane_massa_lucca_ml_5.2_del_2013-06-21_10_33_57_utc_versione_del_2013-06-21_ore_14_19_38_utc_l.pdf

quest'area sismogenetica è determinata dalla geometria delle singole sorgenti individuali in essa contenute: lo *strike* varia da 88° (per la sorgente di Loiano) a 160° (per le sorgenti di Camerino e Sarnano); il *dip* varia da 20° a 54° verso SO; il *rake* è assunto corrispondente ad un sovrascorrimento puro (90°) sulla base di considerazioni geodinamiche generali; la *slip rate* varia da 0,1 ad 1 mm/anno.

Circa 30 km a SO del territorio comunale è presente la sorgente sismogenetica composta **ITCS083** “*Garfagnana*”, ritenuta capace di produrre sismi con M_w massima pari a **6.4** (derivata dalla massima magnitudo delle sorgenti sismogenetiche individuali in essa comprese – ITIS050 “*Grafagnana Nord* e ITIS 051 “*Garfagnana Sud*”) (Figura 9). Questa sorgente composta rappresenta una fascia a regime tettonico distensivo che attraversa gli appennini toscani ed emiliani in prossimità della valle del Serchio. La letteratura scientifica la interpreta come possibile estensione verso nord-ovest del Sistema di Faglie Etrusco, immergente verso NE, che rappresenta il limite estensionale nord-occidentale degli appennini settentrionali. I cataloghi sismici storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) identificano, per tale fascia, una sismicità da intermedia ($4.5 < M_w < 5.0$) a distruttiva, al di là dei terremoti distruttivi dell'11 aprile 1837 (M_w 5.6, Alpi Apuane) e del 7 settembre 1920 (M_w 6.5).

Alcuni segmenti di questa sorgente composta sono stati associati ai terremoti più importanti di questo settore appenninico.

Lo *strike* varia da 300° a 310°; il *dip* varia da 30° a 45°; il *rake* (260°–280°) è assunto corrispondente ad un movimento estensionale puro sulla base di osservazioni geologiche; le profondità minima e massima sono state individuate, rispettivamente, a -1 e -10 km; la *slip rate* varia da 0,1 ad 1 mm/anno, dedotta da osservazioni geologiche relative a strutture adiacenti appartenenti al medesimo quadro tettonico della sorgente Garfagnana.

Nella sorgente composta “Garfagnana” sono comprese due sorgenti sismogenetiche individuali, la **ITIS050** “*Garfagnana Nord*” e la **ITIS051** “*Garfagnana Sud*” (Figura 9), due faglie normali con immersione verso NE le cui attività controllano l'evoluzione recente della valle del Serchio, comunemente denominata “Garfagnana”. La “Garfagnana Nord” costituisce la sorgente del terremoto distruttivo del 7 settembre 1920 ed i suoi caratteri geometrici sono stati derivati proprio dalle caratteristiche di tale evento sismico.

COMUNE DI PALAGANO – PROVINCIA DI MODENA
MICROZONAZIONE SISMICA – 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
RELAZIONE ILLUSTRATIVA

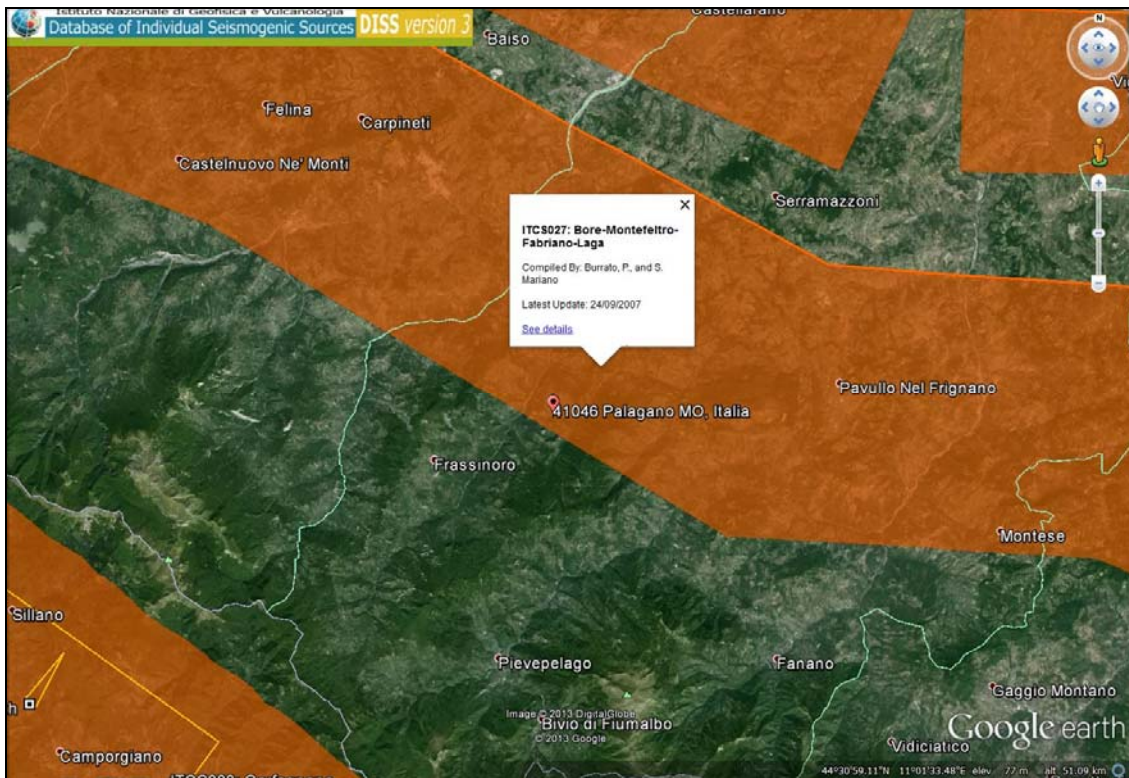


Figura 8 – Estratto dal database of Individual Seismogenic Sources (DISS) dell'INGV: Sorgente Sismogenetica Composita (ITCS) 027 “Bore–Montefeltro–Fabriano–Laga”.

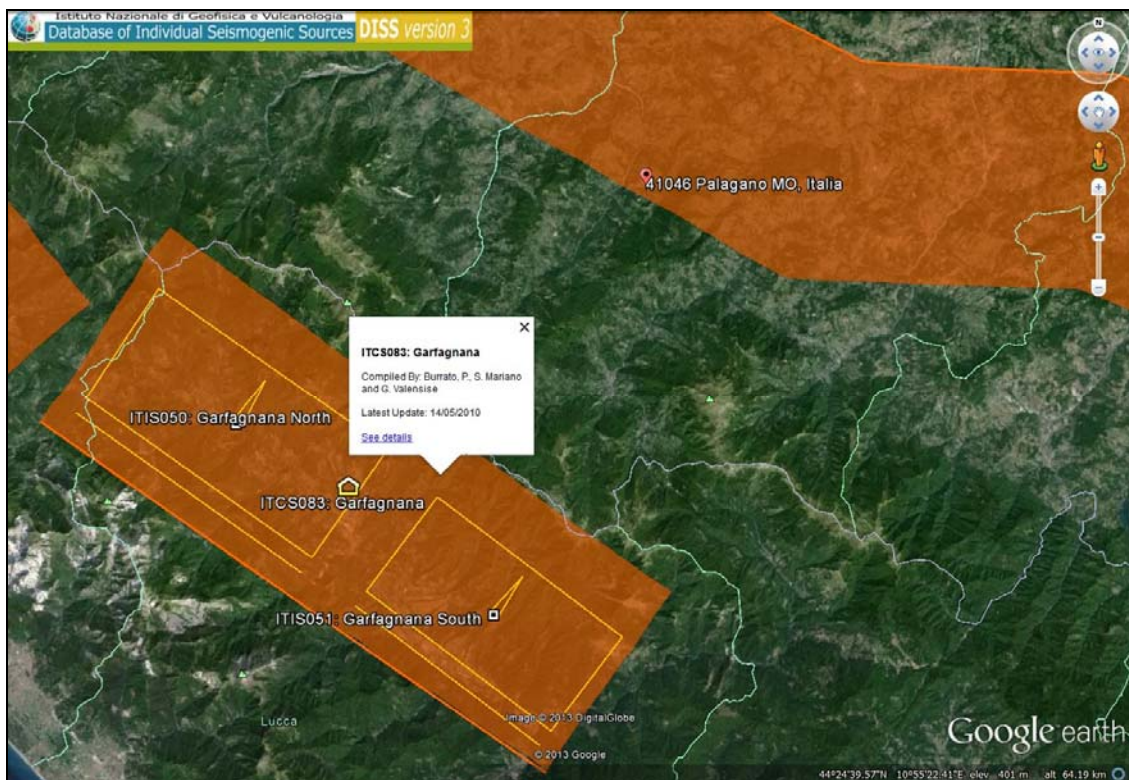


Figura 9 – Estratto dal database of Individual Seismogenic Sources (DISS) dell'INGV: Sorgente Sismogenetica Composita (ITCS) 083 “Garfagnana” e Sorgenti Sismogenetiche Individuali (ITIS) 050 “Garfagnana Nord” e 051 “Garfagnana Sud”.

Alla sorgente “Garfagnana Sud”, diversamente dalla prima, non sono associati grandi terremoti storici e le sue caratteristiche geometriche sono state necessariamente dedotte da quelle della ITIS050. La valle del Serchio è poi delimitata, a nord, dal lineamento Sarzana–Equi Terme e, a sud, dal lineamento Viareggio–Val di Lima–Bologna, lineamenti che sembrano delimitare anche il blocco delle Alpi Apuane. La dorsale di Monte Perpoli, vicino a Castelnuovo Garfagnana, rappresenta, a sua volta, la linea di separazione tra le due sorgenti individuali, suddividendo la valle del Serchio in due porzioni pressoché di egual lunghezza. La ITIS050 è ritenuta capace di sismi di Mw massima pari a 6.4; la ITIS051 è ritenuta capace di sismi di Mw massima pari a 6.1.

Una terza sorgente sismogenetica composta, capace di influire sulla sismicità del territorio comunale di Palagano è, come detto, la **ITCS046** “Langhirano–Sassuolo” (Figura 10), con il sisma del 1983 che ha determinato una intensità macrosismica locale (I) pari a 4 MCS. La sorgente è ritenuta capace di produrre sismi con Mw massima pari a 5.9 (derivata dal più forte sisma in essa registrato). La geometria è determinata principalmente sulla base delle osservazioni geologiche: lo *strike* varia da 95° a 120°; il *dip* varia da 20° a 40°; il *rake* è assunto corrispondente ad un sovrascorrimento puro (80°–100°); la *slip rate* varia da 0,1 a 0,5 mm/anno; le profondità minima e massima sono state individuate, rispettivamente, a –2 e –8 km.

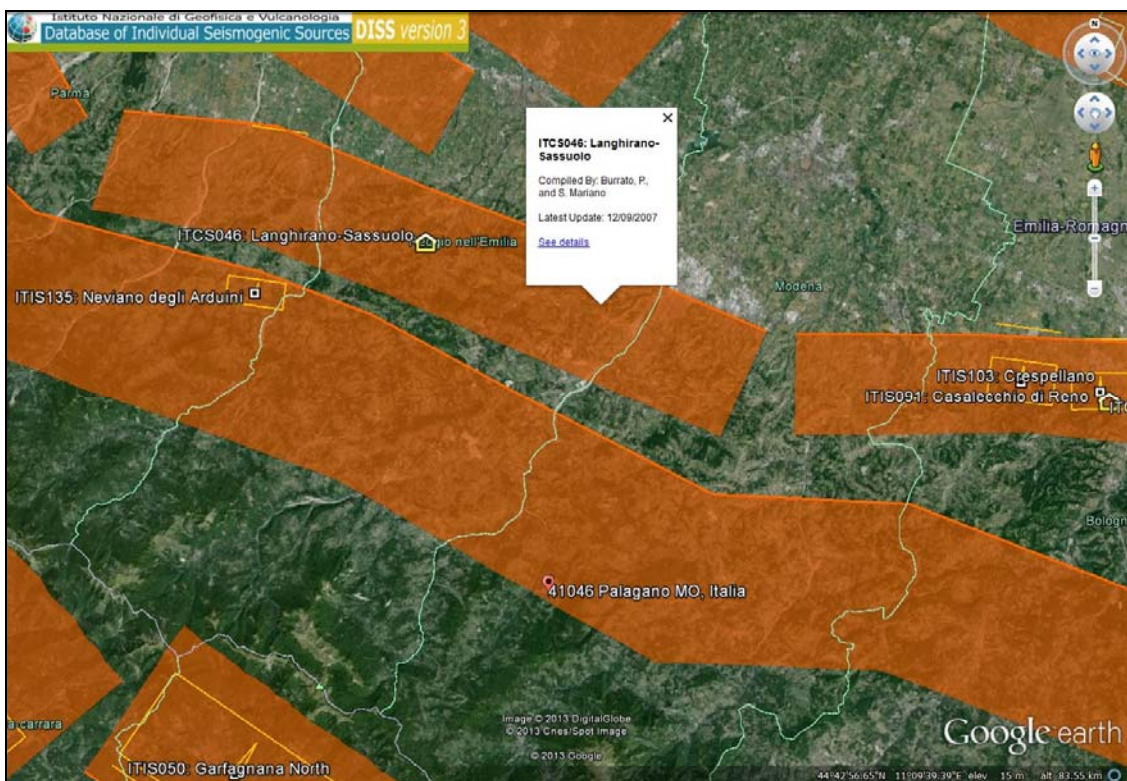


Figura 10 – Estratto dal database of Individual Seismogenic Sources (DISS) dell’INGV: Sorgente Sismogenetica Composita (ITCS) 046 “Langhirano–Sassuolo”.

Un'altra sorgente composta che può influire sulla sismicità del territorio è la **ITCS049** “Reggio Emilia–Rolo” (Figura 11), capace di produrre sismi con Mw pari a 5.5 (derivata dal più forte sisma in essa registrato). Sulla base delle osservazioni geologiche, lo *strike* varia da 35° a 65°, il *dip* varia

da 30° a 50°, il *rake* è assunto come un sovrascorrimento obliquo (60°–90°) e la *slip rate* varia da 0,1 a 0,5 mm/anno. Le profondità minima e massima sono state individuate rispettivamente a 3 e 10 km.

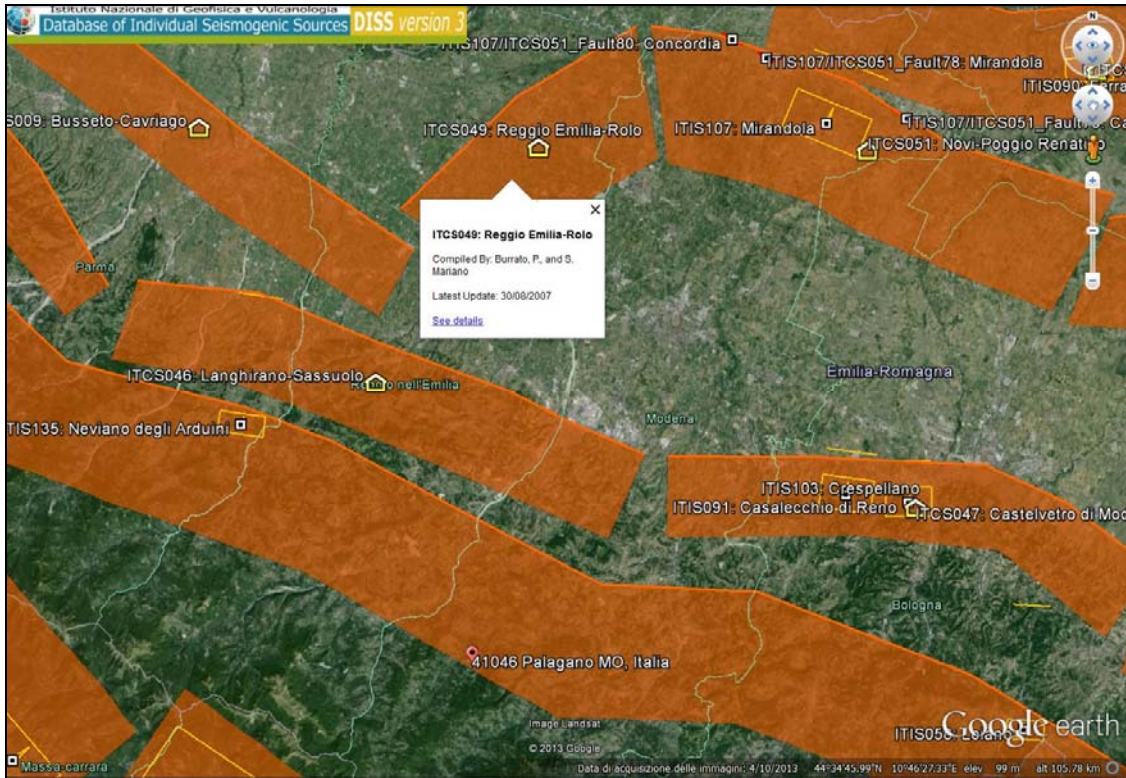
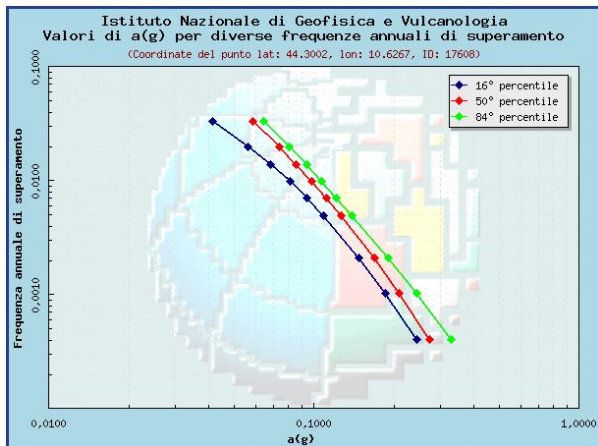


Figura 11 – Estratto dal database of Individual Seismogenic Sources (DISS) dell’INGV: Sorgente Sismogenetica Composita (ITCS) 049 “Reggio Emilia–Rolo”.

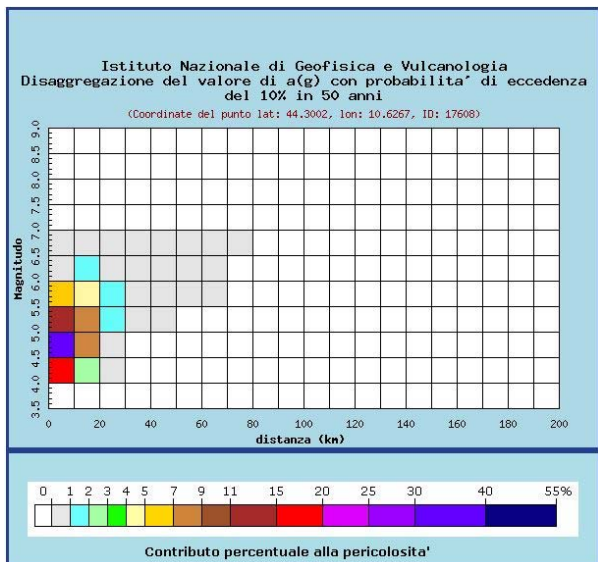
Sulla base dell’analisi di pericolosità effettuata dall’INGV⁵, il valore di PGA atteso, con 10% di probabilità di superamento in 50 anni, è pari a 0,17g (pari ad una frequenza di superamento annuale di 0,0021) (Figura 12). La disaggregazione del valore di a_g con la medesima probabilità di eccedenza (Figura 13) mostra come il contributo percentualmente maggiore (30–40%) alla pericolosità sismica di base del territorio comunale sia determinato da sismi di magnitudo compresa tra 4.5 e 5, con epicentro nei primi 10 km di distanza dal territorio comunale, in grado di produrre PGA pari a 0,31g.

⁵ <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>



Frequenza annuale di superamento	a(g) (Coordinate del punto lat: 44.3002, lon: 10.6267, ID: 17608)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.2431	0.2733	0.3280
0.0010	0.1852	0.2095	0.2436
0.0021	0.1472	0.1684	0.1903
0.0050	0.1087	0.1264	0.1386
0.0071	0.0942	0.1109	0.1207
0.0099	0.0809	0.0978	0.1069
0.0139	0.0686	0.0855	0.0935
0.0200	0.0564	0.0737	0.0802
0.0333	0.0414	0.0586	0.0643

Figura 12 – Valore di PGA atteso per il territorio comunale di Palagano con il 10% di probabilità di superamento in 50 anni, calcolato dallo studio di pericolosità sismica dell’INGV.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.3002, lon: 10.6267, ID: 17608)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	19.000	31.200	14.800	5.150	0.606	0.069	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	2.580	7.690	7.140	4.490	1.640	0.228	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.004	0.394	1.340	1.486	0.884	0.153	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.104	0.385	0.353	0.073	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.001	0.057	0.076	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.019	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 13 – Disaggregazione del valore di a_g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per il territorio comunale di Palagano.

Il contributo del 15–20% alla pericolosità sismica di base del territorio comunale è dato dalla coppia (Mw 4–4.5; epicentro 0–10 km), in grado di produrre PGA pari a 0,2g. Contributi percentuali minori alla pericolosità (11–15% e 7–9%) sono dati, rispettivamente, dalle coppie (Mw 5–5.5; epicentro 0–10 km) e (Mw 4.5–5.5; epicentro 10–20 km), in grado di produrre PGA pari a 0,15g e 0,07–0,08g. Il 5–7% e il 4–5% di contributo alla pericolosità sismica di base sono dati dalla coppia (Mw 5.5–6; epicentro 0–20 km), in grado di produrre PGA pari a 0,05g e 0,04g.

4. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL’AREA

Per la descrizione degli aspetti geologici e geomorfologici caratteristici del territorio comunale di Palagano si è scelto di utilizzare la trattazione che di essi viene data nella relazione “*Indagine geologico – ambientale*”, a cura dello Studio Geologico Ambientale “Arkigeo” del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, per il Piano Strutturale Comunale dell’Unione di Comuni Montani “Valli Dolo, Dragone e Secchia” (Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia); questo al fine di inquadrare

il territorio comunale e l'area oggetto delle indagini di dettaglio di MS3 in un più ampio contesto geologico e geomorfologico, funzionale per comprendere gli elementi di criticità locali.

4.1. Inquadramento geologico

Il medio Appennino modenese è caratterizzato (Figura 14) da un substrato roccioso composito, formato da rocce appartenenti a successioni stratigrafiche e unità tettoniche ascrivibili principalmente a due distinti domini paleogeografici (Plesi, 2002):

- Dominio ligure;
- Dominio subligure;

La struttura della catena appenninica settentrionale viene interpretata da diversi ricercatori come un prisma d'accrezione, formato dalla sovrapposizione verticale di grandi unità tettoniche regionali (falde), ciascuna dello spessore di diverse centinaia (fino anche a migliaia) di metri. Ogni grande falda tettonica sarebbe riconducibile a un diverso settore paleogeografico in cui era suddiviso l'originario bacino marino, denominato Tetide, dal quale avrebbe avuto origine la catena appenninica (Treves, 1984) (Figura 15).

Le successioni sedimentarie marine originali sarebbero state segmentate e sovrapposte le une sulle altre in corrispondenza di una zona di subduzione che, secondo le più recenti teorie, sarebbe dapprima stata caratterizzata da un'immersione verso ESE, e impilamento delle falde tettoniche a vergenza alpina (fase ligure o eo-alpina del *Cretaceo superiore-Paleocene*), poi da immersione verso OSO e impilamento delle falde con vergenza e direzione di trasporto verso nord (fasi tettoniche appenniniche) (Figura 16).

COMUNE DI PALAGANO – PROVINCIA DI MODENA
 MICROZONAZIONE SISMICA – 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
 RELAZIONE ILLUSTRATIVA

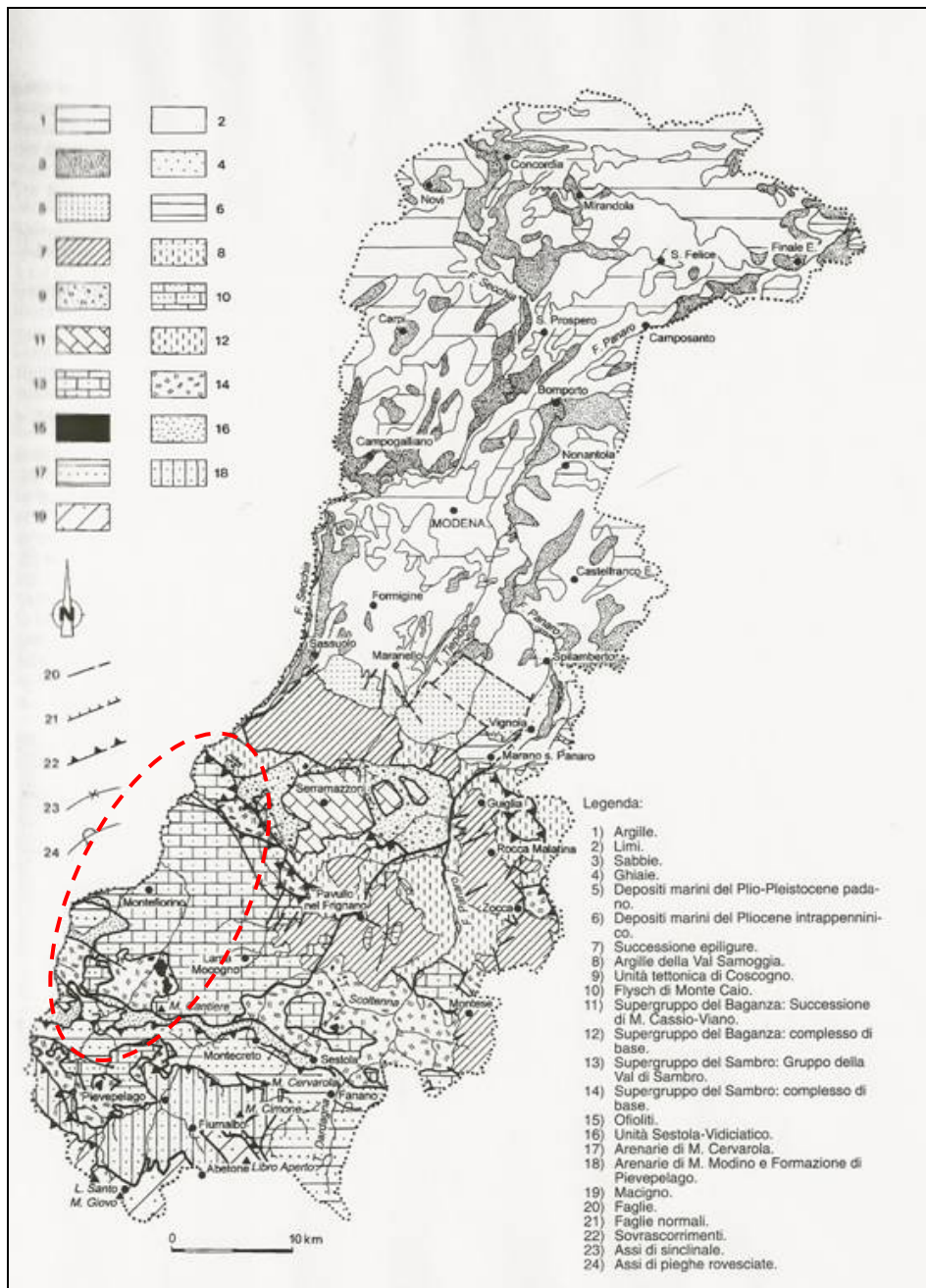


Figura 14 – Carta geologica della Provincia di Modena, estratta da (Capitani e Bertacchini, 1997). L’ellissi a tratteggio rossa individua a grandi linee la collocazione dell’area in studio presa in esame per la relazione “Indagine geologico – ambientale”, a cura dello Studio Geologico Ambientale “Arkigeo” del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, per il Piano Strutturale Comunale dell’Unione di Comuni Montani “Valli Dolo, Dragone e Secchia” (Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia).

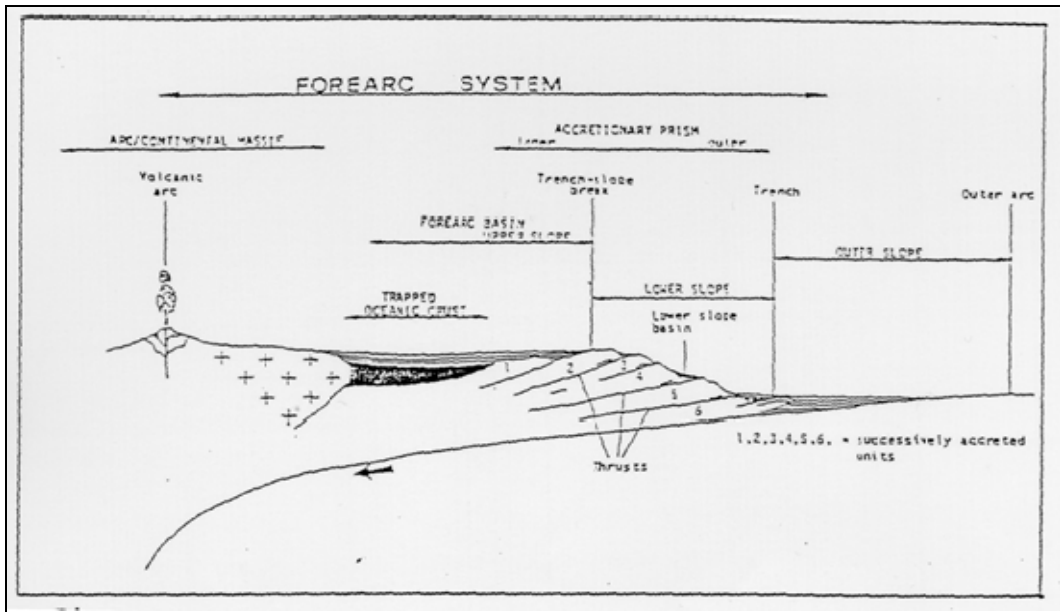


Figura 15 – L'Appennino Settentrionale è una catena a "pieghe e a faglie inverse" inquadrabile nel modello di prisma d'accrezione (da Treves, 1984).

Durante la prima fase tettonica eo-alpina sarebbe avvenuta la subduzione di gran parte dell'originaria crosta oceanica, riferibile a un segmento dell'Oceano Tetide denominato bacino Ligure (o Ligure-Piemontese), con formazione di un prisma d'accrezione costituito da falde liguri, che nelle fasi tettoniche successive sarebbero poi state traslate verso ENE, al di sopra delle unità subliguri, toscane e umbro-marchigiano-romagnole, a formare le cosiddette unità alloctone liguri o Liguridi (Figura 16).

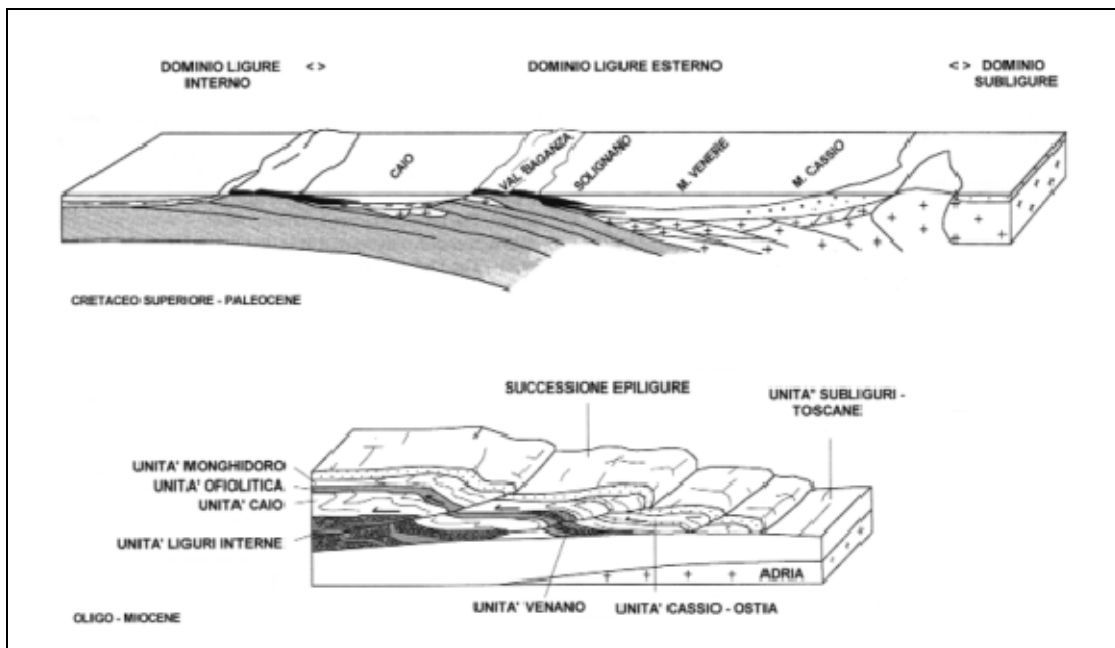


Figura 16 – Ricostruzione paleogeografica del dominio ligure esterno e assetto strutturale generale delle Liguridi Esterne attraverso l'Appennino modenese secondo (Daniele e Plesi, 2000).

Tale strutturazione (Figura 16) alla scala della catena è ancora riconoscibile anche nell'Appennino modenese (Bettelli e Panini, 1992; Bettelli et al., 1989a, 1989b, 1989c; Daniele e Plesi, 2000; Plesi, 2002). A grandi linee, infatti, è possibile ricostruire la struttura dell'edificio appenninico caratterizzata dalla sovrapposizione, dall'alto verso il basso, di:

- Unità liguri o Liguridi;
- Unità subliguri (o subLiguridi);
- Unità Toscane.

La pila delle Liguridi presenta una strutturazione interna complessa, caratterizzata anch'essa dalla sovrapposizione di unità distinte che avrebbero ciascuna un proprio significato paleogeografico (Figura 16).

Le Liguridi, nel settore di Appennino Modenese compreso tra l'alta Val Dolo e la Val Scoltenna, sono distinguibili, in base all'ordine geometrico di sovrapposizione dall'alto verso il basso (Figura 17) (Plesi, 2002), in:

- Unità Monghidoro (Liguridi esterne);
- Unità Venano (Liguridi esterne) (non affiorante in Val Scoltenna e più a est);
- Unità ofiolitica della Val Baganza;
- Unità Caio (Liguridi interne).

Più a nord, compaiono altre unità tettoniche ascrivibili alle Liguridi esterne, ad esempio l'Unità Cassio (Figura 17) tipica delle aree di Serramazzone (MO) e di Viano (RE) e che affiora limitatamente anche nel territorio di Prignano sulla Secchia.

Nei settori nord dell'area qui esaminata (e in generale nel medio-basso Appennino modenese), le unità Liguridi sono spesso accompagnate dalla così detta Successione epiligure, che rappresenta il prodotto della sedimentazione, avvenuta in ambiente marino (tra l'*Eocene medio-superiore* e il *Tortoniano*), al di sopra delle Liguridi, mentre queste traslavano verso nord sovrapponendosi alle unità subliguri, toscane e umbro-marchigiane (Bettelli et al., 1989a, 1989b) (Figura 16).

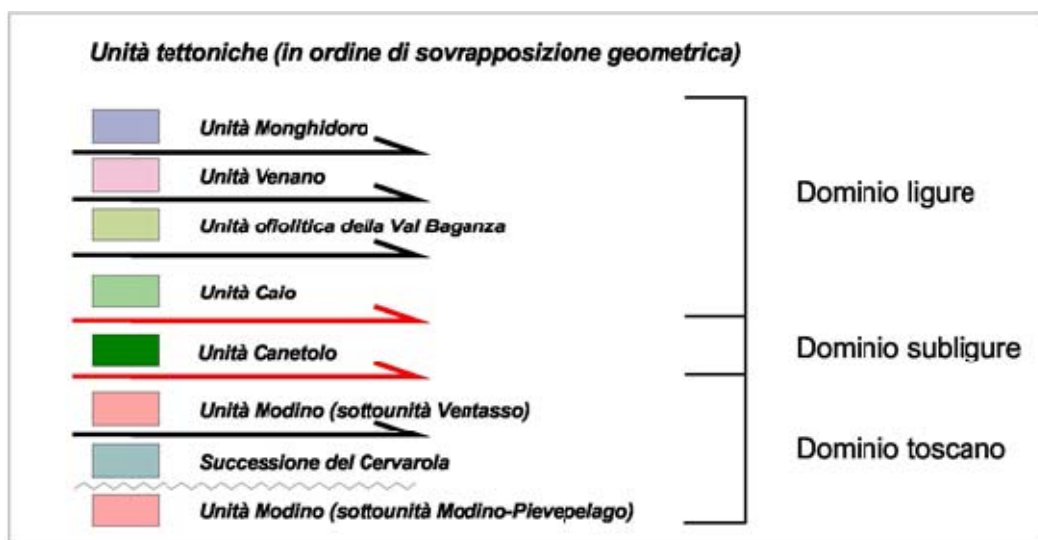


Figura 17 – Schema di sovrapposizione geometrica delle unità strutturali presenti nel medio Appennino Modenese occidentale – disegnato sulla base di (Plesi, 2002).

Gli insiemi di unità tettoniche (toscani, liguri, ecc.) affiorano in generale secondo delle fasce ad andamento NO-SE delimitate a nord e a sud da fasce di strutture tettoniche lateralmente persistenti che assumo i caratteri di importanti lineamenti tettonici di valenza regionale (Figura 18). Nell'area dell'Unione dei Comuni si distinguono un Lineamento Interno (o Linea della Santona⁶), un Lineamento Mediano, il Sistema della Val Rossenna, un sistema di strutture Vicariante della Val Rossenna.

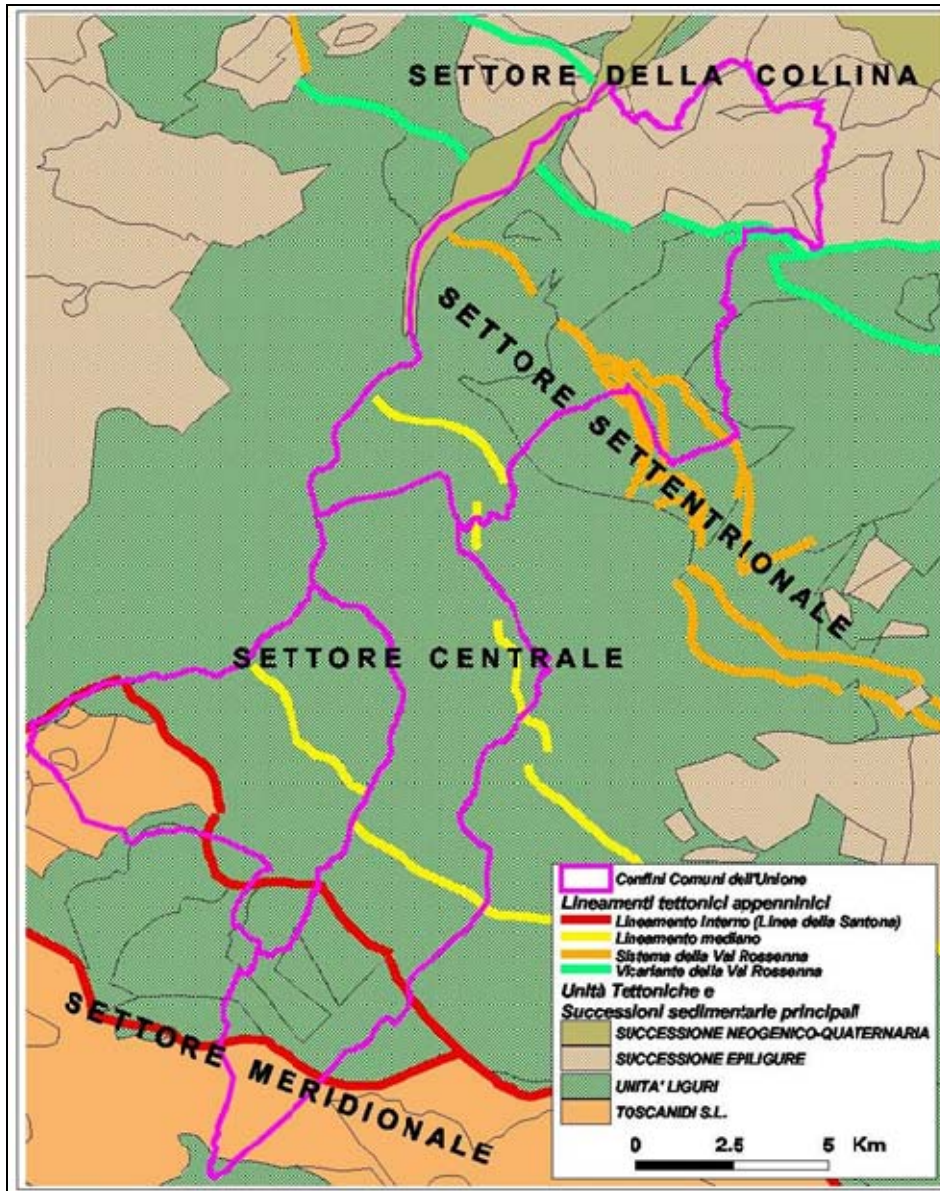


Figura 18 – Schema tettonico del settore centro occidentale dell'Appennino Modenese (fonte: "Indagine geologico - ambientale", a cura dello Studio Geologico Ambientale "Arkigeo" del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, per il Piano Strutturale Comunale dell'Unione di Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia" (Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia)

Tali lineamenti tettonici suddividono i territori dell'Unione in tre settori (Figura 18), ciascuno con caratteri litostratigrafici e strutturali che si distinguono in maniera evidente da quelli degli altri

⁶ (Bettelli e Panini, 1992; Bettelli et al., 2002)

settori. Per semplicità descrittiva i tre settori strutturali individuati nei territori dell'Unione sono di seguito informalmente denominati come *Settore meridionale*, *Settore centrale* e *Settore settentrionale* (Figura 18).

4.1.1. Il lineamento Interno e il Settore strutturale meridionale (territorio di Palagano)

Il **Lineamento Interno** (Bettelli et al., 2002), (Figura 18 e Figura 19) è composto da due strutture (faglie o, meglio, fasci di faglie), a direzione appenninica e a cinematica normale, che verso est confluiscono in un unico sistema, denominato da Bettelli e Panini (1992) come Linea della Santona.

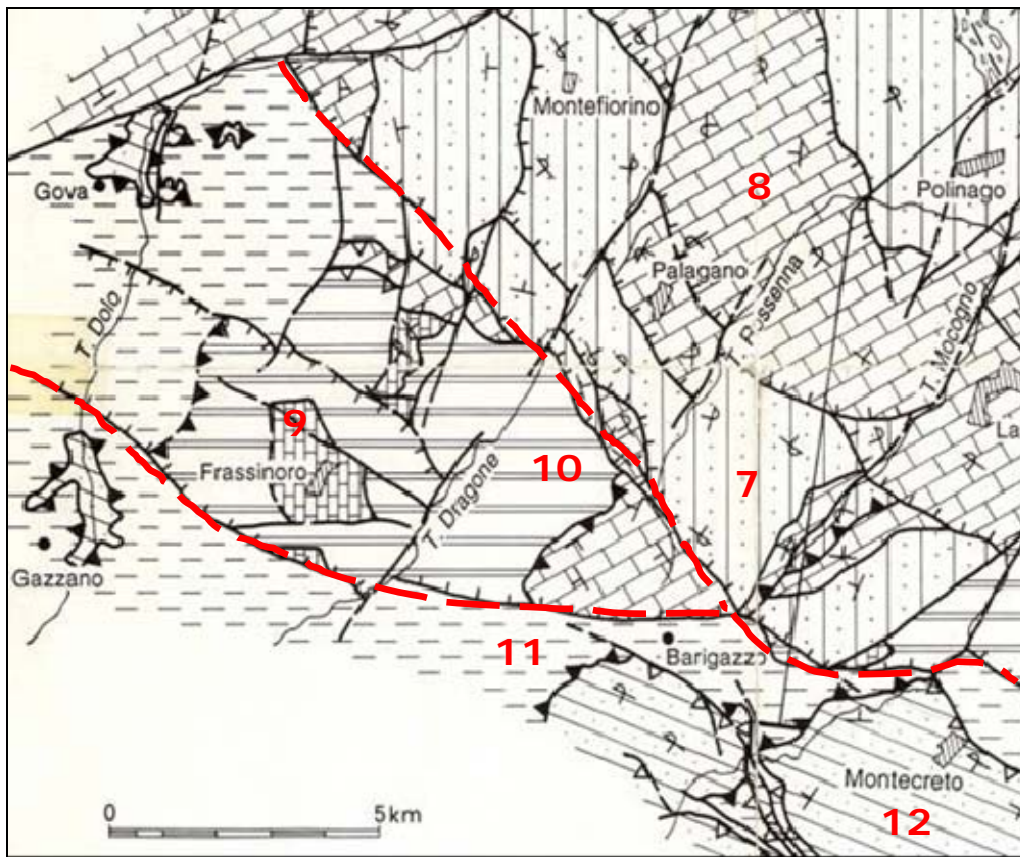


Figura 19 – Carta Geologico-strutturale schematica – estratto da (Bettelli e Panini, 1992). Legenda: 7) Formazione di Monghidoro; 8) Formazione di Monte Venere, 9) Flysch di Monte Caio, 10) Complesso di base I: Arenarie di P.gio Castellina (Arenarie di Frassinoro), Argilliti di P.gio Mezzature, argilliti variegata, torbiditi arenaceo-pelitiche, Argille a palombini; 11) Unità tettonica Sestola-Vidiciatico (Unità Ventasso); 12) Arenarie di Monte Cervarola. Elementi lineari: linea continua-faglia subverticale o trascorrente; linea con triangoli vuoti-faglia inversa; linea con triangoli pieni-sovrascorrimento; linea con lineette-faglia normale. La linea rossa tratteggiata individua il Lineamento Interno (o Linea della Santona) che a ovest di Barigazzo si suddivide in due diramazioni.

In corrispondenza di tale struttura tettonica si determina la giustapposizione delle unità toscane, a sud, con le Liguridi ribassate a nord, tra la Valle del Leo e la Valle dello Scoltenna (Figura 18 e Figura 19), funzione che si esercita anche lungo la diramazione sud, tra Barigazzo e la Val Dolo (a sud del Monte Cantiere), laddove a cavallo della Val Dragone si ha (nei pressi di Cargedolo) la

giustapposizione tra l'unità Modino⁷ (sotto-unità Ventasso) e l'Unità Ofiolitica del Val Baganza⁸. Per i settori in esame, occorre considerare anche il significato della diramazione nord della Linea della Santona, che giustappone l'Unità Monghidoro alle unità Liguridi geometricamente sottostanti (Unità Caio, Unità Venano, Unità Ofiolitica della Val Baganza) (Figura 17, Figura 18 e Figura 19). Alla macroscale l'effetto generale di tale strutturazione si risolve nel ribassare i settori posti a nord rispetto quelli posti a sud. Ne consegue che il Settore Meridionale di cui alla Figura 18 è caratterizzato dalla presenza di un substrato roccioso ascrivibile essenzialmente ad unità litostratigrafiche di pertinenza toscana, principalmente Unità Modino-Sottounità Ventasso (nota in letteratura anche come Unità Sestola-Vidiciatico).

4.1.2. Settore Centrale e lineamento Mediano (territori di Palagano e Montefiorino)

Il substrato roccioso del Settore Centrale è ascrivibile quasi completamente a unità litostratigrafiche Liguridi. Solo nella parte occidentale del territorio di Montefiorino, in Val Dolo, affiorano rocce ascrivibili alla sottounità Ventasso (dell'unità Modino) di pertinenza toscana, alle quali, localmente (poco a nord del Monte delle Coste), affiorano rocce⁹ di incerta collocazione stratigrafica (e paleogeografica) che a parere di alcuni studiosi evidenziano caratteristiche affini con unità riferibili al dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo (Plesi, 2002).

Nell'area compresa tra le due diramazioni del Lineamento interno affiorano rocce ascrivibili a diverse unità tettonico-stratigrafiche liguri (Plesi, 2002) tra le quali l'unità Monghidoro, l'unità Venano, l'Unità ofiolitica della Val Baganza e l'Unità Caio (Figura 17, Figura 18 e Figura 19); a nord, invece, affiorano quasi esclusivamente rocce ascrivibili all'Unità Monghidoro (Formazioni di Monte Venere e di Monghidoro) coinvolte in una struttura plicativa di importanza regionale nota in letteratura come Sinclinale della Val Rossenna (Bettelli e Panini, 1992) e, più in particolare, nel suo fianco rovesciato. Sebbene tale struttura plicativa sia ben ricostruibile alla scala sub regionale, essa comunque appare segmentata in settori longitudinali, più o meno relativamente ribassati l'uno rispetto all'altro, in corrispondenza di fasci di faglie (probabilmente normali) indicati nella Figura 18 come Lineamento Mediano, in realtà anch'esso formato da due insiemi di strutture fragili ad alto angolo, circa parallele, che tendono a ribassare i blocchi posti a nord relativamente a quelli posti a sud¹⁰.

4.1.3. Settore Settentrionale, sistema della Val Rossenna e Vicariante della Val Rossenna (territorio di Prignano)

Il Sistema della Val Rossenna e il Vicariante della Val Rossenna sono due insiemi di faglie ad alto angolo, inclinate verso sud, che ribassano i blocchi meridionali rispetto a quelli settentrionali. Il primo dei due insiemi pare essere inquadrabile come un sistema a rigetto normale, mentre la

⁷ L'unità Modino appartiene alle unità toscane, mentre l'Unità Ofiolitica della Val Baganza appartiene alle Liguridi.

⁸ Nella Figura 19 sono utilizzate le denominazioni rispettivamente di Unità Tettonica Sestola-Vidiciatico e Complesso di base I.

⁹ Arenarie di Gova nella Carta Geologica regionale.

¹⁰ In Bettelli e Panini, (1992) tali lineamenti sono denominati Linea Palagano-Case M. Santo Stefano e Linea di San Martino.

cinematica del secondo è dubbia e non facilmente risolvibile. Potrebbe trattarsi di un insieme di rampe frontali di vecchi sovrascorrimenti.

Il sistema della Val Rossena abbassa l'Unità Monghidoro, coinvolta nella Sinclinale della Val Rossenna, a una quota strutturale inferiore e la porta a giustapporsi alle Liguridi esterne dell'Appennino Modenese, nonché all'insieme strutturale (commistione di lembi formazionali liguridi, subliguridi e *incertae sedis*), noto in letteratura come Melange di Coscogno o Unità Tettonica Coscogno); giustapposizione tettonica che si perfeziona attraverso il sistema strutturale che qui è stato informalmente definito come Vicariante della Val Rossenna. L'unità Monghidoro resta pertanto delimitata, come areale di affioramento, a sud dal Lineamento Interno e, a nord, dal Sistema della Val Rossena–Vicariante della Val Rossenna. Nel Settore Centrale di Figura 19 è strutturata in maniera che prevalgono gli strati a polarità rovesciata¹¹, mentre nel Settore Settentrionale prevalgono le polarità diritte¹².

4.1.4. Settore della collina (territorio di Prignano)

È posto a nord del sistema Vicariante della Val Rossenna e, per quanto riguarda il territorio dell'Unione Comunale, è rappresentato esclusivamente dal settore più a nord del territorio di Prignano. Dal punto di vista geologico è caratterizzato dalla presenza di un substrato formato principalmente da rocce riferibili a unità appartenenti alla Successione Epiligure (Bettelli et al., 1989a, 1989b, 1989c). Si tratta di una successione sedimentaria (Bettelli et al., 1989b) sedimentatasi al di sopra delle unità Liguridi mentre queste venivano traslate verso NE dalle forze orogenetiche¹³ tra l'*Eocene inferiore – medio* e il *Tortoniano*.

4.1.5. Analisi morfostrutturale e strutture tettoniche trasversali

Attraverso l'analisi della presenza di strutture lineari o planari che si discostano dall'andamento medio dei versanti (resa possibile dal modello digitale delle quote – DEM), sono state identificate le strutture indicate in Figura 20 e in Figura 21. Tali strutture, da un'attenta disamina dei dati geologici di bibliografia, d'archivio o derivanti da rilevamento di campagna, coincidono per gran parte con limiti identificabili sulla base dell'interpretazione geologico–stratigrafica, o hanno comunque un andamento che corrisponde a quello di elementi geologico–strutturali identificati sulla base dei dati geologici (stratigrafici e strutturali).

Figura 20 e Figura 21 mostrano come l'area dell'Unione sia caratterizzata principalmente da lineamenti strutturali ad andamento appenninico (in verde nelle figure), circa NO–SE, e da lineamenti anti–appenninici (con direzione circa N210). I morfolineamenti a direzione appenninica mostrano un andamento grossolanamente curvilineo e appaiono riconducibili a piani ad alto

¹¹ Fianco rovesciato della Sinclinale della Val Rossenna.

¹² Fianco diritto della Sinclinale della Val Rossenna.

¹³ La Successione Epiligure è stata anche denominata in passato come Successione semialloctona o Semialloctona terziaria, proprio per il fatto di essersi sedimentata al di sopra delle Liguridi “in movimento” verso NE, con le quali quindi condivide un certo grado di alloctonia (variabile in base all'età delle formazioni considerate), ma non la provenienza paleogeografica in quanto sarebbe il risultato della deposizione all'interno di bacini “satelliti” o del tipo “piggy-back” (De Nardo et al., 1991).

angolo, o comunque molto inclinati; questi spesso coincidono (o comunque sono subparalleli) con le faglie normali e coi sistemi di faglie normali descritti precedentemente (Figura 18 e Figura 19: ad es. Lineamento Interno). In Figura 20 e Figura 21 sono indicati anche numerosi lineamenti ad assetto antiappenninico che formano un fascio di tracce sub-parallele, rettilinee (riferibili quindi a piani pressoché subverticali). Il fascio di strutture è riconoscibile per una larghezza di circa 12 Km (in senso NO-SE) e per una lunghezza di circa 25 Km in direzione trasversale alla catena (N210). Le evidenze morfologiche dell'esistenza di tale fascio di deformazioni fragili trasversali sono numerose:

- i corsi dei Torrenti Dragone, Rossenna (parte alta), Mocogno e di un tratto del Torrente Scoltenna, sono pressoché subparalleli (direzione circa N210); il lineamento lungo il T. Mocogno, oltre tutto, si pone come diretta prosecuzione di quello dello Scoltenna, mentre il lineamento che passa poco a est di Monchio si pone in prosecuzione di quello che si colloca a cavallo del corso del Dragone;
- lungo il T. Dragone e il T. Mocogno, principalmente in sinistra idrografica, si riconosce la presenza di forme, cosiddette “faccette triangolari” (*flatiron*), la cui interpretazione è generalmente ricondotta alla presenza di piani di faglia, che tagliano un versante determinando una discontinuità morfologica che, nella carta dell'esposizione (Figura 21) appare piuttosto evidente. Il dato è interessante, soprattutto per la Val Dragone, dove le faccette triangolari sembrano delineare un'unica struttura planare (una superficie a trend N210, ad alto angolo inclinata verso SE) lungo la quale si sarebbe impostata la valle medesima. Il dato è reso ancor più significativo dal fatto che le strutture sono individuabili sia nel tratto di valle a nord del ramo settentrionale della Linea della Santona (Figura 19), dove sono presenti rocce appartenenti all'unità Monghidoro, sia nel tratto a sud di tale lineamento tettonico dove affiorano invece le ofioliti e le argille a Palombini riferibili all'Unità Ofiolitica della Val Baganza;
- lungo il versante destro della Val Dragone si individuano lineamenti sub-paralleli (direzione N210) evidenziati da variazioni brusche dell'acclività, contropendenze, superfici sub-pianeggianti e deviazioni nell'andamento di linee di dorsale e crinali secondari. Detti lineamenti sono solo parzialmente mascherati dalla presenza di estesi corpi di frana. Non è escluso che la geometria e la diffusione degli stessi movimenti franosi possa essere stata controllata anche dall'assetto strutturale e, soprattutto, da contatti tettonici lungo faglie a direzione anti-appenninica (coincidenti con i lineamenti morfostrutturali);
- nel corso di sopralluoghi con rilevamento di campagna sono state osservate (su rocce ofiolitiche sia in destra che in sinistra del T. Dragone) diverse superfici di faglie mesoscopiche, anche di grandi dimensioni, subparallele al trend antiappenninico dei lineamenti morfostrutturali principali o comunque con assetti geometrici inquadrabili in uno schema riconducibile ad una fascia di deformazioni di taglio destro caratterizzata da un'orientazione all'incirca N210.

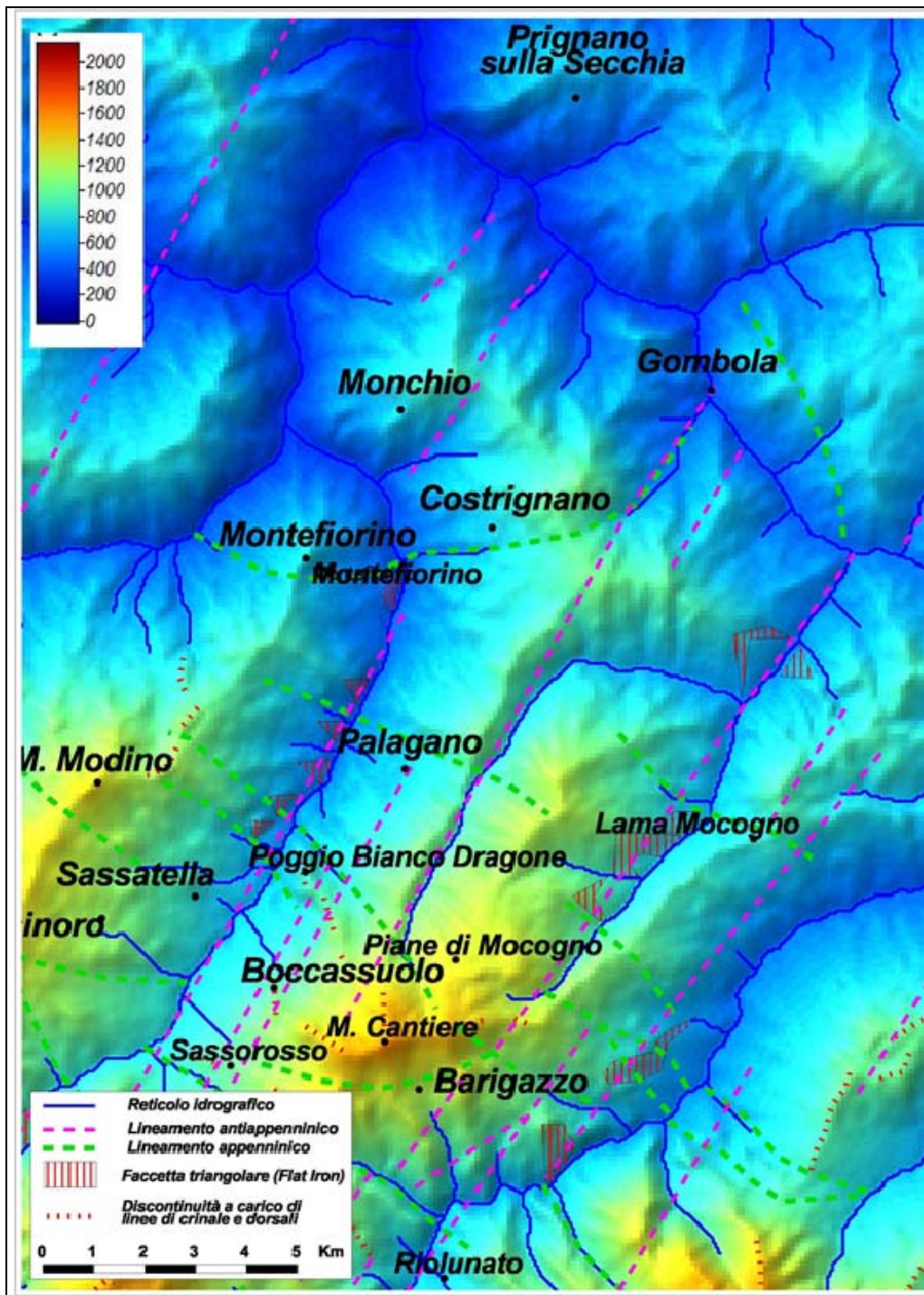


Figura 20 – Rappresentazione della topografia dell'area compresa tra la Val Dragone e la Valle dello Scoltenna tramite modello digitale del terreno (fonte dati: DEM SRTM, sito web NASA). Da: "Indagine geologico - ambientale", a cura dello Studio Geologico Ambientale "Arkigeo" del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, per il Piano Strutturale Comunale dell'Unione di Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia" (Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia).

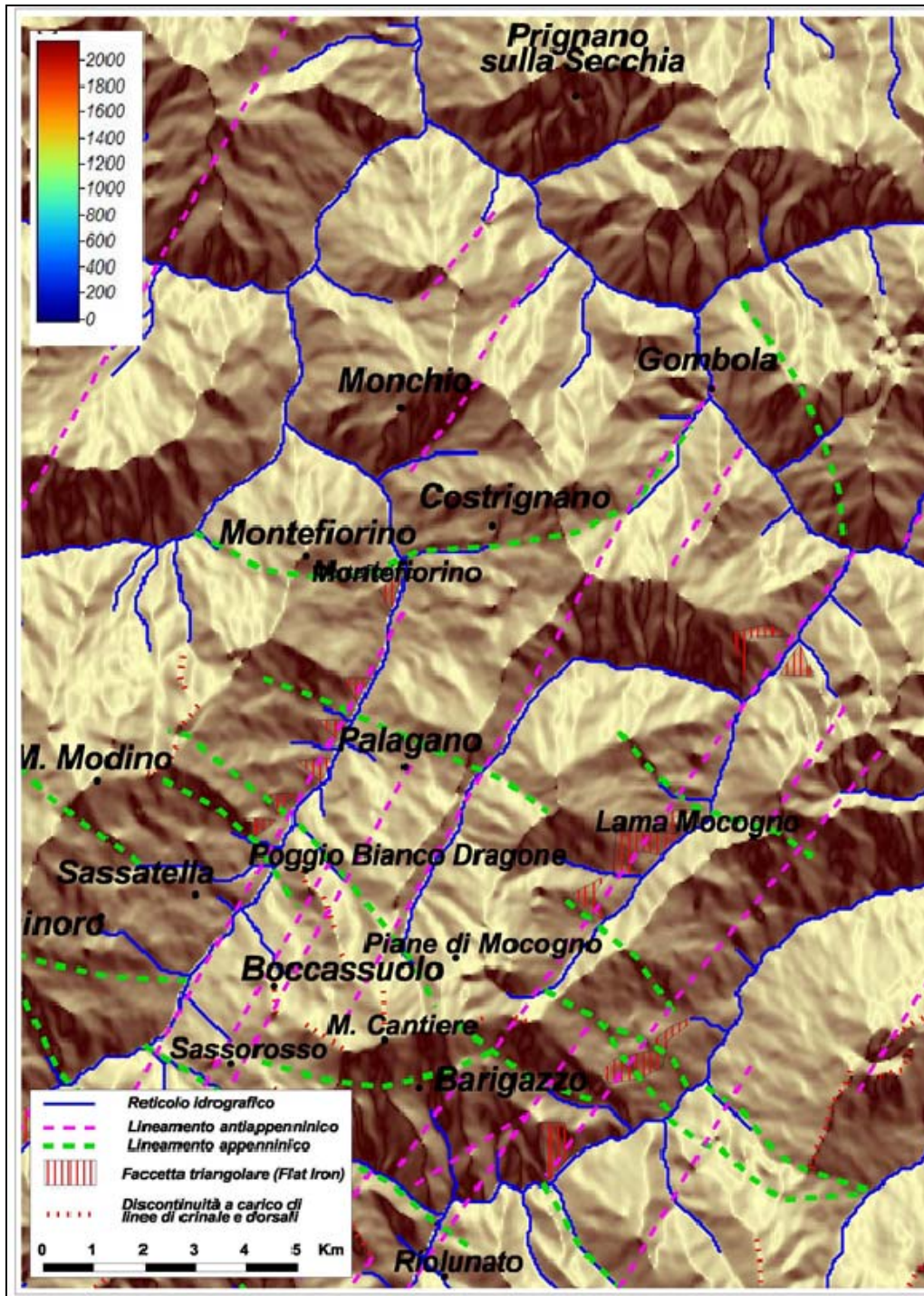


Figura 21 – *Aspect map* (carta dell'esposizione) elaborata a partire dal DEM di cui alla figura precedente. La carta descrive l'orientazione, rispetto al nord, di ciascuna cella che forma il DEM. Tale elaborazione permette di accentuare maggiormente il risalto di certe forme topografiche (crinali, fondivalle, scarpate, superfici relitte, faccette triangolari (*flat iron*), ecc.), evidenziando l'esistenza di strutture e forme. Da: "Indagine geologico - ambientale", a cura dello Studio Geologico Ambientale "Arkigeo" del Dott. Geol. Giorgio Gasparini, per il Piano Strutturale Comunale dell'Unione di Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia" (Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia).

4.2. Geologia dell'area oggetto di analisi di MS3

L'area di studio è cartografata, nel Foglio 235 "Pievepelago" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000 (Figura 22), per quanto riguarda la zona grossomodo corrispondente al villaggio artigianale di Cà di Vinchio, come corpo di frana senza indizi di evoluzione sul substrato roccioso della Formazione di Montevenere (MOV); a SO, invece, viene cartografata una frana in evoluzione, sempre su substrato di MOV, separata dalla prima. In tutta l'area interessata dal corpo di frana in esame, gli strati della Formazione di Montevenere risultano rovesciati, poiché probabilmente appartenenti al fianco (rovesciato) dell'ampia sinclinale ultra-coricata della Val Rossenna (Bettelli e Panini, 1992), formatasi nella fase tettonica ligure. L'immersione molto variabile degli strati è stata spiegata dagli autori invocando fasi di deformazione e piegamento successive a quella in cui si sono formati i fianchi delle pieghe principali. I pochi assetti più prossimi rivelano una immersione verso SO con un'inclinazione prossima a 30° (giacitura rovesciata), rilevati in prossimità del nucleo abitato di Casa Cinqui (Figura 22), nel settore sud-orientale del corpo di frana dove più frequenti sono gli affioramenti rocciosi.

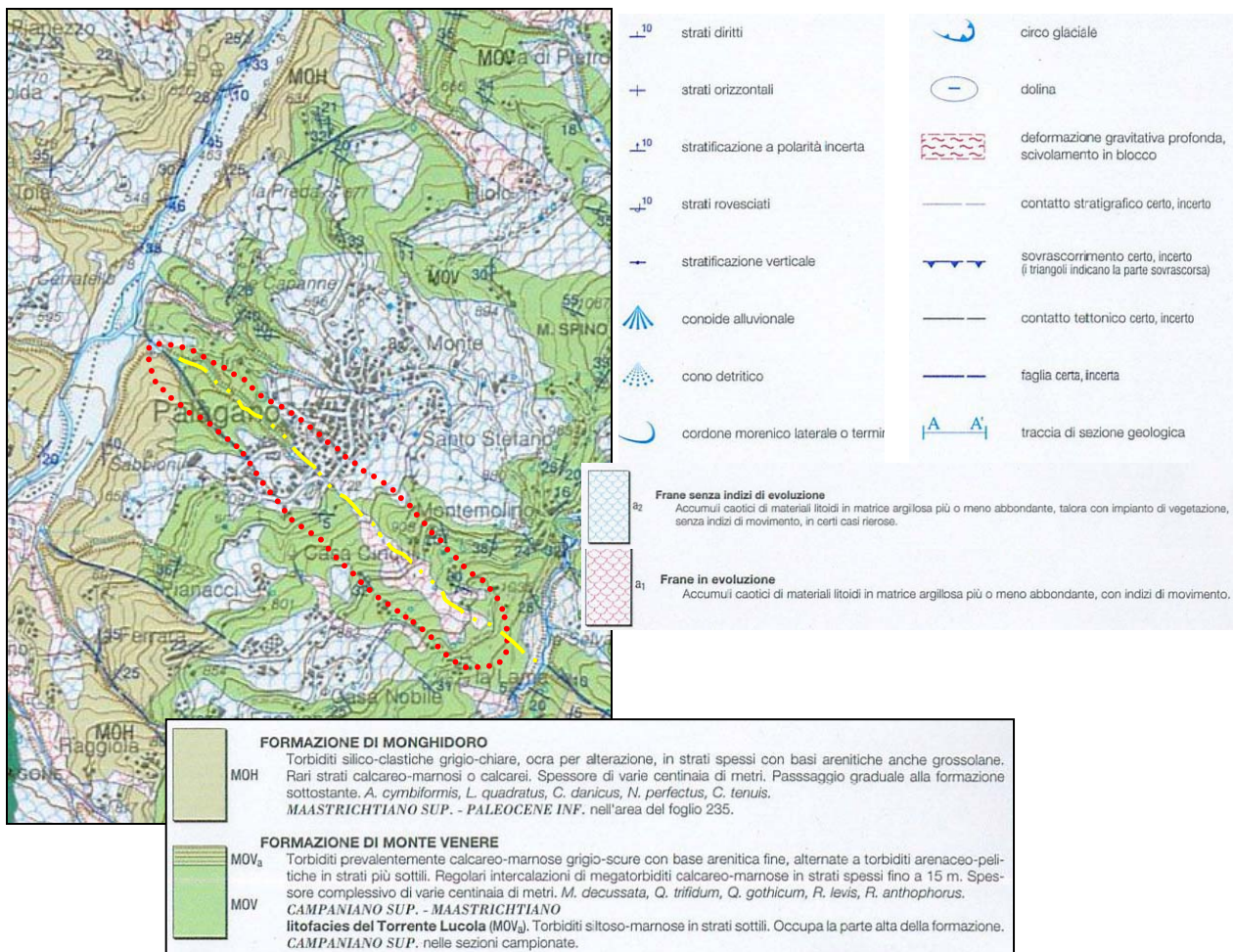


Figura 22 – Stralcio del Foglio 235 "Pievepelago" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000. Il perimetro rosso tratteggiato circonda l'area di studio. La linea gialla tratteggiata indica una faglia la cui presenza è ipotizzata a seguito del rilevamento eseguito per questo studio.

La zona altimetricamente al di sotto della Strada Statale 28, corrispondente con il villaggio artigianale, non è interpretata come parte basale della frana in evoluzione, bensì come frana senza indizi di evoluzione e senza soluzione di continuità con la prima. La zona di distacco corrisponderebbe ad un'ampia area a superficie topografica concava compresa tra il cimitero e il fosso adiacente, verso ovest, all'oratorio. La restante porzione dell'area in esame, a valle della frana senza indizi di evoluzione, viene interpretata come substrato geologico affiorante, coinvolto da una faglia sub-rettilinea su cui è impostato il fosso di cui sopra. Il rilevamento eseguito, per questo studio, in quest'ultima porzione basale dell'area esaminata, ha permesso di identificare alcuni affioramenti rocciosi. Il primo di questi (nr. 1 in Figura 23) ha giacitura $230^{\circ}/33^{\circ}$ (direzione d'immersione/inclinazione). A pochi metri di distanza (nr. 2) è presente una parete in roccia, di altezza di circa 3 m. Si tratta di calcilutite stratificata, con giacitura $70-80^{\circ}/27^{\circ}$ e con due famiglie di joint subverticali con direzione 120° e immersione SO e NE. Un ulteriore affioramento di arenaria è stato rilevato nella zona nr. 3, con giacitura $110^{\circ}/32^{\circ}$ e joint sub-verticali con direzione di 70° . Il Fosso d'Aravecchia scorre lungo il fianco nord-orientale del corpo di frana in esame. Il fondo del letto risulta essere costituito da blocchi di calcarenite, con diametri sub-metrici, in matrice fine, costituita da sabbie limo-argillose. Seguendo il corso d'acqua verso valle, sulla sponda destra (nr. 4) affiora calcilutite con giacitura $80^{\circ}/35^{\circ}$, con una coltre detritica sovrastante dell'ordine di 2-3 m di spessore. All'intersezione tra il Fosso d'Aravecchia ed il Fosso Rovinella (nr. 5), è stata individuata una sorta di "briglia" naturale in roccia arenitica, sub-orizzontale, con joint verticali di direzione 260° .

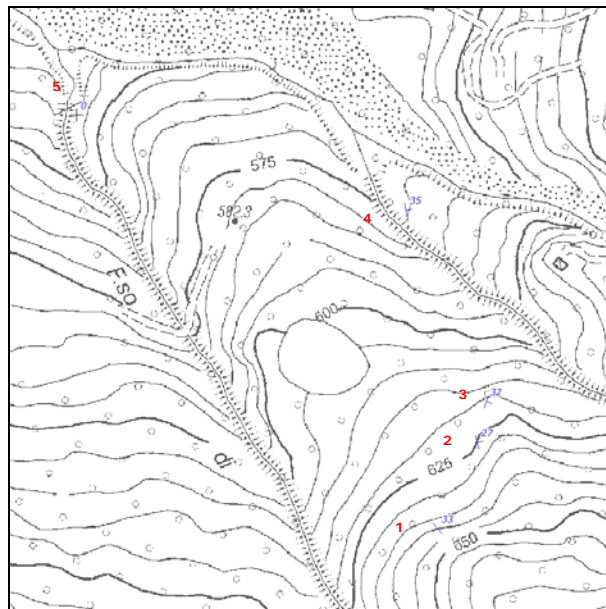


Figura 23 - Ubicazione delle misurazioni delle giaciture relative agli affioramenti individuati durante il rilevamento geologico-geomorfologico per questo studio. Descrizione nel testo.

Come si può vedere, anche qui le giaciture mostrano una variabilità molto ampia, così come le direzioni delle famiglie di fratture. Ciò induce a considerare le giaciture misurate non tanto proprie di affioramenti di roccia in posto, quanto di porzioni di substrato roccioso disarticolate dall'azione meccanica esercitata lungo lineamenti tettonici, che si possono far corrispondere con la faglia tracciata in Figura 22 e con una sua parallela passante in corrispondenza del fosso d'Aravecchia.

Immaginando di prolungare verso SE il secondo lineamento tettonico, questo attraverserebbe longitudinalmente il corpo di frana in evoluzione e potrebbe congiungersi alla faglia tracciata ad est di località “La Lama”. Si sarebbe, quindi, in corrispondenza di un “fascio” di due faglie ad alto angolo, che hanno ribassato il settore nord-orientale, di tetto, rispetto a quello sud-occidentale, di letto.

Concludendo, secondo quanto osservato in occasione del rilevamento, l’interpretazione data dal Foglio geologico al 50.000 della porzione d’area di studio a valle dell’area artigianale, ovvero di roccia affiorante, è condivisibile, mettendone allo stesso tempo in evidenza l’alto grado di fratturazione.

4.3. Inquadramento geomorfologico

Da un’osservazione anche sommaria degli elementi che caratterizzano il paesaggio dei territori dell’Unione, è evidente che, al di là dei condizionamenti strutturali di cui si è parlato nei capitoli precedenti, l’azione della forza di gravità e delle acque incanalate sono gli agenti che in maggiore misura contribuiscono alla morfogenesi recente ed attuale.

4.3.1. Frane

Pressoché tutti i versanti dei corsi d’acqua principali (Secchia, Dolo, Dragone e Rossenna) sono interessati dalla presenza di corpi franosi che, in vari casi, si allungano per tutto o quasi tutto lo sviluppo del versante medesimo (secondo la direzione di massima pendenza).

Secondo quanto riportato in (Garberi et al., 1999), il territorio di Montefiorino è interessato da corpi franosi per una percentuale compresa tra il 40 e il 50 per cento, mentre i territori di Prignano e Palagano sarebbero interessati da frane per una percentuale compresa tra il 20 e il 30 per cento dell’intero territorio comunale. Sempre secondo quanto riportato nella pubblicazione citata, i chilometri totali di infrastrutture viarie interessate da frane attive o che insistono su frane quiescenti sarebbero rispettivamente: oltre 32 nel territorio di Montefiorino (pari a circa il 47% del totale), oltre 26 nel Comune di Palagano (pari a poco più del 38% del totale) e oltre 30 nel Comune di Prignano (pari a oltre il 27% del totale).

In linea generale, le tipologie di frana più frequenti, per quanto riguarda la dinamica di movimento, sono: *traslativa*, *roto-traslativa*, *colata* o, più spesso, *complessa*. La genesi è favorita dall’alta energia del rilievo (elevato dislivello tra crinale e fondo valle), dall’assetto strutturale (strati a franapoggio, oppure strutturazione del rilievo caratterizzata da presenza di rocce a componente prevalentemente lapidea nelle parti elevate del versante e rocce a componente prevalentemente argillitica nelle parti medio basse del medesimo) e da abbondanti precipitazioni totali annue, che possono, in talune annualità, ripartirsi in piogge concentrate in certi periodi dell’anno, tanto che molti eventi franosi sembrerebbero essersi attivati in coincidenza di eventi pluviometrici particolarmente intensi e/o prolungati (si veda, a proposito, il recente articolo presente sul numero 47 della rivista “Il Geologo dell’Emilia-Romagna”, a cura di Tellini, 2013).

La propensione alla franosità dei territori in esame è testimoniata sia dalla documentazione storica (ad. es. Brunamonte, 2003) sia dai numerosi studi e segnalazioni che hanno interessato e interessano tutt'ora gli areali dell'Unione.

Il sistema delle frane che scendono dal Monte Modino (Figura 24) ne è un chiaro esempio, sia in riferimento ai danni che i versanti interessati (sia in destra Dolo che in sinistra Dragone) hanno subito storicamente, ma anche recentemente, sia per gli sforzi materiali ed economici che sono stati impegnati per lo studio di tali fenomeni franosi e per la risistemazione di manufatti e infrastrutture viarie che, a più riprese, anche nel recente passato, sono stati danneggiati dai movimenti di versante (Leuratti et al., 2007). Da evidenziare come si tratti, spesso, di frane la cui origine è molto antica (diverse migliaia di anni secondo alcune datazioni radiometriche) (Leuratti et al., 2007) e che hanno contribuito a modificare le forme e la percezione del paesaggio locale sia lungo i versanti che nei fondivalle.

Evidenze morfologiche, ma anche testimonianze recenti, indicherebbero, ad esempio, che le frane della “Lezza Nuova” e di “Tolara” (Figura 24) avrebbero ostruito a più riprese il corso del Torrente Dragone, dando luogo alla formazione di laghi di sbarramento effimeri (Soldati e Tosatti, 1993). L'area di Monte Modino non è comunque l'unica sede di movimenti gravitativi di versante importanti ad avere destato l'interesse di studiosi e degli organi tecnici preposti al monitoraggio e alla sicurezza del territorio.

Numerose sono le forme gravitative di versante che, nel tempo, sono state oggetto di studio, di interventi di messa in sicurezza o di ripristino, o comunque soggette a monitoraggio periodico; tra queste, oltre al citato sistema delle frane del Monte Modino (Comuni di Montefiorino, Palagano e Frassinoro), si ricordano la frana di Saltino–La Volta (Comune di Prignano, fianco destro della valle del F. Secchia), le frane di Castelvecchio–Case Olivieri (Comune di Prignano, fianco destro della valle del F. Secchia), le frane di Boccassuolo e dell'area del Cinghio del Corvo (Comune di Palagano, fianco destro della Valle del Torrente Dragone); la frana sul versante orientale di Montefiorino (Comune di Montefiorino, fianco sinistro della Valle del Torrente Dragone); la frana di Ponte Dolo (Comune di Montefiorino, fianco destro della Valle del Torrente Dolo) ecc.

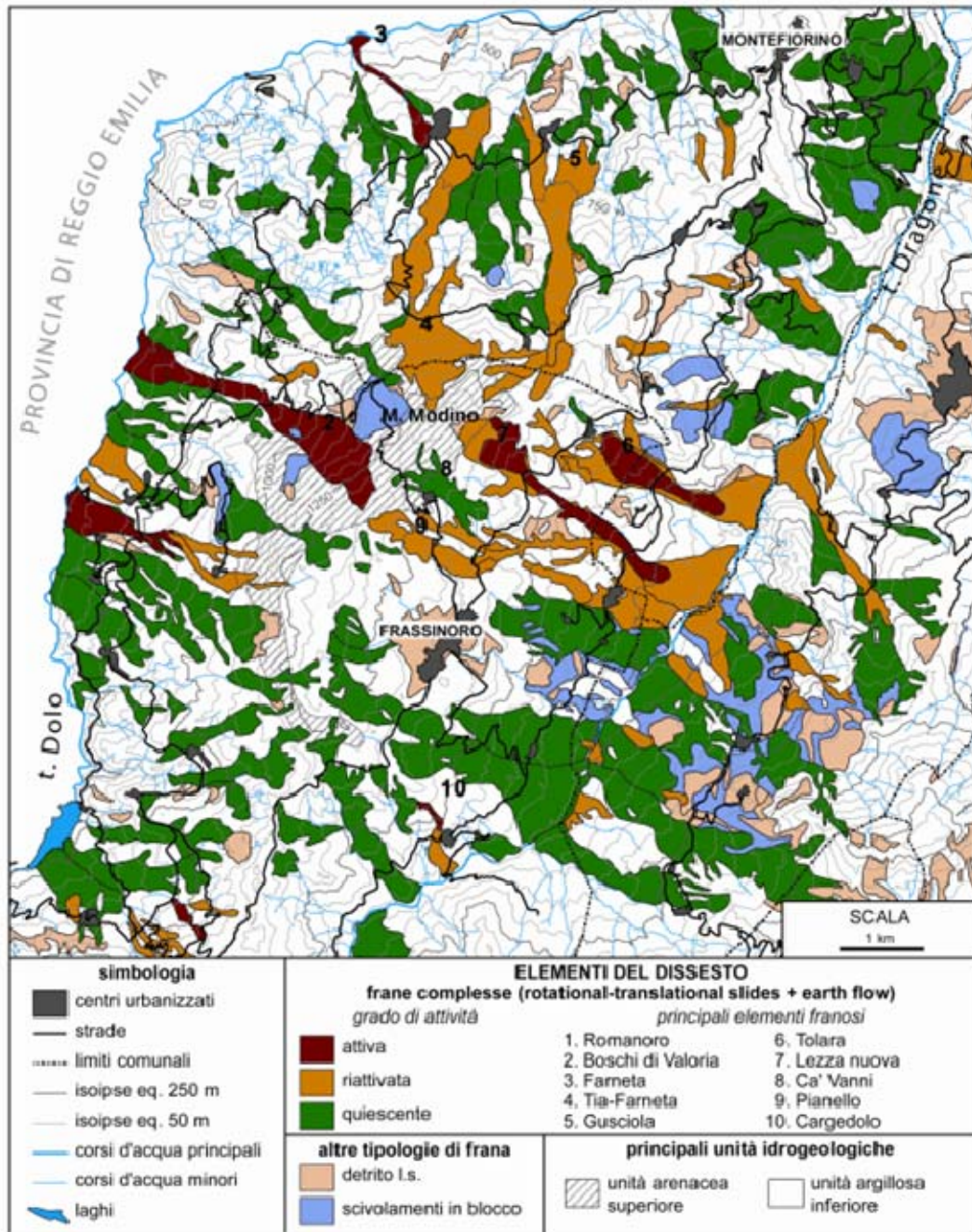


Figura 24 – Carta geomorfologica della dorsale compresa tra Frassinoro e Montefiorino (Valli dei Torrenti Dolo e Dragone). Sono individuate, con un numero di riferimento, le frane che scendono dal Monte Modino (estratto da Leuratti et al., 2007).

4.3.2. Altri depositi di versante di varia genesi

La carta idro-geomorfologica del redigendo PSC dell'Unione riporta, mutuandoli dalla carta geologica regionale, gli accumuli detritici di versante ascrivibili a processi diversi dalle frane (Figura 26). Si tratta di depositi eolici (o interpretati come tali), palustri o da riempimento di laghetti, eluviali, colluviali e, ovviamente, di genesi mista. Data la loro estrema eterogeneità

genetica e composizionale, non è possibile, in questa sede, descriverne in modo specifico le caratteristiche litotecniche (resistenza, compattezza, grado di alterazione ecc.) ed individuarne precisi spessori. Questi ultimi sono identificabili solo in pochissimi casi puntuali, in corrispondenza di sondaggi geognostici. La loro presenza può comunque giocare un ruolo importante nell'amplificazione stratigrafica dell'input sismico.

Come si può vedere in Figura 26, i depositi di versante di genesi mista sono in gran parte distribuiti sul versante occidentale del crinale che va da Monte Santa Giulia fino a Monte Cantiere e, in particolare, nel settore a nord del Capoluogo; la genesi è "genericamente" definita come "di versante", ma considerata la loro prossimità a corpi di frana cartografati, potrebbero anche essere identificati come depositi di frana stabilizzati o relitti.

4.3.3. Morfologie legate all'azione delle acque di ruscellamento superficiale

RETICOLO IDROGRAFICO

Nei territori dell'Unione Comunale, oltre alla forza di gravità, il principale agente morfologico del paesaggio è rappresentato dalle acque di ruscellamento superficiale che danno forma al reticolo idrografico il quale ha nei Torrenti Dolo, Dragone, Rossenna e Fiume Secchia gli assi principali; il suo andamento generale, come detto precedentemente, è spesso influenzato dall'assetto strutturale e dal substrato litologico.

Le principali aste fluviali presentano un andamento sostanzialmente parallelo tra di loro (Figura 25), per lo meno nei settori Meridionale e Centrale di Figura 18 e, per il Secchia, anche nei settori settentrionali e della collina. Tale andamento rispecchia sostanzialmente quello delle faglie trasversali di cui si è parlato diffusamente in precedenza (Figura 20 e Figura 21). In realtà, il torrente Dolo conserva tale andamento più a sud, nel Comune di Frassinoro, mentre tende a deviare verso est nel territorio di Montefiorino, fino quasi alla confluenza col Dragone. Tale andamento è ancora fortemente controllato dalle macrostrutture geologiche. In tale settore, la presenza di una faglia posta in coincidenza proprio del torrente determina il forte abbassamento relativo del blocco settentrionale (in Provincia di Reggio Emilia) con giustapposizione delle unità liguri (Unità Tettonica Monghidoro), a nord, alle unità toscane della Finestra tettonica di Gova. L'entità del rigetto verticale supererebbe i 3000 m sulla base dei dati derivanti da una perforazione profonda nei pressi di Quara, sul versante reggiano della Val Dolo (Anelli et al., 1994) e il risultato di tale strutturazione alla macroscale avrebbe come conseguenza anche la deviazione indotta dalla presenza di rocce meno erodibili (formazioni di Monghidoro e Monte Venere) che farebbero da ostacolo alla progressione fluviale e avrebbero deviato il corso fluviale dal generale andamento SO-NE, riscontrato, invece, in tutte le aste fluviali principali. Sempre a cause strutturali e legate alla natura del substrato sarebbe dovuto anche l'andamento del segmento più a valle del Torrente Rossenna (tra il comune di Polinago e quello di Prignano), laddove l'affiorare del nucleo della sinclinale della Val Rossenna porta a giorno le rocce più erodibili (a natura prevalentemente argillitica) del Complesso del Rio Cargnone e, in generale, della Successione della Val Rossenna (parte alta della Successione che ha dato origine all'Unità Tettonica Monghidoro).

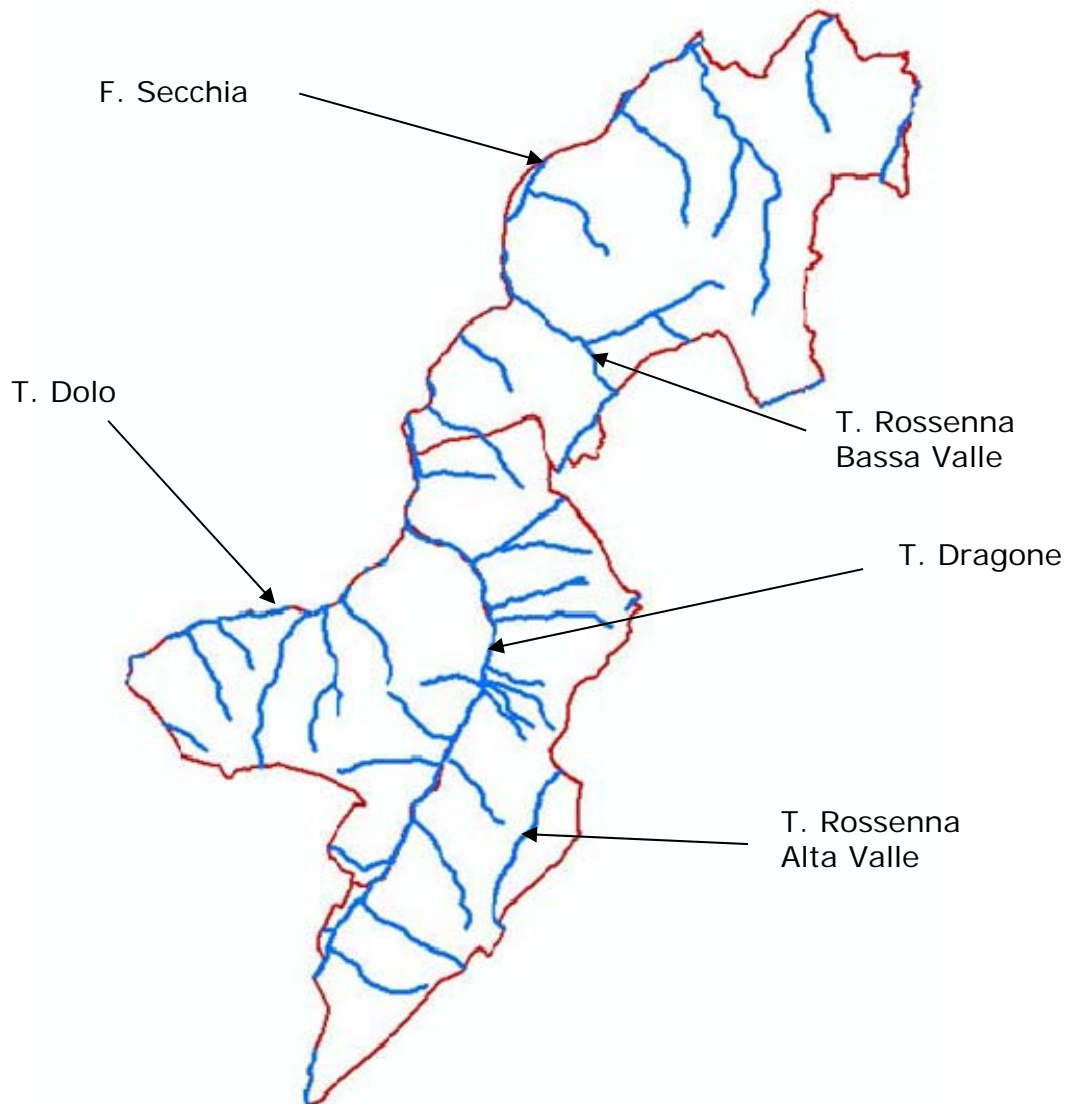


Figura 25 – Schema del reticolo idrografico dei territori comunali di Montefiorino, Palagano e Prignano sulla Secchia.

DEPOSITI FLUVIALI DI FONDOVALLE E TERRAZZATI

Nella carta idro-geomorfologica del redigendo PSC dell'Unione (a cui si rimanda per completo riferimento), sono indicati i depositi fluviali, distinti secondo l'ordine di terrazzamento locale. Seguendo i contenuti della carta geologica regionale, i depositi fluviali sono stati distinti in sei ordini di terrazzi morfologici partendo dai depositi di alveo attuali (identificati come terrazzi numero 0 e numero 1) fino ai resti di depositi fluviali terrazzati a quote anche di diverse decine di metri rispetto all'alveo attuale (terrazzi di ordine 3, 4 e 5).

I terrazzi di ordine superiore sono interpretabili come i resti dell'alveo di epoche antiche (anche pre-Olocene) che, per effetto del sollevamento generalizzato della catena appenninica, sono stati erosi e in generale in minima parte preservati come forme di terrazzo morfologico. Tra questi si distinguono, per la notevole ampiezza e continuità, i terrazzi morfologici presenti nel territorio di Prignano (loc. Le Piane e Casa Azzani), in destra Secchia. Si tratta di estese superfici pianeggianti

che si sviluppano parallelamente al corso fluviale complessivamente per circa 2 chilometri, con una larghezza che raggiunge anche i 200 m e sono delimitate verso fiume da una scarpata subverticale di oltre 40 m di altezza. La presenza in alveo di rocce scarsamente erodibili (Formazione di Pantano) ha fatto sì che il fiume abbia scavato una gola stretta (nota come Stretta del Pescale) lasciando in alto i resti di un'antica piana valliva, ben preservata, caratterizzata dalla presenza in superficie di alcuni metri di depositi fluviali antichi che, al bordo del versante, sono localmente ricoperti da materiali di natura eluvio-colluviale o gravitativa.

Oltre ai depositi fluviali terrazzati, nella Carta Idro-geomorfologica del redigendo PSC sono individuati anche i conoidi alluvionali, solitamente localizzati in corrispondenza della confluenza tra due corsi d'acqua.

Come si vede da Figura 26, i depositi alluvionali terrazzati sono ovviamente limitati agli alvei attuali dei corsi d'acqua principali, ovvero dei torrenti Dolo e Dragone e, con estensioni relativamente maggiori, in prossimità della confluenza tra i due torrenti, ove sono presenti anche terrazzi di ordine 1.

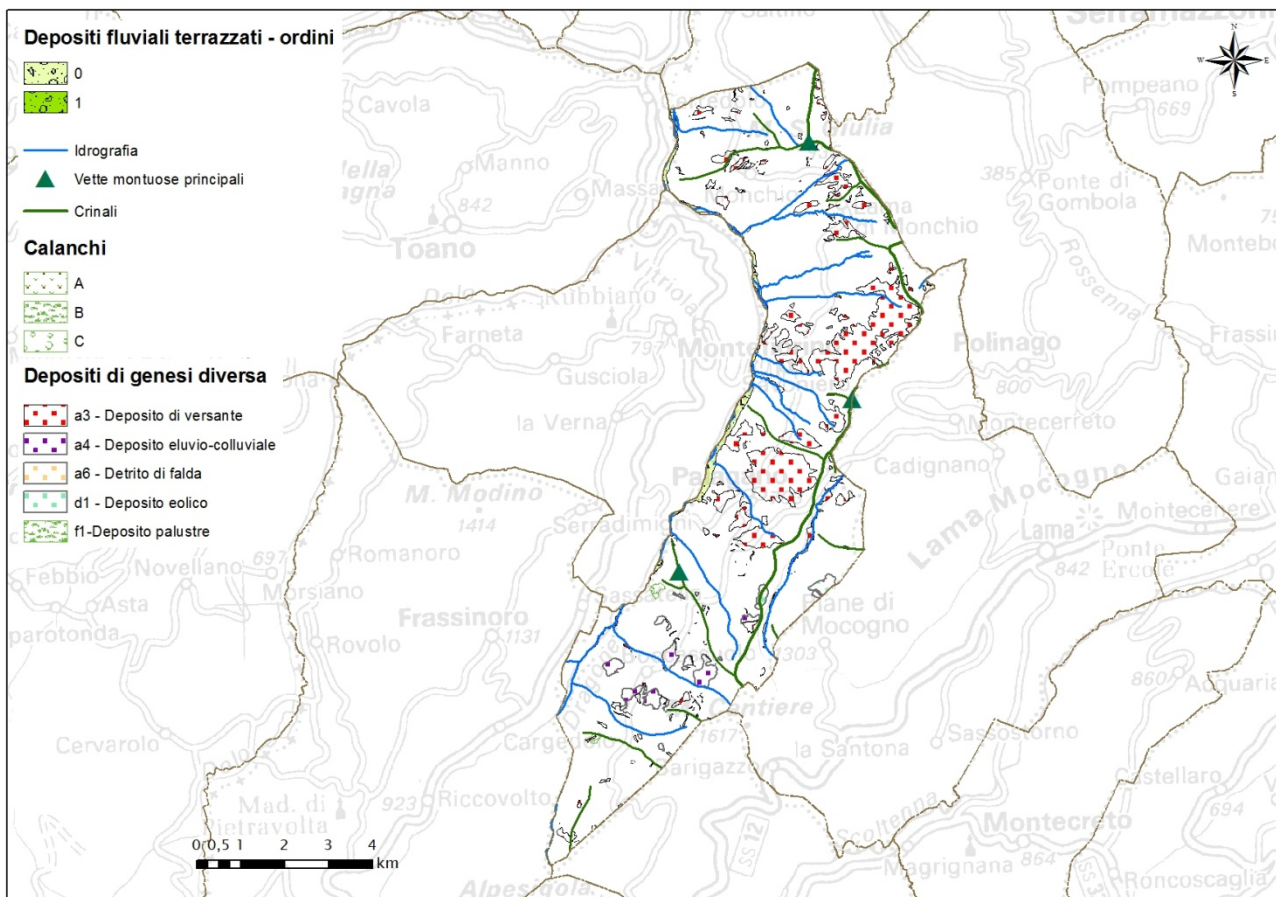


Figura 26 – Distribuzione dei depositi alluvionali terrazzati (solo ordini minori), dei depositi di genesi diversa e dei calanchi nel territorio comunale di Palagano. Tematismi vettoriali estratti dalla Carta Idro-geomorfologica del redigendo PSC dell'Unione dei Comuni delle Valli Dolo-Dragone-Secchia.

CALANCHI

I calanchi sono forme erosive derivanti dall'azione del ruscellamento concentrato delle acque meteoriche. Si formano su terreni a comportamento geomeccanico plastico, generalmente

sovracconsolidati. Nelle fasi genetiche iniziali si origina una vallecchia principale, dalla quale si diramano poi altre vallecchie di ordini via, via inferiori. Il processo procede generalmente per arretramento delle testate delle varie vallecchie e conseguente riduzione dello spazio tra una vallecchia e l'altra; si formano, in tal modo, dorsali ripide e strette ("a lama di coltello"). La genesi delle forme calanchive è favorita dall'assetto a reggipoggio della stratificazione, che permette la formazione di versanti ripidi nei quali prevalgono i fenomeni erosivi rispetto a quelli franosi (i quali sono generalmente favoriti da pendenze più dolci e concavità pronunciate della superficie topografica). Le forme calanchive mature presentano una struttura ad anfiteatro, tuttavia fattori strutturali e litologici possono condizionarne l'aspetto. Spesso si possono avere forme miste, in cui ai fenomeni erosivi *strictu sensu* si associano fenomeni franosi: laddove questi ultimi prevalgono, le forme risultanti vengono dette pseudo-calanchive.

Considerate le caratteristiche geologico-strutturali precedentemente descritte, ne deriva che le forme calanchive si concentrano prevalentemente nella parte nord del territorio di Prignano. Alcune forme sono presenti nel territorio di Montefiorino, nella zona a ovest, mentre in Palagano sono quasi completamente assenti.

Nella carta idro-geomorfologica del redigendo PSC sono state riportate le forme calanchive riprese dal PTCP, in quanto non è stata ravvisata l'esistenza di ulteriori simili morfosculture cartografabili. Dallo stesso PTCP è stata anche mantenuta la classificazione in calanchi peculiari (A), Calanchi tipici (B) e Aree (o zone) sub-calanchive (C).

4.4. Geomorfologia dell'area oggetto di analisi di MS3

Dal punto di vista geomorfologico, l'area di studio ricade all'interno di un ampio versante che, dalla linea spartiacque tra il bacino del torrente Dragone e quello del torrente Rossenna, scende verso il torrente Dragone con esposizione NO (Figura 27). La caratteristica geomorfologica maggiormente evidente è l'ampio deposito detritico di versante su cui sorge l'intero abitato di Palagano. Il deposito, che ricopre gli strati della Formazione di Monteverene (MOV), è caratterizzato da una superficie topografica non troppo dissimile da quella caratteristica delle aree che lo circondano, ove affiorano gli strati della Formazione di Monteverene. Questa evidenza potrebbe essere indicativa di uno spessore del deposito stesso non rilevante, non sufficiente ad addolcire le asperità morfologiche del substrato roccioso sub-affiorante che, a luoghi, anche all'interno dell'abitato, creano sensibili dislivelli.

L'altro evidente elemento morfologico è rappresentato dal deposito di frana quiescente oggetto della presente analisi di MS3, identificato dalla cartografia geologica regionale come "a2g": deposito di frana quiescente complessa, che si estende per circa 2 km con direzione SE-NO da località "Montevecchio" fino alla confluenza dei due fossi d'Aravecchia e Rovinella. Peculiare è proprio la sua lunghezza, ma forse ancor più la sua forma rettilinea che ne invoca una possibile impostazione in corrispondenza di una frattura tettonica ad andamento appenninico. Frattura che, in base all'interpretazione geologica data nel capitolo 4.2, avrebbe origine dalla confluenza dei fossi d'Aravecchia e Rovinella e continuerebbe con andamento rettilineo fino almeno in prossimità di località "Montevecchio", ovvero in corrispondenza della testata di frana.

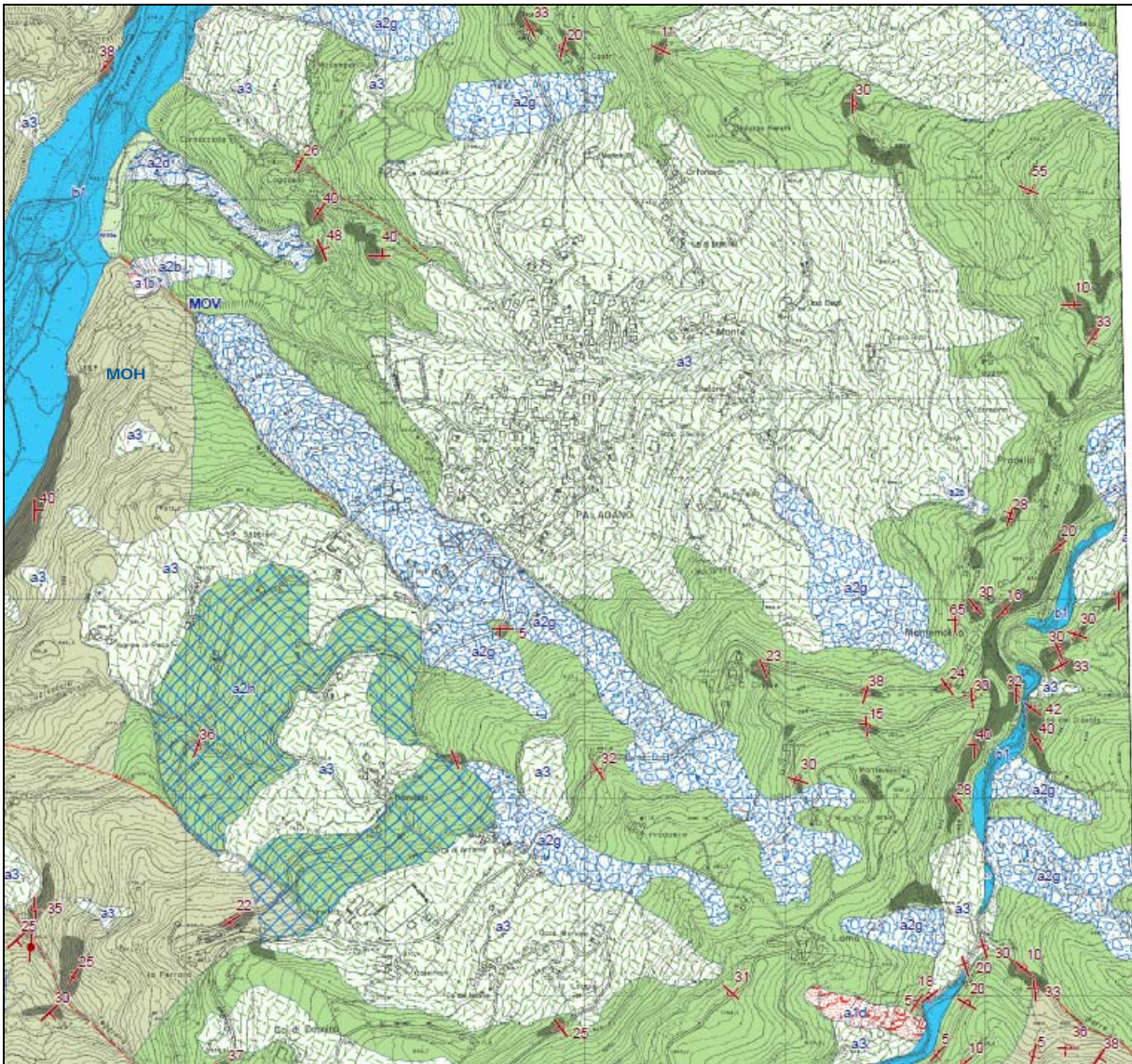


Figura 27 – Stralcio della Sezione 235080 “Palagano” della carta Geologica a scala 1:10.000 dell’Appennino emiliano-romagnolo della Regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (Rilevamento geologico originale eseguito alla scala 1:10.000, negli anni 1982\1996. Revisione della banca dati regionale, relativo aggiornamento delle unità geologiche e coperture eseguiti alla data 25\03\2009). **Legenda** – MOV: Formazione di Montevenere; MOH: Formazione di Monghidoro; a2g: deposito di frana quiescente complessa; a2h: deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV; a2b: deposito di frana quiescente per scivolamento; a1b: deposito di frana attiva per scivolamento; a3: deposito di versante s.l.

L’intero corpo di frana, quindi, sarebbe delimitato, in linea di massima, dai due lineamenti tettonici, almeno nella porzione a valle della SP28, mentre a monte della stessa s’imposterebbe sul solo lineamento nord-orientale. La testata di frana è composta da tre zone di alimentazione confluenti, di superficie topografica concava. Già all’altezza di località “Pradasino”, la forma della superficie topografica diviene convessa, mantenendosi tale fino al cimitero, facendo supporre la presenza di un ampio settore d’accumulo; in realtà, la regolarità della spaziatura delle isoipse, paragonabile a quella dei vicini affioramenti di roccia in posto, induce ad interpretare l’eventuale deposito di frana come superficiale, anche qui non sufficiente ad addolcire le asperità del substrato roccioso, in particolare nel tratto a valle della strada che congiunge C. Cinque e Cà di

Antonio dove si incontrano almeno due gradini morfologici caratterizzati da sensibile incremento dell'acclività.

A monte di Cà di Vinchio si apre un'ampia superficie concava, che si estende dal cimitero all'oratorio. All'intersezione tra questa superficie e via Cà di Vinchio inizia una superficie piana, leggermente inclinata verso NO, delimitata a SO e a NE dai due fossi d'Aravecchia e Rovinella, che da qui mostrano un maggiore approfondimento dell'alveo. Questo maggiore approfondimento si accompagna a sponde con sensibile inclinazione, soggette ad erosione da parte dei corsi d'acqua che, a luoghi, può dare origine a limitati scivolamenti di terra. L'ampia superficie piana si estende sino all'isoipsa di quota 685 m, ovvero fino al lato di valle degli ultimi capannoni artigianali in località Casina. Da qui, la forma delle isoipse diviene convessa verso valle, con raggio di curvatura molto basso e maggiormente ravvicinate, riconducibile ad una condizione morfologica di cresta in roccia. Diffusi, lungo le sponde dei fossi, sono i fenomeni di scivolamento di terra, causati dall'erosione spondale operata dai due corsi d'acqua sulla coltre detritica più superficiale, che generano nella superficie topografica concavità di limitata estensione, che si susseguono in serie fino alla confluenza dei due fossi.

E' proprio in corrispondenza di questa lunga dorsale che il rilevamento ha permesso di individuare diversi affioramenti rocciosi, descritti nel capitolo 4.2. Tali affioramenti, seppur frequenti, sono piuttosto limitati nello spazio e di giacitura estremamente variabile, caratteristiche, queste, che inducono ad ipotizzare la presenza, in quest'area, di un substrato roccioso affiorante, ma estremamente fratturato. Quest'ultima condizione dà ragione dei grandi blocchi rocciosi che si trovano all'interno degli alvei dei due fossi, ivi convogliati non tanto dall'energia dell'acqua quanto dalla gravità che agisce sul substrato roccioso fratturato in corrispondenza delle ripide sponde.

L'insieme delle evidenze geomorfologiche raccolte durante il rilevamento porta a definire l'ipotesi di un corpo di frana che, come interpretato dalla cartografia del dissesto provinciale (Figura 28), ha origine in corrispondenza delle tre zone di distacco concave in prossimità dello spartiacque Montevecchio-La Lama, ma che, a differenza della cartografia provinciale stessa, ha un'estensione lineare molto più limitata, con zona d'accumulo identificabile con la superficie convessa presente subito a monte del cimitero. Lo spessore raggiungerebbe i valori massimi in corrispondenza della zona distacco, la cui forma concava richiama movimenti di tipo rotazionale. Nelle zone di transito e di accumulo gli spessori raggiungerebbero i valori minimi, su substrato sub-affiorante. Il deposito di frana sarebbe, dunque, il risultato di più eventi franosi che hanno, di volta in volta, interessato spessori limitati della coltre d'alterazione della roccia nella porzione più elevata del versante. Il detrito, trasportato a valle dai movimenti di massa, ricopre il substrato roccioso, ma la forte energia del rilievo, garantita dallo stesso substrato sub-affiorante, ne favorisce il continuo dilavamento ad opera delle acque di ruscellamento superficiale e di localizzati fenomeni franosi superficiali.

In corrispondenza di località Cà di Vinchio vi sarebbe la nicchia di distacco di un secondo corpo di frana, più limitato del primo, come estensione lineare, il cui piede può essere identificato in corrispondenza dei capannoni artigianali in località Casina. Questo secondo corpo di frana potrebbe essersi originato a partire dal piede della frana precedentemente descritta, vista

l'adiacenza della nicchia di distacco del primo con il piede della seconda. Questo comunque non esclude l'ipotesi di due corpi di frana completamente distinti.

Il secondo corpo di frana corrisponderebbe, all'incirca, con il corpo di frana senza indizi di evoluzione cartografato nel Foglio 253 "Pievepelago" di Figura 22.

La porzione restante del pendio, fino alla confluenza dei due fossi, non viene qui interpretata come corpo di frana, bensì come substrato roccioso altamente fratturato, delimitato dai due fossi, a loro volta impostati su due lineamenti tettonici.

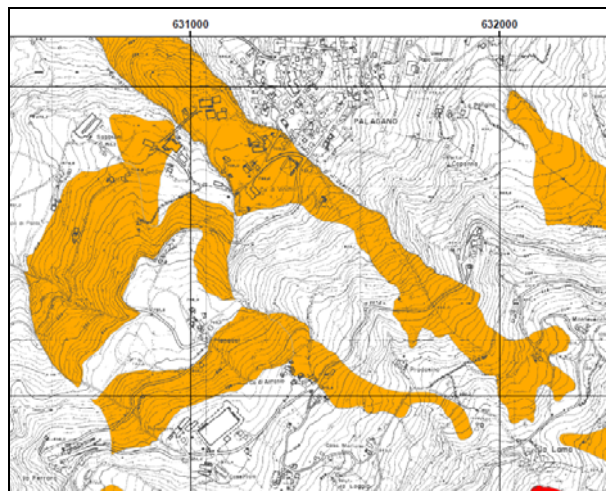


Figura 28 – Stralcio della Tavola 2.1.16 “Rischio da frana: carta del dissesto” del PTCP della Provincia di Modena. In arancione: aree interessate da frane quiescenti.

La cartografia del dissesto della Regione Emilia–Romagna (Figura 29) identifica il corpo di frana con la stessa forma e stato di attività del PTCP, ma non richiama, per essa, alcuna segnalazione di dissesto, né puntuale, né areale.

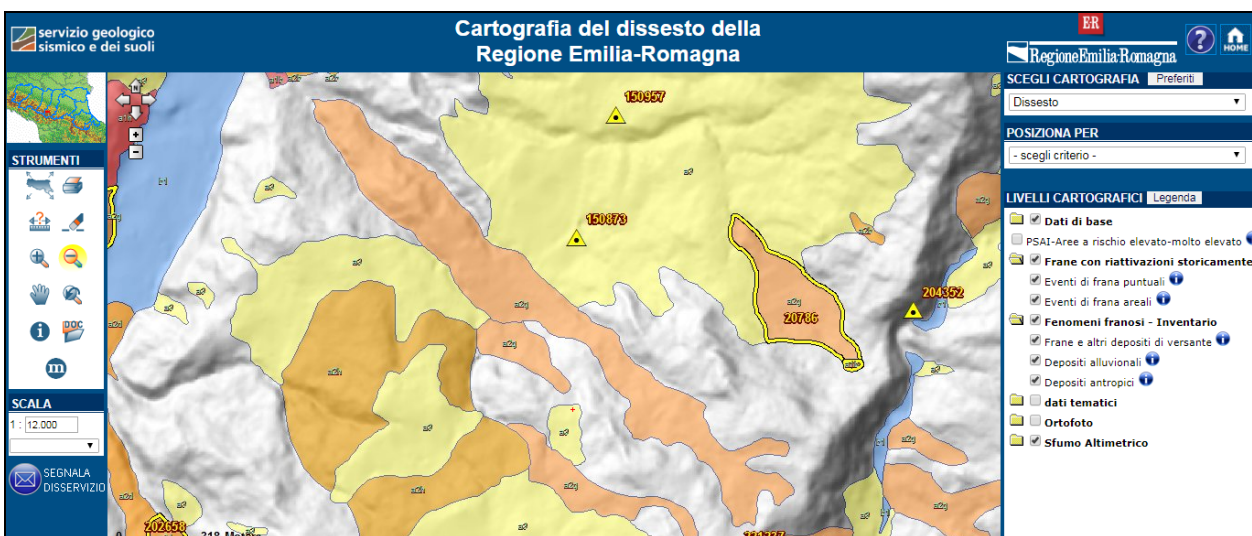


Figura 29 – Cartografia del dissesto della Regione Emilia–Romagna.

Anche la scheda monografica dei siti a rischio frana del Comune di Palagano (a cura della Provincia di Modena) (Figura 30) identifica il corpo di frana con la stessa forma e stato di attività del PTCP e del dissesto regionale. La scheda descrive la frana come complessa e quiescente e ipotizza per essa movimenti antichi, non più recenti di 250–300 anni. La scheda, inoltre, descrive come le aree interessate da movimenti franosi siano limitate (locali), in grado di produrre danni puntuali ad alcuni edifici, rappresentati da fessure e cavillature, nonché alla viabilità locale (SP28 e strade comunali), dove si registrano deformazioni del manto stradale ed alcuni avvallamenti della carreggiata.

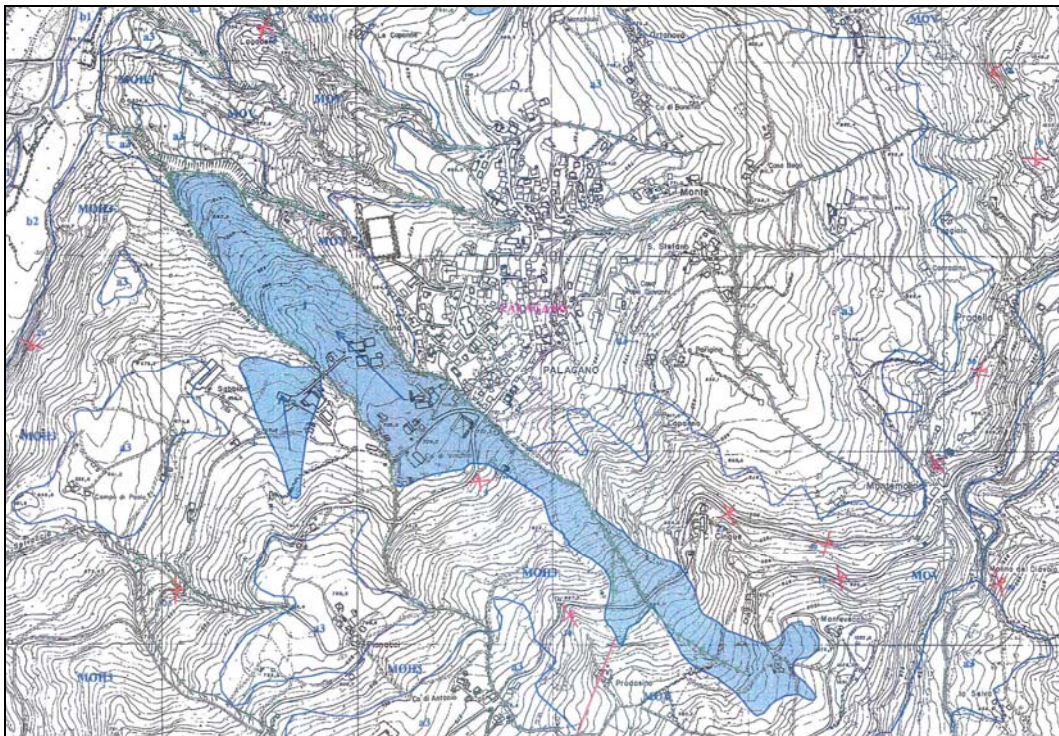


Figura 30 – Stralcio della scheda di rilevamento nr. 3602900 “Palagano, Riolo” del “Programma di previsione e prevenzione di protezione civile della Provincia di Modena - L. 24 febbraio 1992, n. 225 - L.R. 19 aprile 1995, n. 45 - Rischio da frana, schede monografiche dei siti a rischio frana, 11- Comune di Palagano”, novembre 1998. Legenda - poligoni blu: frane quiescenti.

Quelle presenti nella scheda monografica sono evidenze geomorfologiche che, per come descritte, possono rimandare sia a riattivazioni molto limitate dell’antico corpo di frana, sia a fenomeni di soliflusso, ovvero a fenomeni franosi s.l.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

5.1. Descrizione generale per i territori dell'Unione dei Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia"

In generale, il territorio dell'Unione dei Comuni Montani "Valli Dolo, Dragone e Secchia" è caratterizzato, come già detto in precedenza, dalla presenza di rocce ascrivibili a formazioni riconducibili ai domini ligure e toscano. Nella finestra tettonica di Gova affiorano anche rocce di dubbia attribuzione paleogeografica (Arenarie di Gova) che, secondo alcuni ricercatori, potrebbero essere ascrivibili al Dominio Umbro–Marchigiano–Romagnolo; nel settore nord del Comune di Prignano sono invece presenti formazioni attribuibili alla Successione Epiligure, nota in letteratura anche con attribuzioni quali successione "semi-autoctona" o "semi-alloctona", proprio per evidenziare il fatto che la sedimentazione è avvenuta durante un lasso di tempo di diverse decine di milioni di anni su un substrato (le unità Liguridi) in movimento dietro la spinta delle forze orogenetiche.

5.1.1. Unità Liguridi

Daniele e Plesi (2000) distinguono le successioni riferibili al dominio Ligure Esterno da quelle che non contengono, o comunque contengono in maniera poco rilevante, materiali oceanici e che pertanto potrebbero essersi sedimentate in un bacino caratterizzato da crosta di tipo continentale (margine adriatico) sia pur frammentata e assottigliata ("zona o dominio emiliano"). Nell'Appennino Settentrionale, al confine tra le Province di Modena e Reggio Emilia, le unità tettoniche Liguri Esterne sono, in ordine di impilamento strutturale dall'alto verso il basso, le seguenti (Figura 17):

- 4) Unità Monghidoro;
- 3) Unità Venano;
- 2) Unità ofiolitica della Val Baganza;
- 1) Unità Caio.

UNITÀ TETTONICA MONGHIDORO

Dell'Unità Monghidoro, nell'area dell'Unione, affiorano principalmente le unità turbiditiche rispettivamente denominate Formazione di Monte Venere e Formazione di Monghidoro. In Val Dragone sono segnalati anche piccoli affioramenti attribuiti alle Argille Variegate di Grizzana Morandi (che probabilmente facevano parte del complesso di base dell'Unità di Monghidoro), mentre in Val Rossenna affiorano anche i terreni della parte più alta, e recente, della Successione, caratterizzati da composizione prevalentemente argillitico–marnosa o argillitica con tessitura a "blocchi in pelite" (Complesso del Rio Cagnone e Argille della Val Rossenna).

Il substrato di quasi l'intero territorio comunale di Palagano, di circa 2/3 del territorio di Montefiorino (parte orientale) e di circa 1/4 del territorio di Prignano è formato da rocce riferibili alle due formazioni menzionate.

La *Formazione di Monte Venere (Campaniano Sup. – Maastrichtiano Sup.)* è costituita prevalentemente da torbiditi arenaceo–marnose a base fine, di colore grigio–chiaro, in strati da medi a molto spessi, con a tetto sottili strati di argille grigio–scure o nerastre. Sono inoltre presenti intercalazioni, di alcuni metri di spessore, formate da strati arenaceo–pelitici, da sottili a spessi, e megatorbiditi calcareo–marnose in strati spessi fino a 15 m.

Anche la *Formazione di Monghidoro (Maastrichtiano Sup. – Paleocene Sup.)* è data principalmente da torbiditi arenaceo–pelitiche in strati spessi, nei quali in generale prevalgono i termini arenacei. Intercalati alle torbiditi possono poi esserci degli orizzonti formati da strati da sottili a medi di torbiditi pelitico arenacee, nelle quali prevale la componente più fine. Le arenarie sono solitamente gradate, con base a granulometria da media a grossolana, o anche micro–conglomeratica, localmente poco cementate, di colore grigio scuro. La componente argillosa, posta a tetto delle torbiditi, presenta solitamente una colorazione scura (da grigio cinerea a nerastra). Nella parte bassa della formazione sono presenti strati calcareo–marnosi con tracce di fucoidi.

UNITÀ TETTONICA VENANO

La successione che avrebbe dato origine all'Unità Venano è formata da due formazioni: le Argilliti dell'Uccelliera e le Arenarie di Poggio Mezzature che, nel territorio dell'Unione, affiorano in maniera limitata, principalmente nel Comune di Montefiorino, al confine con Frassinoro.

Le *Argilliti dell'Uccelliera* (di età non ancora definita), sono date da argille e argille siltose, generalmente rossastre, localmente verdine, alle quali s'intercalano strati arenacei sottili la cui composizione è simile a quella delle soprastanti Arenarie del Poggio Mezzature. Nella sua parte inferiore, la formazione presenta una composizione più eterogenea, con la presenza di strati, da centimetrici a decimetrici, di calcari e marne siltose.

Le *Arenarie del Poggio Mezzature* sono torbiditi arenaceo–pelitiche, in strati da sottili a medi ($A/P > 1$), alternate a torbiditi spesse (fino a 4–5 m) e molto spesse, con grana anche grossolana ($A/P > 1$). Le arenarie sono grigie, con tonalità grigio–scura o bruno–rossastra se alterate.

Come accennato, le due formazioni non affiorano estesamente nell'area dell'Unione; esse sono comuni in settori prossimi, lungo la dorsale a monte di Frassinoro che collega il Monte Modino al Poggio Mattioli dove, nella letteratura degli autori tedeschi, l'unità è denominata come Arenarie di Frassinoro (Reutter, 1969).

UNITÀ OFIOLITICA DELLA VAL BAGANZA

Sono ascrivibili a tale unità i basalti ofiolitici che formano masse rocciose – anche di grandi dimensioni – presenti nella Val Dragone (Cinghio del Corvo, Poggio Medola, Madonna del Calvario, il Sasso, Sassatella, Boccassuolo ecc.), ma anche affioramenti, presenti nell'area dell'Unione, attribuiti alla formazione delle Argille a Palombini. In associazione ai basalti sono presenti, presso l'omonima località, le Breccie Argillose del Poggio Bianco Dragone.

I “blocchi” ofiolitici (Figura 31) sono formati principalmente da basalti che, macroscopicamente, sono distinguibili in rossi (prevalentemente massivi e/o a cuscini) e verdi, o grigio–verdi (prevalentemente a struttura brecciata). I basalti rossi devono la loro colorazione a una maggiore presenza di ossidi amorfi di ferro (in genere limonite), che hanno permeato le innumerevoli

fratture e mostrano struttura massiva o a *pillow*, con “cuscini” da decimetrici a metrici, i quali, a loro volta, possono essere interessati da fratture interne ad andamento radiale o concentrico. I basalti verdi o grigio-verdi devono la loro colorazione alla presenza di minerali della famiglia della clorite, formatisi per l’alterazione della componente femica originaria, ora rappresentata in prevalenza da frammenti clinopirossenici.



Figura 31 – Basalti rossi alla base della massa ofiolitica del Poggio Bianco Dragone (fianco destro del Dragone, Comune di Palagano). Sulla sinistra, depositi riferibili alla zona di piede della frana di Tolara che, in passato, hanno determinato, probabilmente più volte, l’ostruzione del corso d’acqua e la formazione di un bacino lacustre effimero.

Le masse ofiolitiche sono accompagnate – in rapporti poco chiari, ma che sembrano quasi indicare che le ofioliti siano inglobate in esse – dalle Argille del Poggio Bianco Dragone, sia nell’omonima località che nei pressi del vicino cinghio del Corvo (località del Comune di Palagano). Si tratta di brecce a matrice argillosa che contengono clasti ofiolitici, calcarei e più subordinatamente arenacei; localmente sono anche presenti inclusi di Argille varicolori talvolta cartografabili (Plesi, 2002).

Le *Argille a Palombini (Barremiano–Turoniano)* formano gran parte dei versanti della Valle del Dragone, per lo meno di fondovalle e mezza costa, a sud di Poggio Medola (Comuni di Montefiorino e Palagano, al confine con Frassinoro). Con la loro composizione prevalentemente argillosa sono la causa principale della ben nota instabilità gravitativa che interessa i fianchi di tale valle. Sono composte principalmente da argille e argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili, alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre sulle superfici alterate. A causa delle intense deformazioni, l’originario ordine

stratigrafico è andato quasi ovunque perduto e, alla scala dell'affioramento, l'unità presenta una tessitura del tipo a "blocchi in pelite" (Bettelli et al., 1996), analoghi, dal punto di vista applicativo, alle così dette "*bimrock*" o eventualmente alle "*bimsoil*" (Barbero et al., 2006; Medley, 2001, 1999).

UNITÀ CAIO

Sono segnalate due aree di affioramento del Flysch di Monte Caio, al limite estremo sud del Comune di Palagano e sulla dorsale di collegamento tra Montefiorino e Frassinoro (settore sud del Comune di Montefiorino).

Il *Flysch di M. Caio* è prevalentemente formato da torbiditi arenaceo-marnose di colore grigio, in strati spessi e molto spessi, a base arenitica fine o siltitica e tetto pelitico. Nella parte alta degli intervalli marnosi si osservano spesso impronte di Elmintoidi.

5.1.2. Unità Subliguri

Sono presenti con un solo affioramento, presso Moncerato (Comune di Prignano) attribuito alla formazione delle Arenarie di Ponte Bratica, coinvolto nell'insieme di lembi formazionali di varia natura che costituiscono il così detto Melange di Coscogno (Bettelli et al., 1989a, 1989c). Si tratta di arenarie turbiditiche, a grana da fine a molto fine, in strati sottili (10–20 cm), alternate a peliti grigio-verdi (10–15 cm).

5.1.3. Unità di pertinenza toscana o di dubbia attribuzione paleogeografica

Nel territorio comunale di Montefiorino, in Val Dolo, e nel settore più meridionale del territorio di Palagano, affiorano rocce riferibili al dominio paleogeografico toscano (Plesi, 2002) per lo più ascrivibili alla Successione Cervarola e all'Unità di Monte Modino (sotto-unità Ventasso, così come definite in Chicchi e Plesi, 1995, 1992, 1991; Martini e Plesi, 1988; Mochi et al., 1996).

UNITÀ MODINO–SOTTOUNITÀ VENTASSO

La sottounità Ventasso corrisponde sostanzialmente all'unità Sestola-Vidiciatico della letteratura ed è formata da quei terreni di pertinenza toscana sovrascorsi sulla Successione Cervarola e su unità più esterne (Arenarie di Gova).

La Successione Modino, che avrebbe dato origine all'Unità Tettonica Modino, secondo lo schema di (Plesi, 2002), è formata dalle seguenti unità (in ordine dall'alto verso il basso):

- Marne di Civago;
- Arenarie di Vallorsara;
- Breccie di Tia;
- Marne di Marmoreto;
- Argille di Fiumalbo ;
- Flysch di Sorba;
- Flysch dell'Abetina reale;
- Formazione del Fosso della Ca';
- Successione argilloso-calcareo pre-campaniana (argille variegata, breccie argillitico-calcaree, Argille a Palombini).

Nell'area dell'Unione non sono presenti affioramenti attribuiti alle Breccie di Tia, al Flysch di Sorba e alle Marne di Civago (i cui affioramenti sono attribuiti alla Successione Cervarola), mentre le restanti formazioni elencate affiorano più o meno estesamente.

Successione argilloso-calcareo pre-campaniana (argille variegata, breccie argillitico-calcaree, Argille a Palombini)

È formata da lembi e scaglie tettoniche di unità di pertinenza ligure, quali argille a palombini, argille variegata e breccie argillitico-calcaree; si tratta pertanto di terreni a dominante argillitica con inclusi arenacei e/o calcarei in frammenti e lembi di strato di dimensioni variabili da centimetriche a decametriche (*bimrock*: Barbero et al., 2006; Medley, 2001, 1999).

Formazione del Fosso della Ca'

È data da alternanze arenaceo-pelitiche turbiditiche, in strati sottili e medi, e da breccie poligeniche in banchi fino a qualche metro di spessore, intercalati a peliti grigio-scure o nerastre, manganesifere.

Flysch dell'Abetina Reale

È composta principalmente da alternanze di torbiditi calcareo-marnose o calcaree a base calcarenitica, in strati spessi fino a 2-3 metri, e di straterelli arenacei con abbondante pelite scura.

Argille di Fiumalbo

È una formazione a composizione complessa, costituita da membri diversi, la cui estensione cambia da zona a zona (Plesi, 2002). Nella parte bassa sono presenti argille varicolori marnose, rosse o verdastre, con intercalazioni di straterelli calcarenitico-marnosi, mentre la parte alta è composta principalmente da argilliti marnose grigio-cenere, con intercalazioni di strati sottili di siltiti e areniti fini; sono presenti localmente anche corpi di arenarie grossolane risedimentate (membro delle Arenarie di Monte Sassolera, presente ad esempio a sud ovest di Gusciola).

Marne di Marmoreto

La formazione è composta principalmente da marne siltose grigio chiare, a frattura prevalentemente scheggiata. Localmente sono presenti straterelli arenacei e/o breccie argilloso-calcaree.

Arenarie di Vallorsara

Sono arenarie silicoclastiche grigie, a grana da fine o molto fine, in strati da sottili a medi intercalati a interstrati spessi di natura pelitico-marnosa; localmente sono presenti depositi da *slumping*.

SUCCESSIONE CERVAROLA

Sono presenti in val Dolo (finestra di Gova) affioramenti riferibili alle Marne di Civago e alle Arenarie di Monte Cervarola.

Le *Marne di Civago* sono descrivibili in generale come marne scheggie (per l'elevato contenuto in silice) di colore grigio, grigio verdognolo, stratificate, con la stratificazione resa evidente da

variazioni nella tonalità del colore e/o della granulometria e per la presenza di intercalazioni di strati arenaceo-siltosi.

La formazione delle *Arenarie del Monte Cervarola* è un'unità molto diffusa nell'Appennino Settentrionale. In generale è costituita da arenarie turbiditiche, in strati da spessi a molto spessi. Al suo interno si distinguono tuttavia diversi membri e litofacies. Per l'area dell'Unione la carta geologica regionale indica la presenza del membro del Torrente Dardagna in litofacies arenaceo-pelitica, nel quale si riconoscono torbiditi a grana fine in strati sottili e medi, torbiditi spesse e a grana grossolana e/o alternanze di torbiditi in strati medio spessi e di livelli a torbiditi sottili.

UNITÀ UMBRO-MARCHIGIANO ROMAGNOLE

Secondo alcuni autori, le Arenarie di Gova, che affiorano presso l'omonima località in finestra tettonica, presentano caratteristiche di affinità più con la Formazione Marnoso-Arenacea, affiorante diffusamente dalla Romagna fino all'Umbria, che non con le Arenarie del Monte Cervarola o con gli altri flysch di pertinenza toscana (Arenarie di Monte Modino e Macigno). Sono descrivibili come arenarie turbiditiche, in strati spessi a grana solitamente grossolana e con scarsa percentuale di intervalli pelitico marnosi.

5.1.4. Successione Epiligure

La Successione epiligure rappresenta il prodotto della sedimentazione avvenuta sulle unità Liguridi nell'intervallo di tempo compreso tra l'*Eocene Med.-Sup.* e il *Tortoniano*, mentre queste traslavano in seguito ai movimenti tettonici verso i domini subligure, toscano e umbro marchigiano-romagnolo (Bettelli et al., 1989b). Pressoché tutto il settore nord del Comune di Prignano presenta un substrato formato da rocce riferibili a unità epiliguri; altri sporadici affioramenti, principalmente di brecce argillose poligeniche, sono presenti anche nel Comune di Palagano.

Nel territorio di Prignano affiorano pressoché quasi tutti i termini della Successione Epiligure (Bettelli et al., 1989a, 1989b, 1989c), più in particolare (dal basso stratigrafico verso l'alto):

- Brecce argillose di Baiso;
- Marne di Monte Piano;
- Formazione di Ranzano;
- Marne di Antognola;
- Brecce argillose della Val Tiepido-Canossa;
- Formazione di Contignaco;
- Formazione di Pantano;
- Formazione del Termina.

La Successione Epiligure può essere suddivisa grossolanamente in due parti:

1. formazioni epiliguri pre-burdigaliane (dalle Brecce argillose poligeniche di Baiso fino alla Formazione di Contignaco), che si sono depositate in un ambiente sedimentario di tipo pelagico (sono torbiditi, emipelagiti e depositi da colata sottomarina tipo *debris flow* e *mud flow*) di mare profondo;

2. unità post-burdigaliane, che deriverebbero da processi di sedimentazione avvenuti in un ambiente di piattaforma o pelagico, ma meno profondo (Bettelli et al., 1989a, 1989b, 1989c; Mancin et al., 2006).

FORMAZIONI EPILIGURI PRE-BURDIGALIANE

Le *Brecce argillose di Baiso* sono costituite da diversi corpi di brecce sedimentarie poligeniche a prevalente matrice argillosa e a tessitura clastica, con clasti eterometrici ed eterogenei costituiti da litotipi appartenenti a varie unità liguri. In affioramento l'unità si presenta generalmente come una massa prevalentemente argillosa grigio scura, che ingloba frammenti litici eterometrici ed eterogenei (arenarie, calcari, argilliti, marne ecc.) ed è quindi inquadrabile come *bimrock* (Barbero et al., 2006; Medley, 2001, 1999).

Le *Marne di Monte Piano* sono costituite principalmente da argille, argilliti, argille marnose e marne di colore rosso, rosato, grigio chiaro e grigio verdi, con rari strati molto sottili di torbiditi arenacee biancastre, siltiti nerastre e calcari marnosi grigio-verdi. La stratificazione è generalmente poco evidente e complicata spesso da pieghe.

La *Formazione di Ranzano*, dal punto di vista litologico, è un'unità piuttosto eterogenea, nella quale dominano i termini arenacei di origine turbiditica. Essa è stata suddivisa in diversi membri sulla base del rapporto A/P (Arenaria/Pelite).

Le *Brecce argillose poligeniche della Val Tiepido-Canossa*, dal punto di vista pratico, assomigliano alle Brecce argillose di Baiso, già descritte. Si tratta di brecce argillose poligeniche formatesi come accumuli di processi di frana sottomarina di materiali prevalentemente argillosi appartenenti in gran parte ai complessi di base liguri.

La *Formazione di Antognola* è costituita in prevalenza da marne grigie a frattura globulare e, subordinatamente, da marne argillose con rare intercalazioni di strati sottili di arenarie fini e/o di marne. Caratteristica è l'assenza di macrofossili, mentre al microscopio, o anche solo con una lente di ingrandimento, è facile osservare gusci di microfossili planctonici. All'interno dell'unità sono stati inoltre distinti alcuni membri formati da arenarie turbiditiche (Membro delle Arenarie di Anconella).

La *Formazione di Contignaco*, in alcune sezioni della Carta Geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo alla scala 1:10.000, viene considerata un membro della Formazione di Antognola. Nei nuovi fogli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 essa viene invece trattata come formazione a sé stante. È data in generale da torbiditi sottili ed emipelagiti marnose, spesso selciose, grigio biancastre; talora siltiti o arenarie fini o finissime risedimentate con patine superficiali nerastre; marne carbonatiche e selciose, più o meno siltose, di colore grigio-verdognolo o brunastre se alterate. Gli strati sono generalmente di spessore medio, spesso poco evidenti.

FORMAZIONI EPILIGURI POST-BURDIGALIANE

La *Formazione di Pantano* è stata elevata al rango di formazione da circa una quindicina d'anni (cfr ad es. Bettelli et al., 2002), in quanto in precedenza era considerata uno dei membri della ex Formazione di Bismantova, ora elevata al rango di Gruppo di Bismantova. L'unità è formata generalmente da arenarie grigio chiare, medio fini, in strati decimetrici, a volte poco distinguibili

per la bioturbazione intensa, oppure da calcareniti con frequenti resti di fossili di briozoi, lamellibranchi, coralli ecc.

La *Formazione del Termina* è alquanto eterogenea tanto che è stata suddivisa in diversi membri e litozone. In generale la composizione è a dominante marnosa. Possono essere tuttavia presenti anche corpi caotici di breccie argillose poligeniche e alternanze di arenarie medio fini turbiditiche e livelli marnosi. Dal punto di vista applicativo i diversi membri sono ascrivibili a unità litotecniche diverse.

5.2. Descrizione specifica del modello del sottosuolo relativa al territorio comunale di Palagano e dell'area oggetto di MS3

Per quanto riguarda il territorio comunale di Palagano, i terreni della Formazione di Monteverene compongono, pressoché in modo esclusivo, la stratigrafia del sottosuolo dei principali nuclei abitati a cui è stato indirizzato lo studio di microzonazione sismica al II livello: Cagrande, Lama di Monchio, Costrignano, Savoniero, Palagano (ad esclusione di Boccassuolo in cui, oltre alla Formazione di Monteverene, affiorano diffusamente anche le ofioliti. La sezione di Figura 32, elaborata in occasione dello studio di MS2 partendo dalle informazioni geologiche del Foglio nr. 235 "Pievèpèlago" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000, attraversa il territorio comunale con direzione SW-NE e S-N, passando per Boccassuolo, Palagano e Savoniero (traccia di sezione riportata nella Carta Geologico-Tecnica di II livello). Questa sezione mostra come la maggior parte del sottosuolo sia costituito da terreni appartenenti alla Formazione di Monteverene; in particolare, nella zona meridionale, questi terreni sono interessati da deformazioni gravitative profonde (simbolo di "tilde" su sfondo verde) mentre nella zona settentrionale assumono una struttura ad anticlinale (con polarità inversa degli strati). La parte centrale della sezione è interessata da faglie ad alto angolo, che mettono a contatto la Formazione di Monteverene con quella di Monghidoro, le Breccie del Poggio Bianco Dragone e la Formazione di Monghidoro. In superficie, i depositi, probabilmente derivanti dall'alterazione, in ambiente morfoclimatico periglaciale, della stessa formazione di Monteverene, hanno dato origine, nel tempo, a fenomeni gravitativi che, in particolare, hanno coinvolto, e continuano a coinvolgere (con estensioni largamente ridotte), il territorio comunale, sul versante destro della valle del T. Dragone.

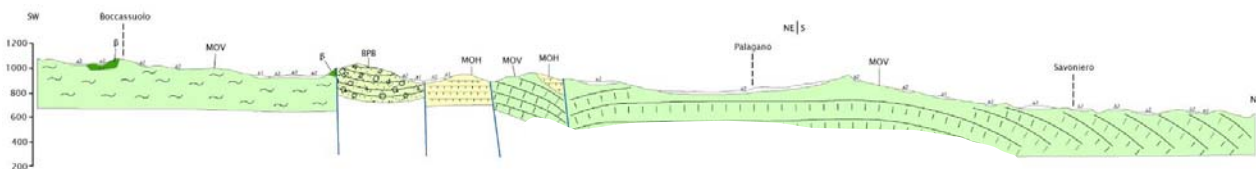


Figura 32 – Sezione geologica lungo la traccia di sezione riportata nella Carta Geologico-Tecnica. Elaborata partendo da: Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000, Foglio nr. 235 "Pievèpèlago".

L'assetto è ereditato dalla più ampia struttura tettonica regionale, ovvero la Sinclinale della Val Rossenna, di cui le due formazioni costituiscono, in quest'area, il fianco rovesciato. Una sezione esemplificativa della Sinclinale della Val Rossenna è visibile in Figura 33.

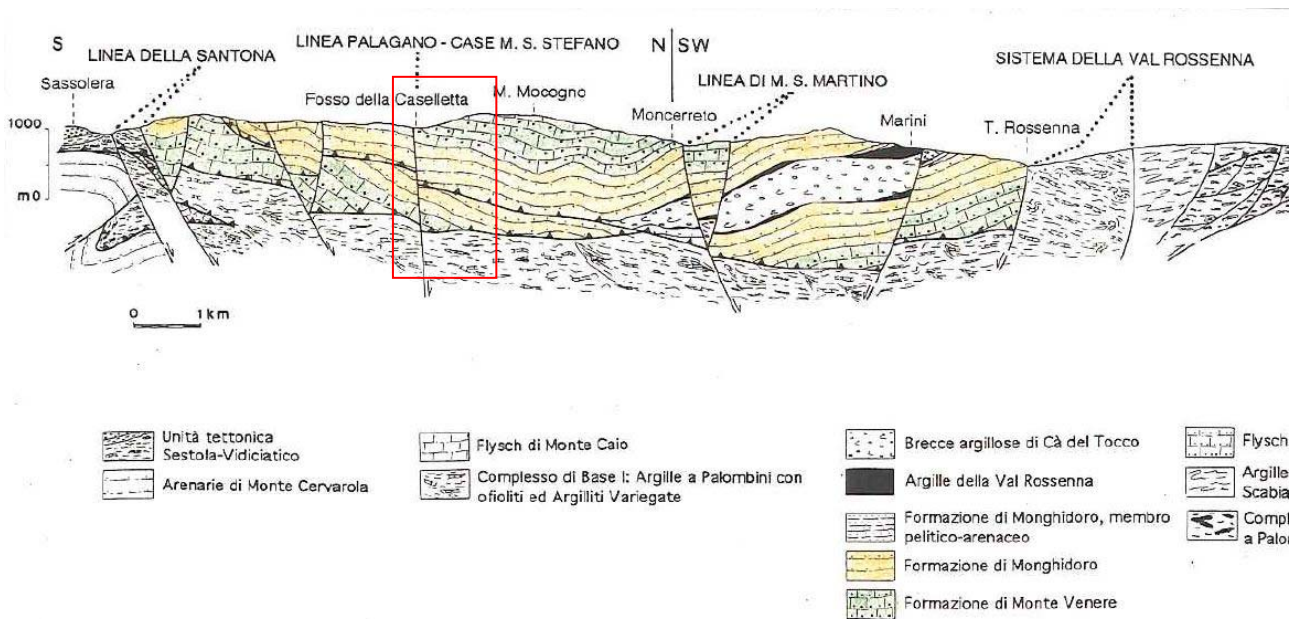


Figura 33 – Sezione geologica Barigazzo–Polinago–T. Rossenna, ad est dell’area di studio, rappresentativa della struttura sinclinale rovesciata della Val Rossenna. (Fonte: Bettelli & Panini, 1992). Il rettangolo rosso identifica l’assetto stratigrafico–tettonico che si ipotizza possa essere simile alla zona oggetto del presente studio.

In tale sezione è possibile individuare un segmento (circonscritto dal rettangolo rosso) ipoteticamente rappresentativo della configurazione stratigrafico–tettonica dell’area in esame per questo studio. Qui, gli strati della Formazione di Montevenere affiorano in assetto rovesciato, al di sopra degli strati della Formazione di Monghidoro. Verso SO, il contatto tra le due formazioni è tettonico, lungo faglia normale, che ha ribassato il settore nord–orientale rispetto a quello sud–occidentale. Lungo una superficie di sovrascorrimento, ad una profondità di circa 50 m, il fianco rovesciato della sinclinale viene ad essere sovrapposto al fianco diritto; quest’ultimo, a sua volta, si trova sovrascorrente, oltre i 100 m di profondità, sui terreni del Complesso di Base (Argille a Palombini con ofioliti ed Argilliti Variegate). Le faglie normali ad andamento appenninico, successive ai sovrascorrimenti – tra cui anche quella succitata che giustappone MOV a MOH – contribuiscono a ribassare porzioni della successione stratigrafico–tettonica seguendo geometrie riconducibili ad un campo di stress estensionale in direzione anti–appenninica.

Dettagli sulla stratigrafia dei primi metri dal piano campagna all’interno dell’area in esame provengono dall’unico sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, eseguito in quest’area (in particolare per questo stesso studio di MS3), la cui ubicazione è visibile in Figura 34 e Allegato 1. I primi 2,6 m sono costituiti da materiale detritico superficiale composto da limo sabbioso di colore **ocraceo intenso**, con inclusi lapidei, prevalentemente di natura calcarea. Da qui a 6,0 m è presente argilla limosa, di consistenza mediocre e colore **grigio**, con alcuni inclusi lapidei calcarei. Da 6,0 m a 15,5 m risulta predominante il limo sabbioso, di colore **ocraceo tenue**, con argilla e con abbondanti frammenti arenacei e sottili livelli sabbiosi. Un livello in arenaria è presente tra 15,5 m e 16 m.

Da 16 m a 20,4 m si alternano livelli ad argille compatte e livelli detritici, a prevalente matrice limo–sabbiosa, entrambi con frequenti inclusi arenacei e di colore **ocraceo tenue**.

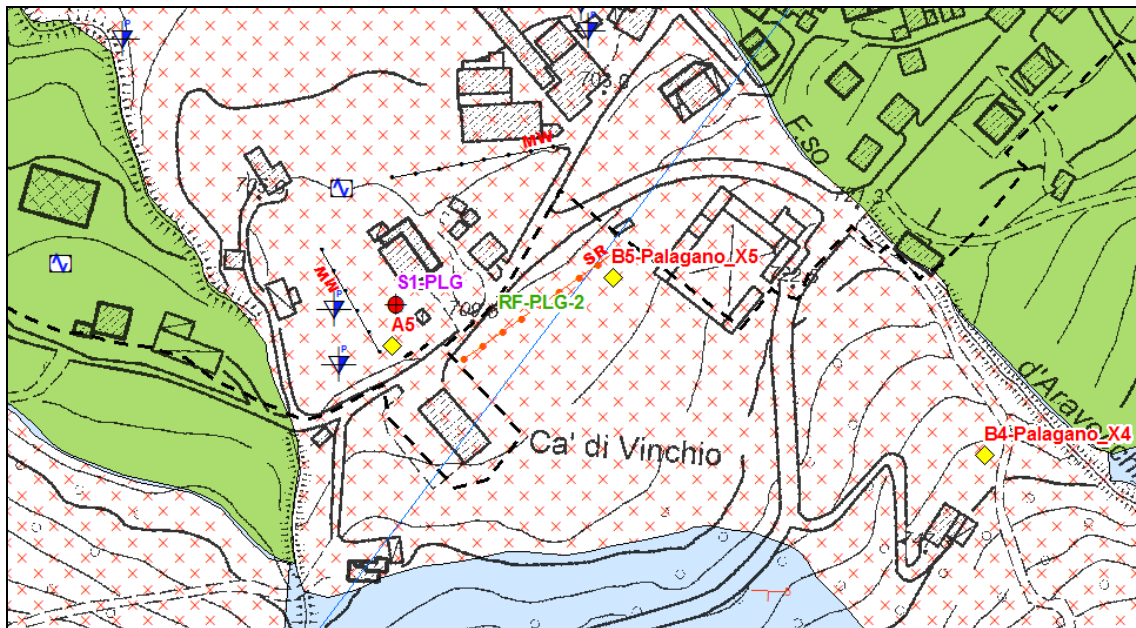


Figura 34 – Ubicazione del **sondaggio a carotaggio continuo** eseguito all'interno del corpo di frana in studio (porzione mediana), rappresentato dal cerchio rosso con croce nera (sigla sondaggio: S1-PLG). I rombi gialli identificano le misure HVSR eseguite per questo studio; la linea arancione puntinata identifica lo stendimento a sismica a rifrazione eseguito per questo studio. Gli altri simboli rappresentano le indagini geognostiche e geofisiche d'archivio.

Da 20,4 m inizia un'alternanza tra livelli argillosi di colore **grigio-ocraceo**, compatti, con frammenti arenacei, e livelli di arenaria, che si conclude a 23 m.

Da qui a fondo foro (30 m) è presente una sequenza continua di argille limo-sabbiose **grigie**, con inclusi arenacei, di buona consistenza, che nei livelli più profondi divengono altamente consistenti. La profondità della falda acquifera è stata rilevata, a fine sondaggio, a 13 m.

6. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

La ricerca delle indagini geotecniche e geofisiche d'archivio è stata eseguita presso l'Ufficio Tecnico Comunale di Palagano, ed ha permesso di acquisire numerosi dati geognostici contenuti in relazioni geologiche redatte a corredo di progetti di edilizia privata e di opere pubbliche.

Tutte le indagini sono state trasformate in formato digitale, georeferenziate, ed inserite in ambiente GIS. A tal proposito sia i dati di base, che i dati elaborati sono stati organizzati in formato vettoriale (*shapefile*) nel rispetto delle indicazioni per l'archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, di cui all'OPCM 4007/2012 e al Decreto del 16.03.2012 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile.

Ad integrazione delle prove pregresse, è stata eseguita una campagna di indagini ad hoc, in modo da rendere il più omogenea e completa possibile l'analisi geognostica e geofisica dell'area interessata da questo approfondimento di III livello dello studio di microzonazione sismica (Figura 35).

In particolare sono stati realizzati *ex-novo*:

- n. 4 MASW (*Multichannel Spectral Analysis of Waves*) finalizzate alla definizione dei profili di V_{sh} ,
- n. 9 indagini di sismica passiva HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) finalizzate alla misura delle frequenze naturali del terreno, impiegando un tromografo digitale portatile,
- n. 2 profili sismici a rifrazione, finalizzati alla definizione dello spessore e della geometria bidimensionale dei sismostrati presenti in corrispondenza della piana artigianale sul corpo di frana e della possibile zona sorgente del movimento franoso,
- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo per la definizione del profilo stratigrafico in corrispondenza della piana artigianale sul corpo di frana.

Sondaggi a carotaggio continuo

Per quanto riguarda il sondaggio a carotaggio continuo realizzato per questo studio, la stratigrafia è già stata ampiamente descritta nel capitolo 5.2 a cui si rimanda (ed all'Allegato 1).

Qui si ritiene utile mostrare quanto emerso dalle penetrometrie dinamiche in foro (SPT) eseguite all'interno dello stesso foro di sondaggio.

Le prove hanno interessato in parte lo spessore detritico (argilloso e limo-sabbioso) compreso tra 5 e 10 m e, in parte, lo spessore basale, argilloso, probabilmente rappresentativo del substrato, più o meno alterato.

Per quanto riguarda la porzione argillosa dello spessore detritico, l'angolo di attrito di picco è risultato variabile tra **38° e 40°**, con valore medio pari a 39°, in base alla correlazione di Dunham (1954) che lega il parametro geotecnico al valore di N_{spt} e di N_{60} per terreni con clasti angolari.

Relativamente al parametro coesione non drenata, pertinente alla frazione fine del detrito, i valori sono risultati variabili tra **112 e 140 kPa**, secondo le correlazioni proposte da Sowers (1979) per argille di bassa plasticità e limi argillosi.

Per quanto riguarda la porzione limo-sabbiosa dello spessore detritico, l'angolo di attrito di picco è risultato variabile tra **30° e 31°**, in base alla correlazione di Dunham (1954) che lega il parametro geotecnico al valore di N_{spt} e di N_{60} per terreni con clasti angolari granulometricamente uniformi. Relativamente al parametro coesione non drenata, pertinente alla frazione fine del detrito, i valori sono risultati variabili tra **65 e 81 kPa**, secondo le correlazioni proposte da Sowers (1979) per argille di bassa plasticità e limi argillosi.

E' chiaro che in occasione dell'esecuzione della prova SPT, il numero di colpi registrato è necessariamente il risultato di una risposta meccanica a cui contribuiscono sia l'angolo di attrito interno della frazione incoerente (ed in parte anche di quella fine, coesiva), sia la coesione non drenata della frazione fine; pertanto, i valori di attrito interno e coesione non drenata ottenuti non sono rappresentativi della situazione reale del deposito, bensì di una assimilazione dello stesso ad un deposito puramente incoerente, in un caso, e ad un deposito puramente coesivo, nell'altro.

Per quanto riguarda lo spessore argilloso basale, i valori di coesione non drenata sono compresi tra **170 e 200 kPa**, in base alla media dei valori ricavabili con le correlazioni di Terzaghi & Peck (1967), Parcher & Means (1968) e Bowels (1968) per suoli coesivi.

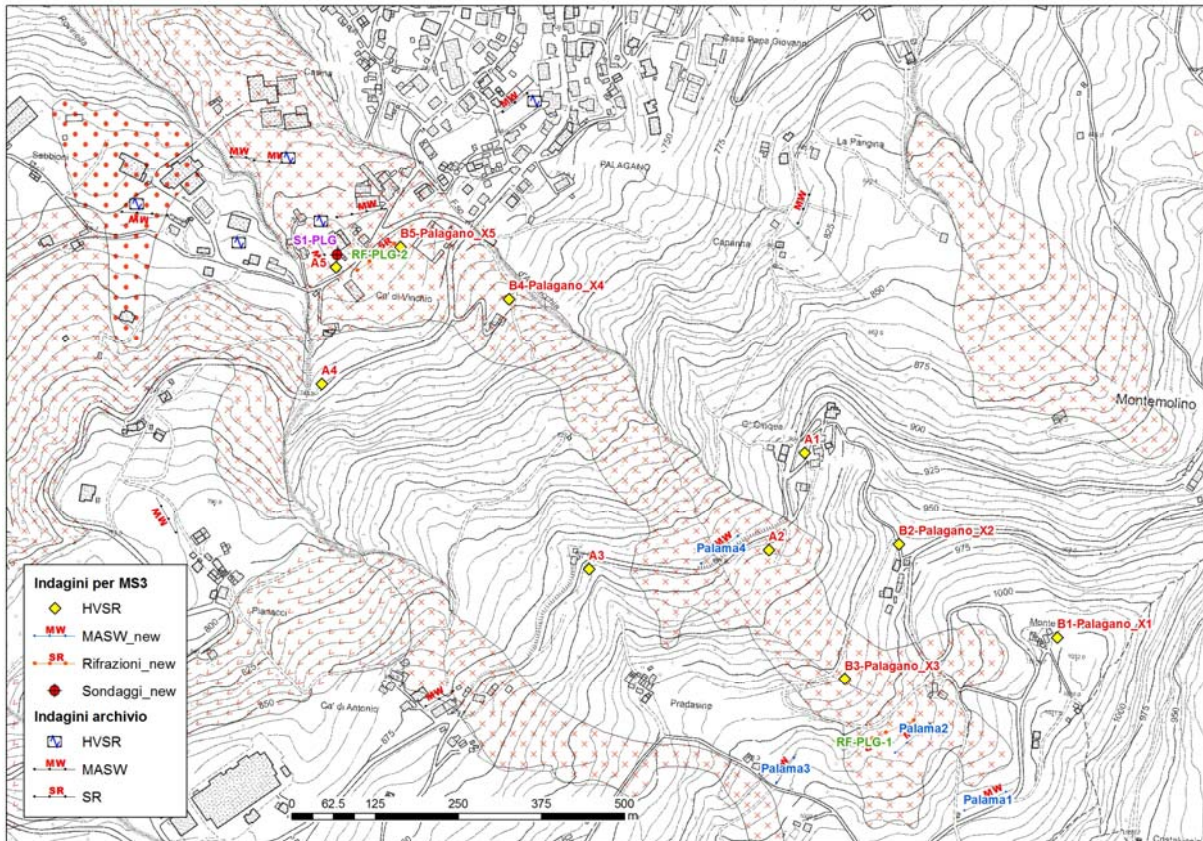


Figura 35 - Ubicazione dei sondaggi geognostici e geofisici eseguiti per lo studio di MS3, unitamente a quelli d'archivio.

MASW

Come si vede da Figura 35, 1 indagine MASW è stata eseguita al di fuori della frana in studio (Palama3), 1 è stata eseguita in corrispondenza della scarpata di distacco (Palama1), mentre 2 indagini sono state eseguite all'interno della frana (Palama2 e Palama4): la prima in corrispondenza della zona sorgente, la seconda in corrispondenza della zona di transito della frana. In Allegato 2 si possono visionare i documenti relativi alle acquisizioni ed alle elaborazioni delle indagini MASW d'archivio e di nuova esecuzione.

In Figura 36 si pone l'attenzione sulle sole indagini geofisiche, a cui sono stati assegnati nuovi codici identificativi per agevolare la trattazione, nel testo, dei rispettivi risultati.

All'interno del corpo di frana (Figura 37), i profili di Vs sembrano indicare la presenza di uno strato superficiale con uno spessore che varia tra 2,5 m e 9,5 m circa, con velocità comprese tra 118 e 343 m/s.

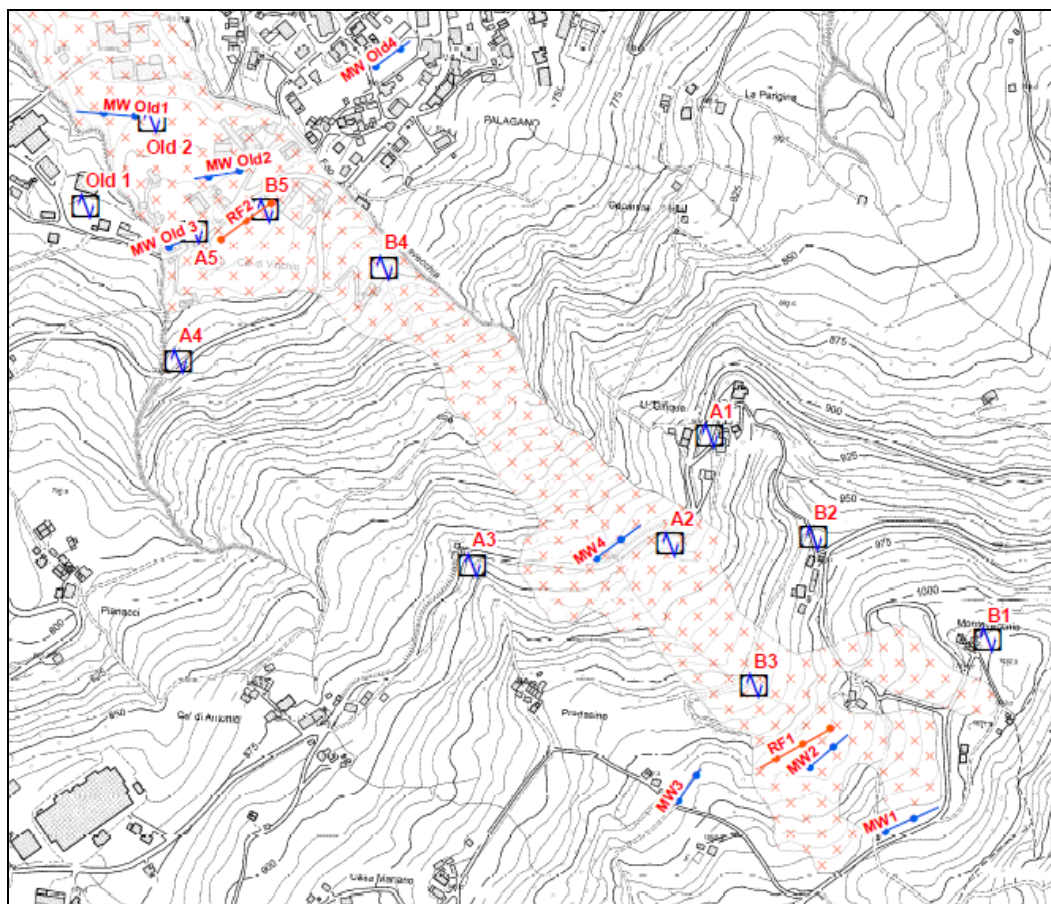


Figura 36 – Ubicazione delle sole indagini geofisiche (d'archivio e di nuova esecuzione) prese in considerazione per questo studio.

In MW2 e MW4, già alla profondità di 9 e 12 m circa, si raggiungono velocità comprese tra i 580 e 630 m/s. Tali valori potrebbero indicare la presenza di substrato sub-affiorante in corrispondenza delle zone di distacco e di transito, come era stato ipotizzato dallo studio geomorfologico di dettaglio (capitolo 4.4).

I profili MW Old 2 e MW Old 3, invece, raggiungono la loro massima velocità (intorno a 700 m/s) a profondità comprese tra i 30 e 37 m, largamente superiori rispetto alle MW2 e MW4. Fino a tale profondità, i valori di Vs della MW Old3 rimangono piuttosto contenuti, senza aumenti significativi di velocità; per contro, i valori di Vs della MW Old2 si approssimano a 600 m/s tra 15 e 30 m.

I profili di Vs delle MW Old 2 e MW Old 3, da quanto osservato, sembrano descrivere un terreno con caratteristiche di rigidità minori rispetto agli altri profili di Vs, identificabile con quello argilloso individuato dal sondaggio eseguito tra i due stendimenti sismici, nella presunta zona di accumulo, piuttosto che con le alternanze flyschoidi della Formazione di Monteverene.

Nel profilo MW Old 1, già dal piano campagna la velocità raggiunge 343 m/s. A 9 m la velocità supera i 600 m/s per poi aumentare significativamente intorno a 30 m raggiungendo valori superiori a 900 m/s. Questo potrebbe indicare che l'area indagata dall'indagine geofisica MW Old

1 appartiene già al settore identificato, dal rilevamento geomorfologico eseguito, come substrato roccioso fagliato, situato appena più a valle della zona artigianale.

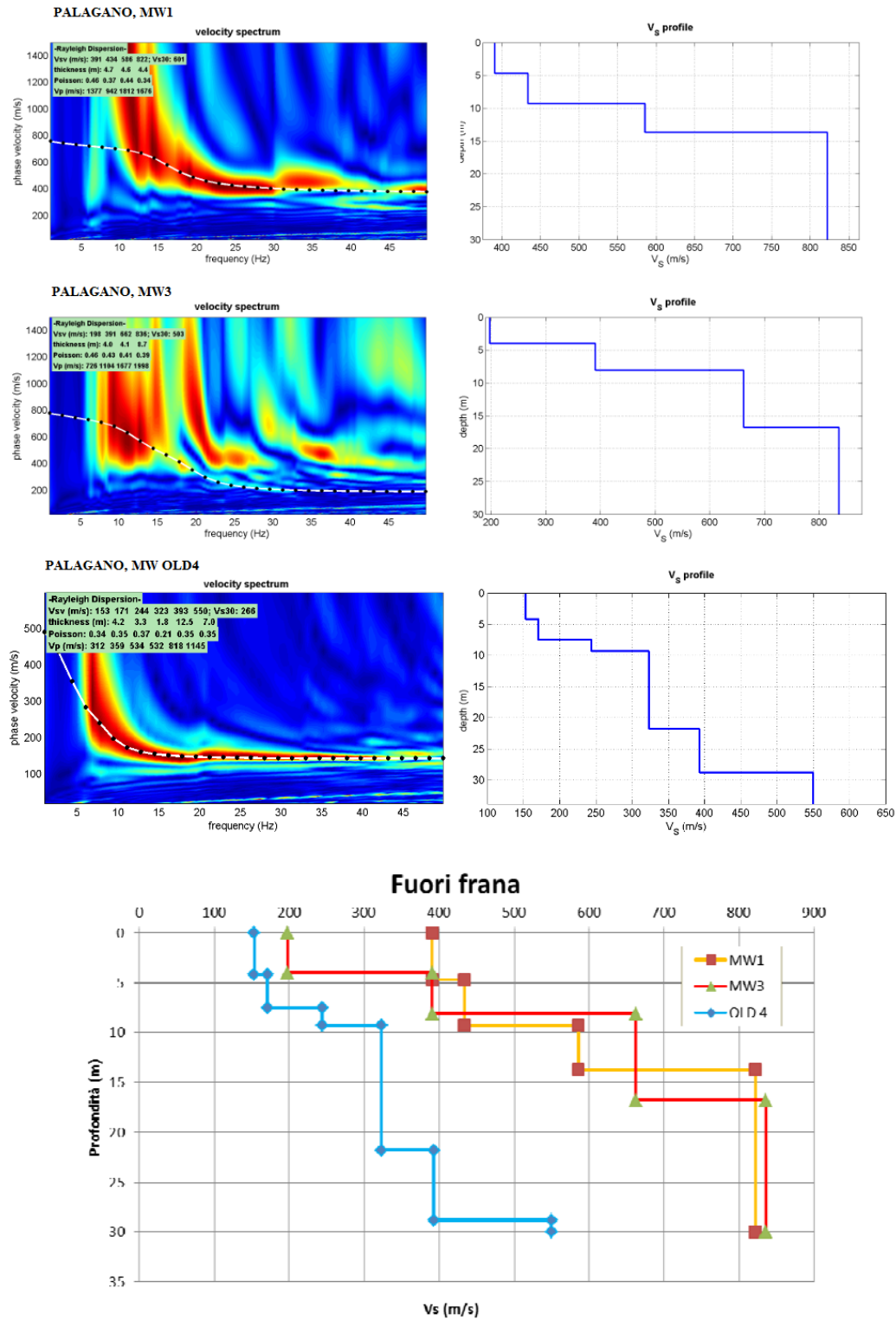
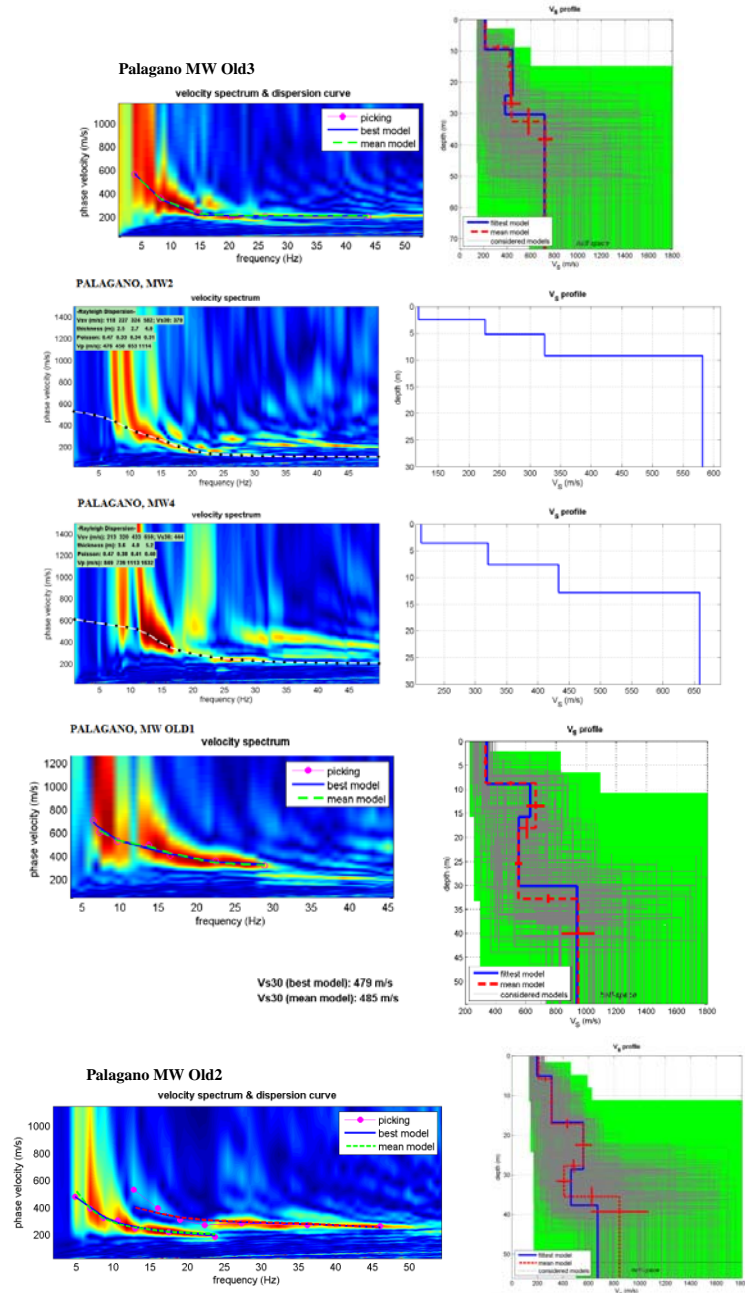


Figura 37 – Profili sismostratigrafici ricostruiti dalle indagini MASW eseguite al di fuori del corpo di frana.

COMUNE DI PALAGANO – PROVINCIA DI MODENA
 MICROZONAZIONE SISMICA – 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
 RELAZIONE ILLUSTRATIVA



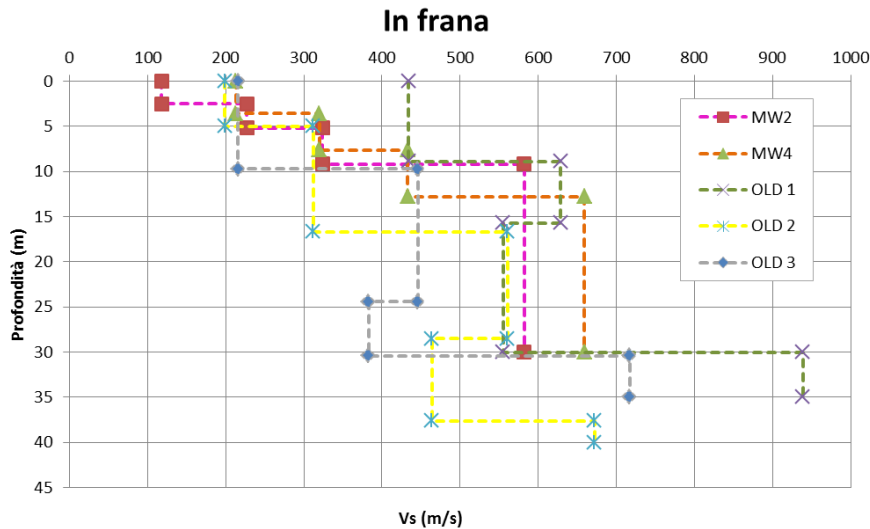


Figura 38 – Profili sismostratigrafici ricostruiti dalle indagini MASW eseguite all'interno del corpo di frana.

Anche all'esterno del corpo di frana, i profili di Vs mostrano la presenza di uno strato superficiale con spessore variabile da 4 a 5 m, con velocità comprese tra 150 e 400 m/s. I profili MW1 e MW3 sembrano molto simili, con velocità paragonabili a quelle del bedrock sismico tra 14 e 17 m di profondità. Ciò suggerisce un substrato roccioso sub-affiorante. In MW Old 4, i valori di Vs sono piuttosto bassi, con la massima velocità (550 m/s) alla profondità di 30 m. Questo potrebbe suggerire la presenza di detrito di versante che, come mostrato dalle cartografie geologiche ufficiali, interessa gran parte del pendio su cui è ubicato l'intero abitato di Palagano. In questo caso, il profilo di rigidezza del detrito di versante risulta paragonabile a quelli eseguiti internamente al deposito di frana in esame, con valori di Vs che, a certe profondità, raggiungono i minimi assoluti.

In conclusione, il confronto tra tutti i profili di Vs eseguiti (Figura 39) sembra confermare le ipotesi geologico-geomorfologiche avanzate per l'area in esame. Oltre i primi 5–10 m di profondità, in cui è presente uno spessore di detrito a bassa rigidezza, comune a tutte le aree, le zone con substrato affiorante mostrano effettivamente i profili con i più alti valori di Vs, mentre le zone interne al corpo di frana mostrano i profili di Vs con valori inferiori. Tra quest'ultime, i profili restituiti in corrispondenza del supposto massimo accumulo di frana, nella zona artigianale, sono quelli che mostrano i valori più bassi.

Sempre guardando al confronto complessivo di Figura 39, si vede come il profilo di OLD 4, ancorché al di fuori della frana in esame, restituisca un andamento del tutto simile a quello dei profili in OLD 3 e OLD 2, interni alla frana in corrispondenza dell'area artigianale; questo induce a ritenere che il deposito detritico su cui sorge l'abitato di Palagano abbia caratteristiche di rigidezza del tutto comparabili con quelle dell'area in frana nella massima porzione d'accumulo o, invertendo il paragone, che il deposito di frana, nel suo massimo accumulo, abbia raggiunto, nel tempo, un grado di consolidazione paragonabile a quello di aree stabili.

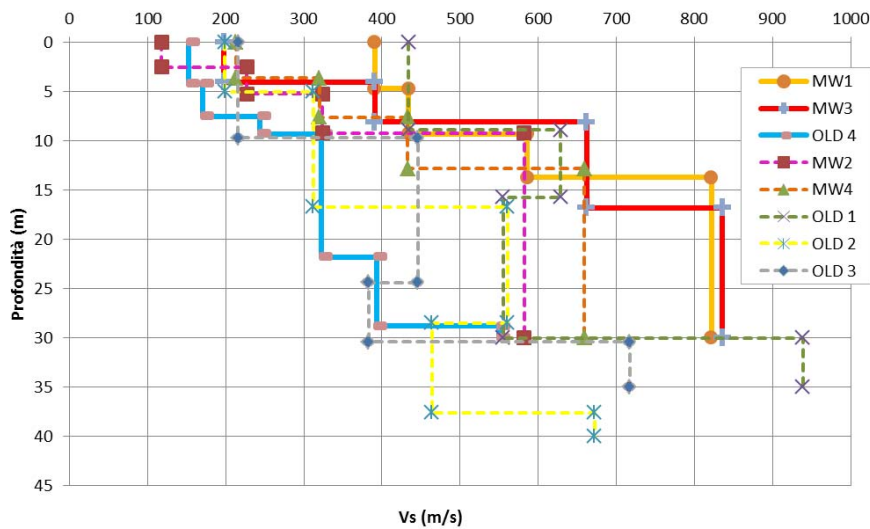


Figura 39 – Confronto tra i profili sismostratigrafici ricostruiti dalle indagini MASW eseguite all'interno del corpo di frana (linee tratteggiate) ed all'esterno del corpo di frana (linee continue).

Infine, si può vedere come, procedendo verso valle a partire dal punto di esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo, il substrato roccioso si faccia sempre più sub-superficiale, così come dimostrato dalla tendenza, nei profili OLD 2 e OLD 1, ad avvicinarsi, nell'andamento, a quello delle aree fuori frana (su substrato affiorante: MW1, MW3).

HVSR

I risultati delle misure di rumore sismico ambientale (Figura 40 e Allegato 3), effettuate nell'area di studio ed in un suo più ampio intorno (Figura 36), sembrano evidenziare differenze nelle curve H/V all'interno e all'esterno del corpo di frana. All'interno sono stati individuati massimi nelle curve H/V che, procedendo verso valle, si fanno sempre più marcati, con i valori più alti in corrispondenza della zona artigianale. All'esterno, in generale, le curve non mostrano picchi significativi. La frequenza di risonanza, rilevata in corrispondenza dei picchi maggiori, varia tra 1.5 e 3 Hz.

Questo quadro sembra indicare una dicotomia tra zona in frana e substrato affiorante al contorno. Inoltre, anche all'interno dello stesso corpo di frana, solo in corrispondenza del presunto accumulo in zona artigianale è risultata evidente la presenza di una superficie di risonanza (A5, B5, OLD2), mentre ciò non risulta altrettanto evidente nelle porzioni di distacco e transito (B3, A2, B4). Si può quindi supporre che il detrito di frana sia notevolmente ridotto nelle zone di distacco e transito e raggiunga, invece, maggiore spessore in quella di accumulo.

Interessante osservare come in due misure effettuate esternamente alla frana (A4, OLD1) vi siano picchi paragonabili a quelli delle misure eseguite in zona di accumulo (A5, B5, OLD2); questo potrebbe indicare come anche le zone indagate da A4 e OLD1 siano potenzialmente non su roccia

sub-affiorante, bensì su coltri detritiche o di frana morfologicamente in discontinuità con la frana in esame.

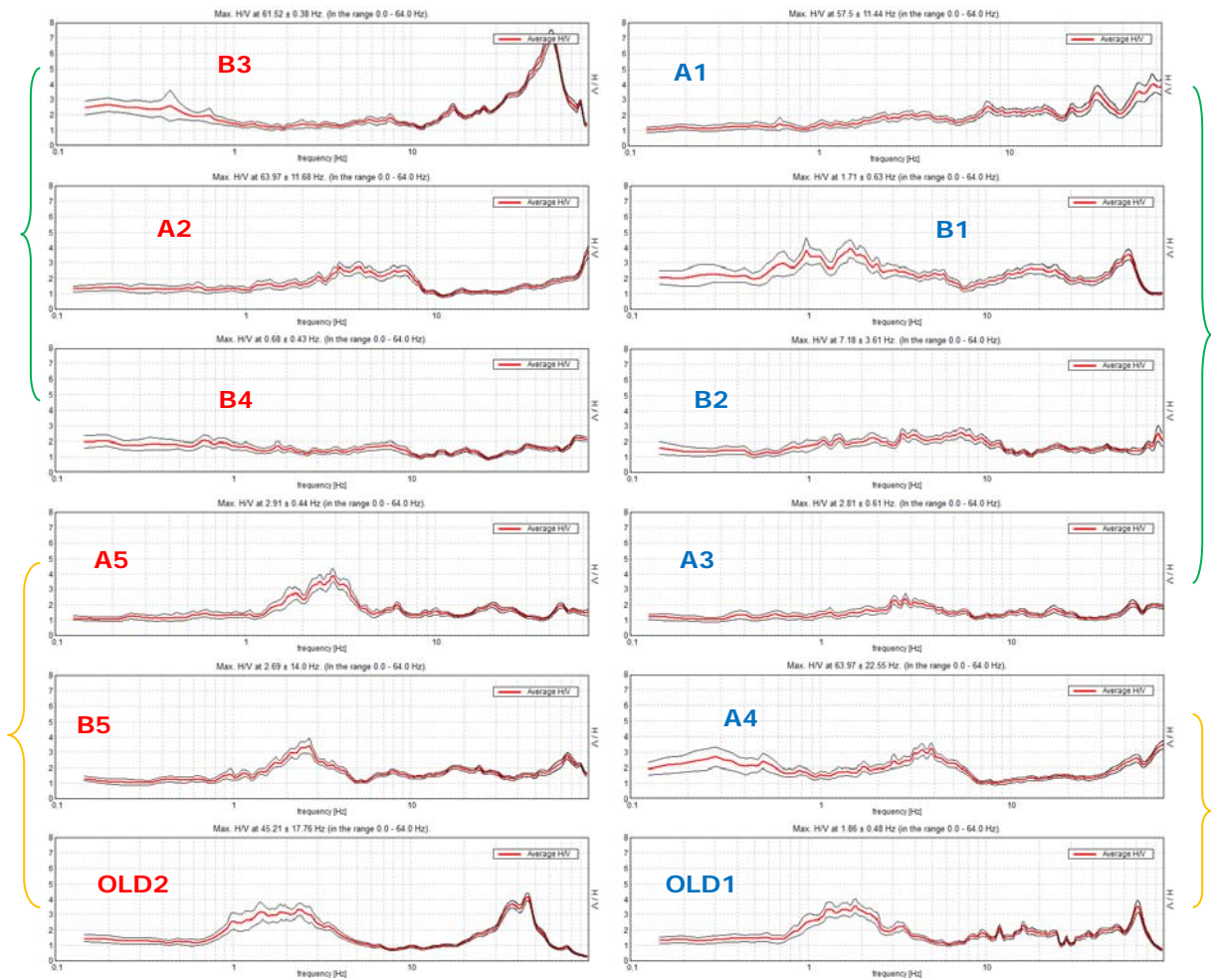


Figura 40 – Curve H/V ricavate dalle indagini HVSR effettuate internamente (sinistra) ed esternamente (destra) al corpo di frana. Le parentesi graffe (colore verde) raggruppano curve con sostanziale assenza di picchi di risonanza (amplificazione < 3) – al netto dei picchi alle frequenze più alte), mentre le parentesi graffe (colore arancione) raggruppano curve con picco maggiormente evidente (amplificazione > 3).

Sismica a rifrazione

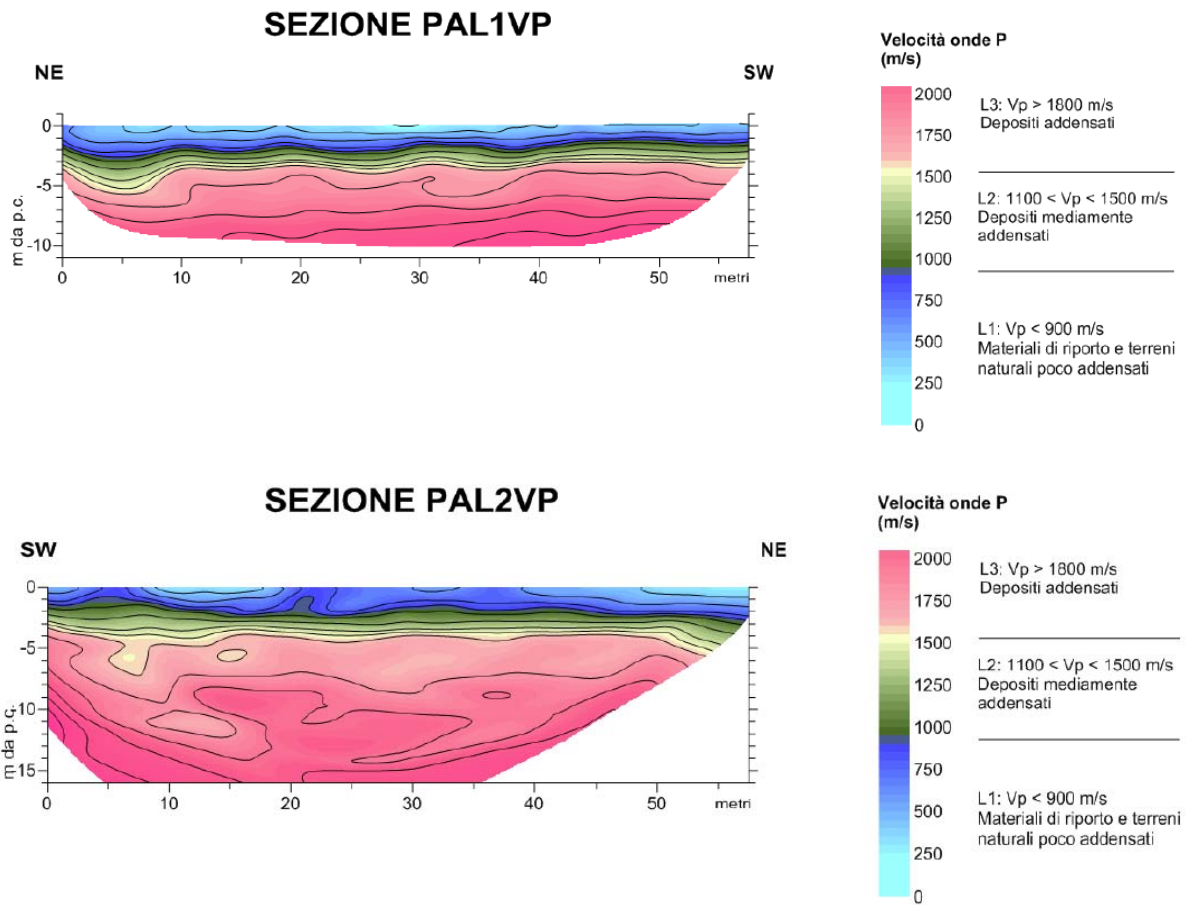


Figura 41 – Tomografie sismiche a rifrazione eseguite all'interno del corpo di frana in esame per questo studio. Per l'ubicazione degli stendimenti si vedano figura 35 e figura 36.

Nella sostanza, le tomografie sismiche (Allegato 4) confermano la sismostratigrafia locale individuata dalle altre indagini ed un progressivo aumento della rigidità dei materiali con la profondità. In entrambi i settori (PAL1VP: zona sorgente; PAL2VP: zona accumulo) è presente uno strato superficiale scarsamente addensato, di spessore variabile tra 1 e 2 m (PAL1VP) e tra 2 e 3 m (PAL2VP). Ad esso segue uno spessore di circa 1,5–2 m costituito da terreni mediamente addensati. La base è costituita da uno spessore omogeneo di terreno addensato, fino a 15 m.

7. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Le indagini **MASW** hanno fornito nel complesso buoni risultati. In generale, le acquisizioni effettuate hanno permesso di registrare un segnale sismico sufficientemente chiaro da consentire una elaborazione che ha dato risultati attendibili per le aree in studio.

In alcuni stendimenti effettuati il segnale registrato presenta dei disturbi e delle distorsioni nei sismogrammi, legate per lo più a problematiche di natura ambientale.

Si premette che la situazione ideale per l'effettuazione di un'acquisizione sismica attiva con metodo MASW è quella caratterizzata da una superficie topografica pianeggiante con una stratificazione nel sottosuolo piano-parallela alla superficie topografica.

Partendo da questo presupposto, appare evidente che le zone montane sulle quali sono state effettuate le indagini geofisiche non corrispondono ad una situazione ideale. Proprio per questo in alcuni siti di indagine si sono presentate le seguenti problematiche:

- Irregolarità della superficie topografica delle aree su cui è stato eseguito lo stendimento sismico. In questi casi si è cercato comunque di utilizzare al meglio lo spazio a disposizione cercando di posizionare i geofoni secondo un allineamento il più orizzontale possibile.
- Elevata inclinazione dei versanti. Alcune aree su cui sono state effettuate le indagini presentano una pendenza elevata, situazione non ideale che ha generato treni d'onda anomali nei sismogrammi.
- La presenza di un sottosuolo con andamento stratigrafico irregolare e non piano-parallelo e talvolta la presenza di un substrato sub-affiorante hanno fatto registrare un segnale sismico non regolare con treni d'onda anomali che si discostavano dall'andamento generale.

In fase di elaborazione i sismogrammi sono stati filtrati e selezionati in modo da tagliare eventuali distorsioni ed anomalie. Questo ha permesso di utilizzare tutte le acquisizioni effettuate seppur in alcuni casi l'interpretazione effettuata presenti alcune incertezze.

Un altro limite importante è stato quello di avere a disposizione solo indagini geognostiche superficiali, quali ad esempio prove penetrometriche dinamiche o sondaggi con escavatore, ma di non avere indagini geognostiche profonde e diffuse sul territorio (a meno dell'unico sondaggio realizzato per questo studio), come sondaggi a carotaggio continuo o dati di pozzi, che sarebbero stati molto utili nell'interpretazione sismo-stratigrafica.

Per quanto riguarda le indagini **HVSR**, al fine di determinare la qualità delle singole misure H/V effettuate e la loro relativa affidabilità, necessaria per una corretta fase interpretativa, si è provveduto alla classificazione delle prove valutando, in accordo con i più recenti studi in materia, le caratteristiche dei fondamentali principi su cui si basa la tecnica di indagine a sismica passiva utilizzata.

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche

e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione.

Considerato che le indagini HVSR sono state eseguite, nella maggior parte dei casi, in aree isolate e prive di sorgenti che potessero arrecare disturbo all'acquisizione, si possono ritenere valide le registrazioni effettuate.

L'indagine ha previsto una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione è stata effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata di 20 minuti.

Successivamente si è proceduto all'elaborazione utilizzando il software WINMASW della Eliosoft; dopo aver eseguito un'operazione detta di *windowing*, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata, queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Al termine dell'elaborazione per ogni acquisizione è stato valutato l'andamento complessivo della curva H/V, prestando particolare attenzione, durante la fase di elaborazione, alla plausibilità fisica della curva stessa, verificabile attraverso l'individuazione di massimi caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale.

Le frequenze di picco ottenute da ogni singola stazione sono state correlate con i risultati ottenuti dalle indagini MASW eseguite sui siti in studio.

Per quanto riguarda gli stendimenti a **sismica a rifrazione**, eseguiti all'interno del corpo di frana per questo studio, non sono state incontrate particolari difficoltà d'esecuzione e d'interpretazione. La sezione tomografica eseguita in corrispondenza della zona sorgente (PAL1VP) evidenzia un sismostrato superficiale (L1) con spessore di 1,5–2,0 m, in leggero aumento verso NE. L'unità sismica sottostante L2 ha uno spessore medio di 1,5 m, ed anch'essa tende ad aumentare di spessore verso NE. L'unità più profonda individuata è la L3 che, data l'immersione generale dei sismostrati, tende ad immergere verso NE. Le interfacce L1/L2 e L2/L3 hanno andamento sostanzialmente regolare con blande ondulazioni e una blanda immersione, come detto, verso NE. Nella sezione tomografica eseguita in corrispondenza dell'accumulo (PAL2VP), a partire dal piano campagna è presente un sismostrato (L1) di spessore compreso tra 1 e 3 m e spessore in leggero incremento verso NE. Il sismostrato sottostante L2 presenta modeste oscillazioni di spessore il quali si mantiene compreso tra 1 e 2 m circa. L'unità L3 interessa la maggior parte della sezione fino alla massima profondità individuata. Le interfacce tra le unità sismiche risultano ben definite da variazioni nette dei gradienti di velocità; l'andamento di tutte le interfacce appare sostanzialmente regolare.

Per quanto riguarda il **sondaggio geognostico** eseguito all'interno del corpo di frana, non si sono manifestate particolari problematiche. La natura principalmente limo-sabbiosa ed argillosa dell'intero spessore indagato (30 m), con materiale detritico grossolano tutto sommato non rilevante, ha permesso un'agevole perforazione.

8. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

In questo capitolo verranno brevemente riassunti i risultati della microzonazione sismica di I e II livello nell'area d'indagine. Si darà, quindi, ampio spazio alla descrizione della metodologia seguita per le analisi di III livello ed alla discussione dei risultati.

8.1. La microzonazione sismica di I e II livello nell'area d'indagine (sintesi)

I risultati delle indagini di microzonazione sismica di I e II livello, eseguiti dallo scrivente, mostrano per l'area in esame la presenza di una frana quiescente, di tipologia non definita, identificata dal codice "3024", al cui interno sono presenti due misurazioni di rumore ambientale nella zona di accumulo, con valori di frequenza fondamentale pari a 2,4 e 1,9 Hz, indicativi della presenza di una superficie risonante non superficiale (Figura 42).

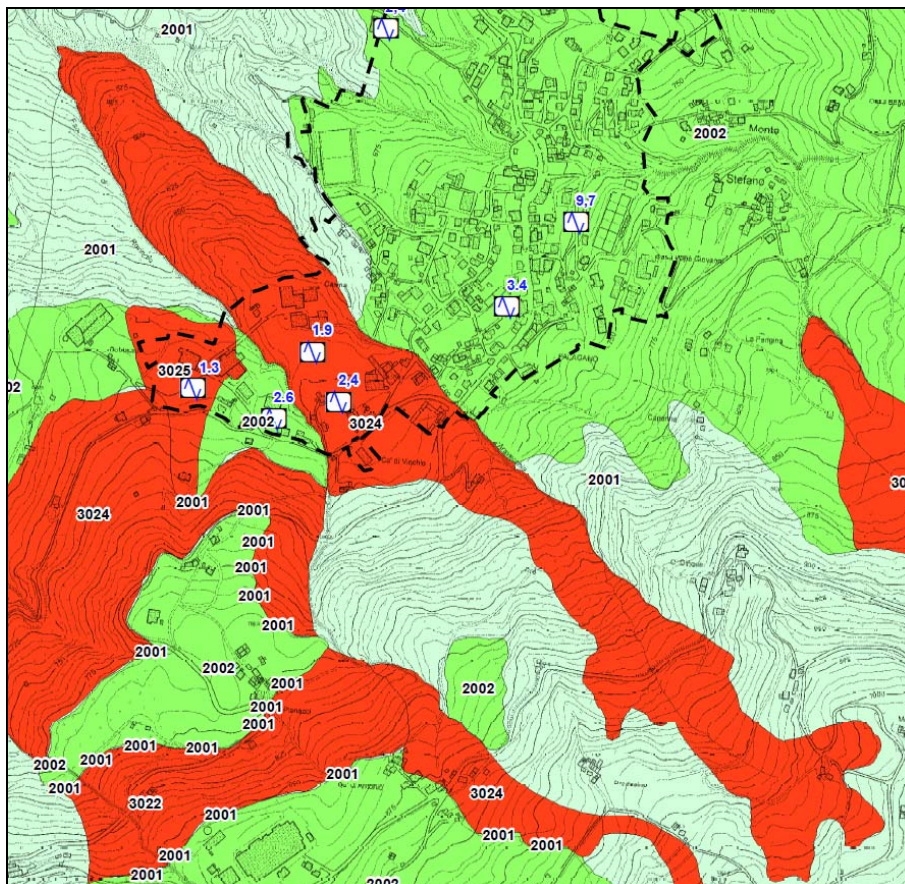




Figura 42 – Stralcio della “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” del Comune di Palagano (2015).

I valori della frequenza fondamentale hanno in entrambi i casi un’ampiezza del picco superiore a 3, indicativa di un contrasto di rigidezza tutto sommato sensibile. La V_sH (dove H è prossimo a 9 m) è risultata pari a 221 e 334 m/s, mentre le tre carte di microzonazione sismica di II livello identificano l’area come zona suscettibile di instabilità di versante, con settori in cui vi può essere amplificazione topografica per inclinazioni superiori a 15° (Figura 43), in particolare in corrispondenza delle scarpate generate dall’incisione dei due corsi d’acqua.

Le zone suscettibili di instabilità sono aree nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre ai fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del terreno (instabilità di versante in presenza di pendii instabili e potenzialmente instabili). Fanno parte di questa categoria le zone suscettibili di instabilità di versante ed in queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

Nel seguente capitolo 8.2 verranno, pertanto, presentati la metodologia ed i risultati dell’analisi di microzonazione sismica di III livello eseguita per l’area in esame, i cui dati sono stati già ampiamente descritti nei capitoli precedenti, derivati da: analisi geomorfologica di dettaglio, indagini geognostiche e geofisiche.

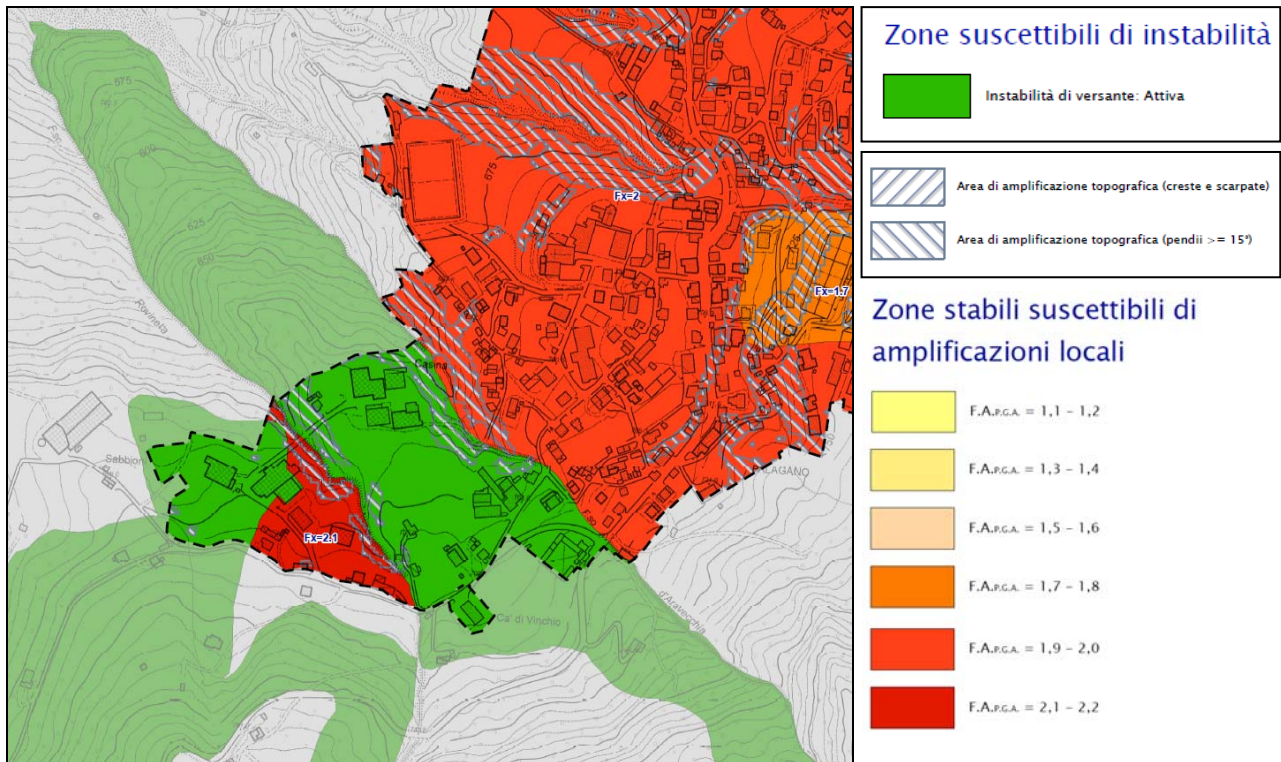


Figura 43 – Stralcio della “Carta di microzonazione sismica di II livello” del Comune di Palagano.

8.2. Analisi di III livello per l’area d’indagine

Le elaborazioni propedeutiche alla valutazione della pericolosità locale, a cura del Prof. D. Albarello, sono contenute nella relazione in Allegato 5-CD, redatta per tutte le tre aree da sottoporre ad analisi di III livello all’interno dei tre Comuni dell’Unione. Le elaborazioni propedeutiche hanno permesso di ricavare:

- i profili di velocità delle onde S rappresentativi del volume instabile (corpo di frana) e del substrato;
- il rapporto di smorzamento del materiale all’interno del corpo di frana;
- i profili di deformazione all’interno del corpo di frana;
- una stima della geometria della superficie di scivolamento;
- gli spettri elastici di risposta, sia in termini di pseudo-velocità che di pseudo-accelerazione al basamento sismico e alla superficie del corpo di frana;
- l’amplificazione relativa ai valori di PGA e dell’Intensità di Housner nei periodi 0.1–0.5s e 0.5–1s;
- I fattori di amplificazione (FA) in accelerazione relativi ai bassi periodi, FV per alti periodi e Ft (topografica) sulla base di una modellazione 2D lungo sezioni rappresentative;
- gli accelerogrammi in superficie.

Gli obiettivi sopra elencati sono stati raggiunti attraverso:

- modellazione numerica 1D della risposta sismica locale (in campo lineare equivalente), includendo l'effetto delle possibili incertezze sui dati di base e valutando per le diverse parti dell'area di studio:
 - lo spettro di risposta elastico (al 5% di smorzamento),
 - i parametri dello spettro semplificato previsto dalla normativa che meglio si adatti allo spettro di risposta ottenuto dalle analisi numeriche e
 - i possibili accelerogrammi di riferimento per la eventuale verifica in campo dinamico delle strutture.
- modellazione numerica 2D della risposta sismica locale nelle aree dove gli effetti topografici potrebbero potenzialmente alterare la risposta sismica locale stimata mediante la modellazione 1D.

Di seguito verranno proposte le sole elaborazioni per l'area in frana di Palagano, a cui seguirà l'analisi di pericolosità da instabilità di versante, a cura dello scrivente, rimandando alla succitata relazione a cura del Prof. D. Albarello per maggiori dettagli.

L'analisi di pericolosità ha come obiettivo finale il calcolo del **massimo spostamento co-sismico del corpo di frana**, qui eseguito secondo la metodologia di Newmark (1965). I valori di spostamento co-sismico sono infatti utilizzati dalle linee guida nazionali come indice della pericolosità locale per frane sismo-indotte.

8.2.1. Inversione congiunta delle curve di dispersione ed H/V

Come si è visto, l'esame esplorativo delle curve di dispersione e delle curve H/V (Capitolo 6) non mostra la presenza di possibili transizioni significative (si legga "contrastati di impedenza evidenti") negli spessori più superficiali dell'area indagata. Questo implica la necessità di definire, almeno in via approssimata, la posizione del substrato rigido (ovvero il "bedrock sismico") dove applicare il moto sismico di riferimento e valutare gli effetti della risposta sismica locale. Inoltre, allo scopo di eseguire analisi di risposta sismica locale è necessario vincolare il profilo di velocità delle onde di taglio nelle diverse parti dell'area di studio.

Sono state quindi eseguite delle inversioni congiunte relative alle curve di dispersione ed alle curve H/V corrispondenti (figure 44 e 45) utilizzando una procedura agli Algoritmi Genetici (p.es., Picozzi e Albarello, 2007; Albarello et al., 2011) che permette di gestire la marcata non linearità del problema consentendo, nel contempo, di stimare le incertezze relative ai risultati ottenuti. Quest'ultimo punto è di estrema importanza per la valutazione della risposta sismica locale in chiave di sicurezza sismica in quanto permette di effettuare valutazioni conservative della risposta sismica locale. Il metodo è basato sull'assunzione di una configurazione del sottosuolo essenzialmente 1D almeno alla scala delle misure effettuate localmente (in pratica degli stendimenti MASW considerati). Le misure tomografiche in onde P condotte in questo studio confermano la validità dell'ipotesi per la zona di studio.

Nel complesso sono state eseguite inversioni congiunte relativamente ai siti nelle ellissi verdi in Figura 44. I risultati prodotti dalle inversioni sono riportati in Figura 46. Per ogni sito, la procedura di inversione è stata eseguita almeno 10 volte in modo da esplorare in modo più completo lo spettro delle possibili soluzioni. Una delle inversioni (Palagano 3) è stata effettuata considerando

la sola curva H/V. Come si vede, l'impiego dell'approccio qui considerato, consente anche una stima di massima del livello di incertezza associato alle stime del profilo di V_s infine determinato. Questo elemento è assai importante ai fini di una stima cautelativa dei possibili effetti di amplificazione stratigrafica indotti dalle coperture nell'area di studio.

In generale, al netto delle notevoli incertezze relative ai modelli sismostratigrafici prodotti dalle inversioni, sembra possibile collocare il substrato sismico ($V_s > 800$ m/s) a profondità prossime ai 60 m. Per tutte le aree, la profondità del bedrock risulta comunque al di sotto dei livelli raggiungibili con misure standard in foro. Le inversioni mostrano la presenza di una prima transizione ben marcata nella rigidità dei terreni a profondità di circa 20 metri, che solo in corrispondenza del sito "Palagano 5" raggiunge velocità delle onde S prossime a quelle di un bedrock sismico (circa 700 m/s). Lo stesso "Palagano 5" mostra, a 60 m, velocità ben superiori agli 800 m/s, quasi a indicare che qui, come intuito dal rilevamento geomorfologico, gli spessori del corpo di frana possano essere minimi, con presenza di substrato alterato a basse profondità. Solo in corrispondenza del sito esterno alla frana, già a 40 m vi è il passaggio a velocità superiori a quelle del bedrock sismico, confermando quanto previsto dall'analisi geomorfologica eseguita, ovvero la presenza di un substrato roccioso affiorante.

In prossimità della testata di frana (sito "Palagano 6"), ancora a 60 m la velocità delle onde S non raggiunge quella del bedrock sismico; questo dato, insieme alla concavità marcata della superficie topografica, porta ad ipotizzare la presenza di uno spessore del deposito di frana superiore alle altre zone di applicazione della tecnica d'inversione, dovuto, probabilmente, alla presenza della superficie di scivolamento (rotazionale) della frana stessa.

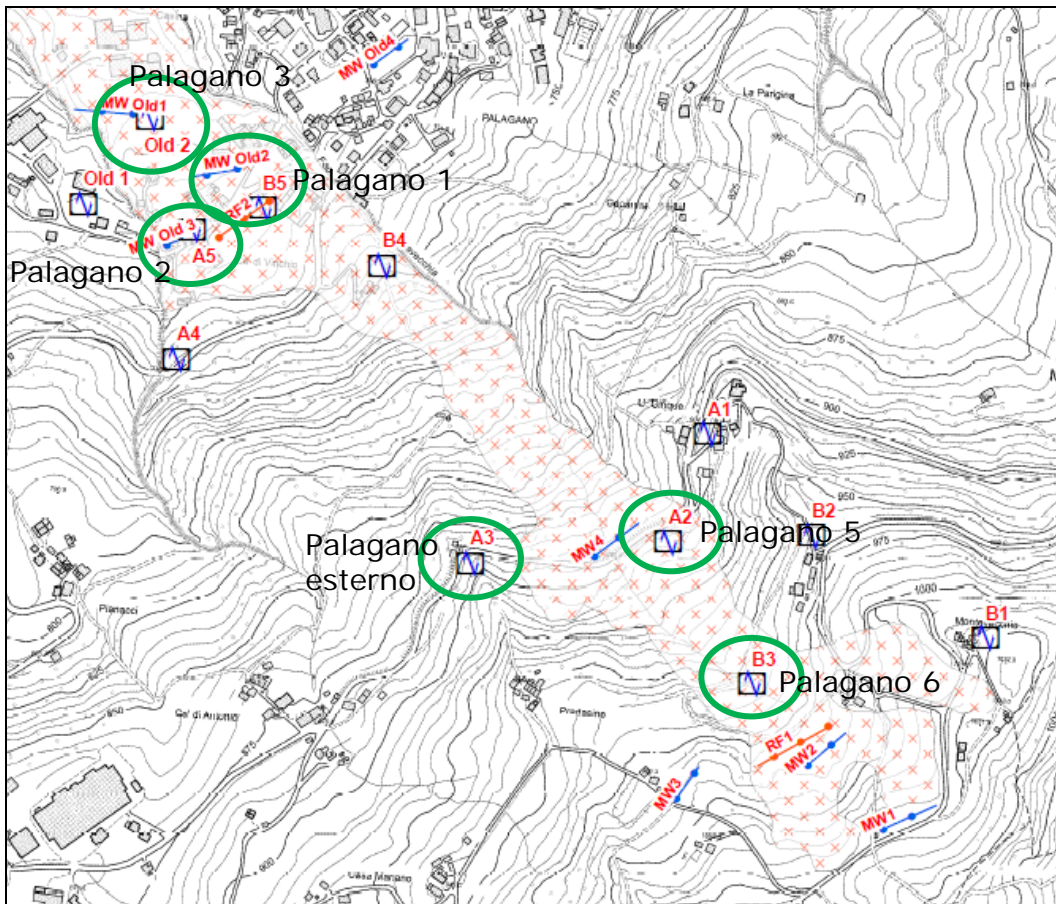
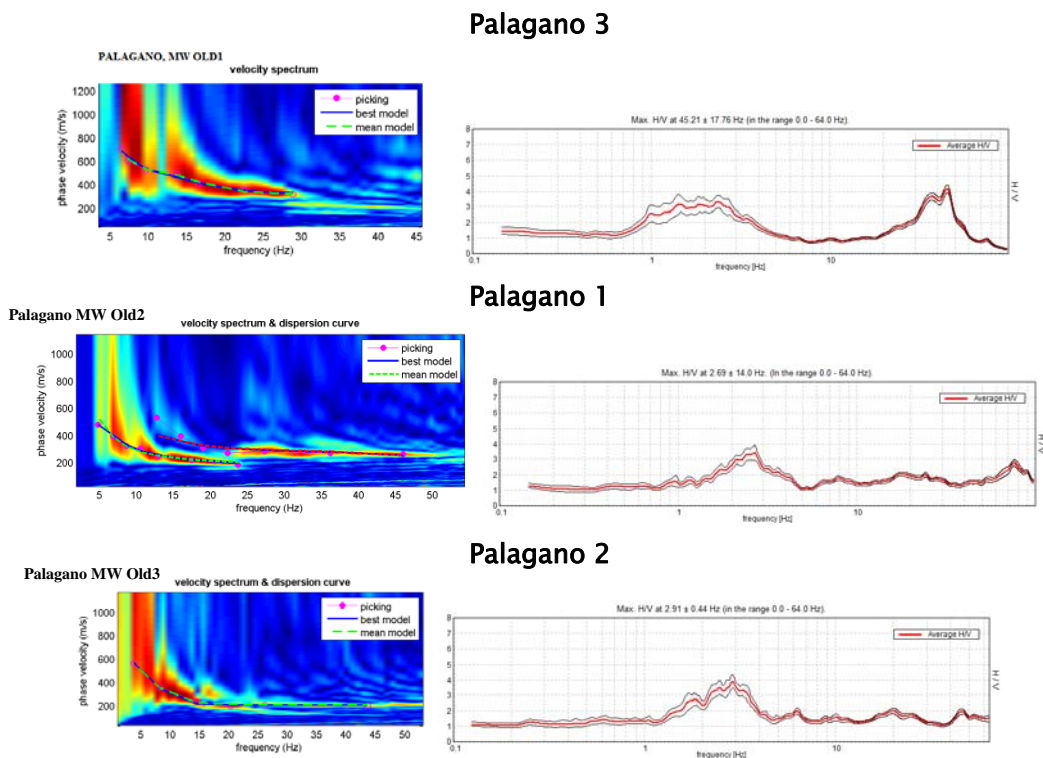


Figura 44 – Individuazione dei siti in cui sono state eseguite le inversioni congiunte (ellissi in verde). In figura 45 sono riportate le coppie MASW/HVSR per ogni sito.



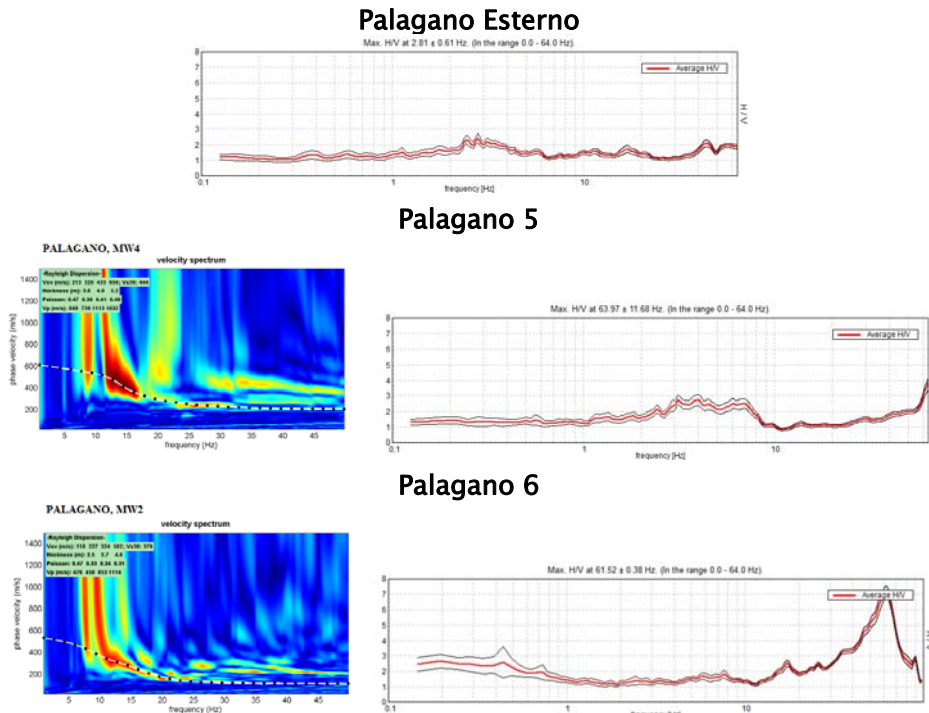
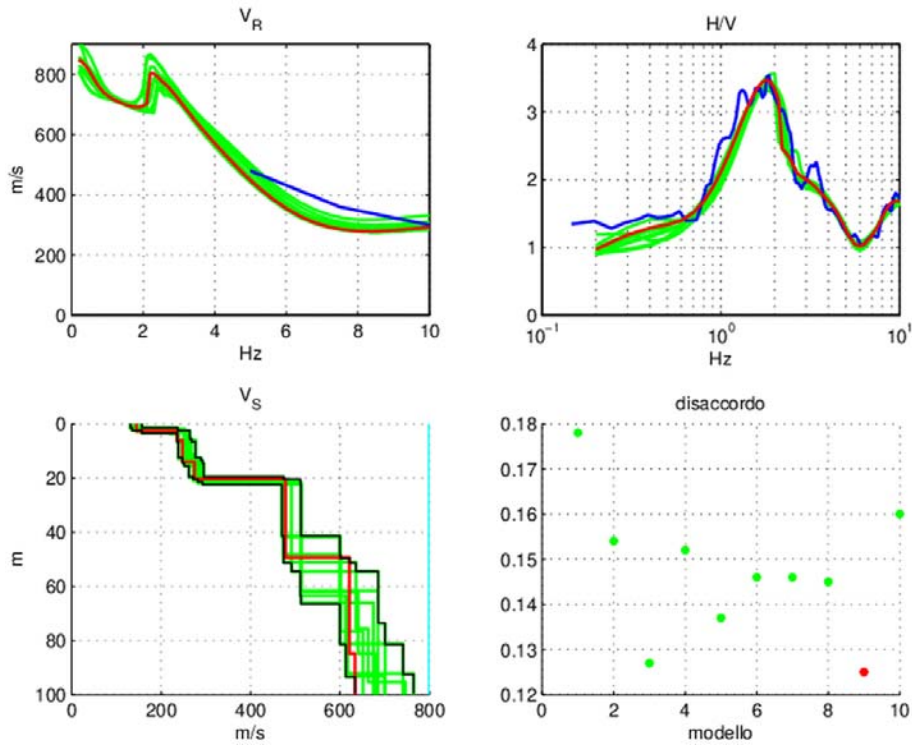
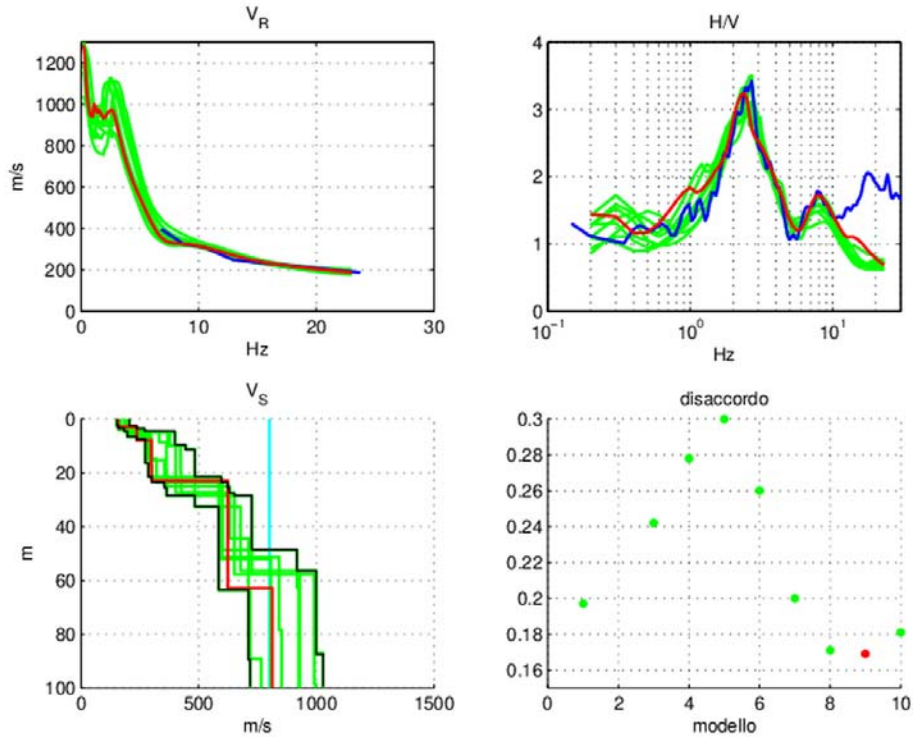


Figura 45 – Coppie MASW/HVSR utilizzate nei ter siti individuati dalle ellissi verdi fi figura 44 per condurre le inversioni congiunte.

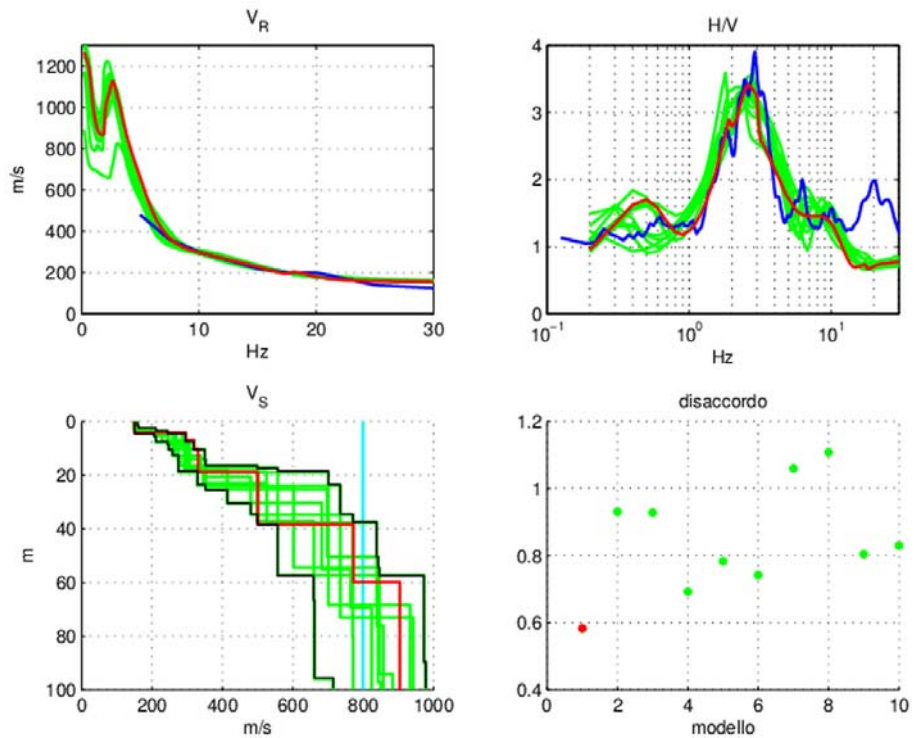
Inversione congiunta in “Palagano 3”



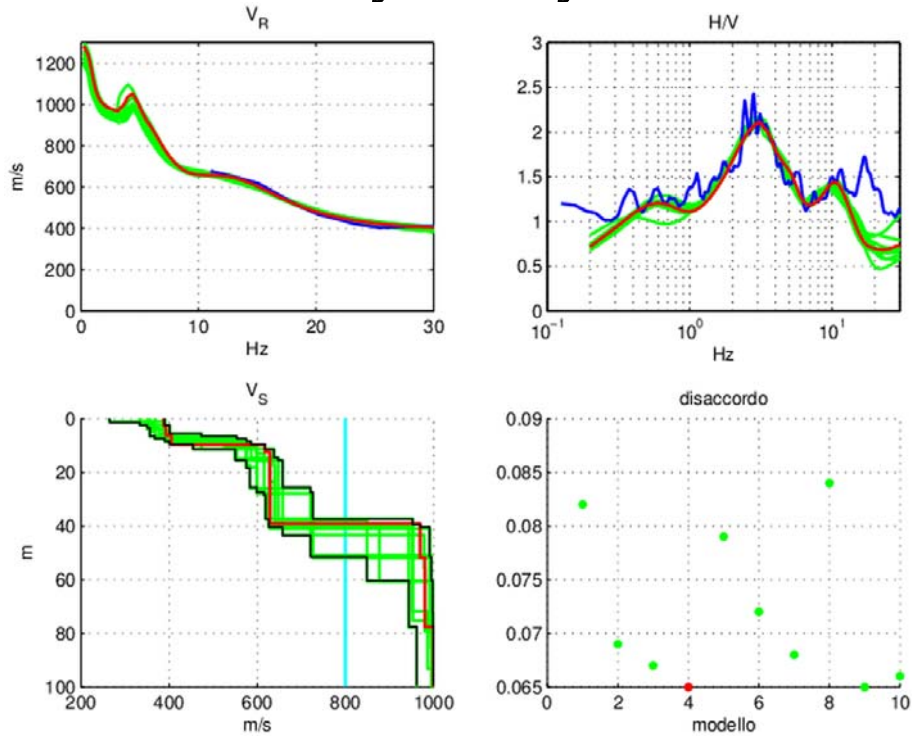
Inversione congiunta in "Palagano 1"



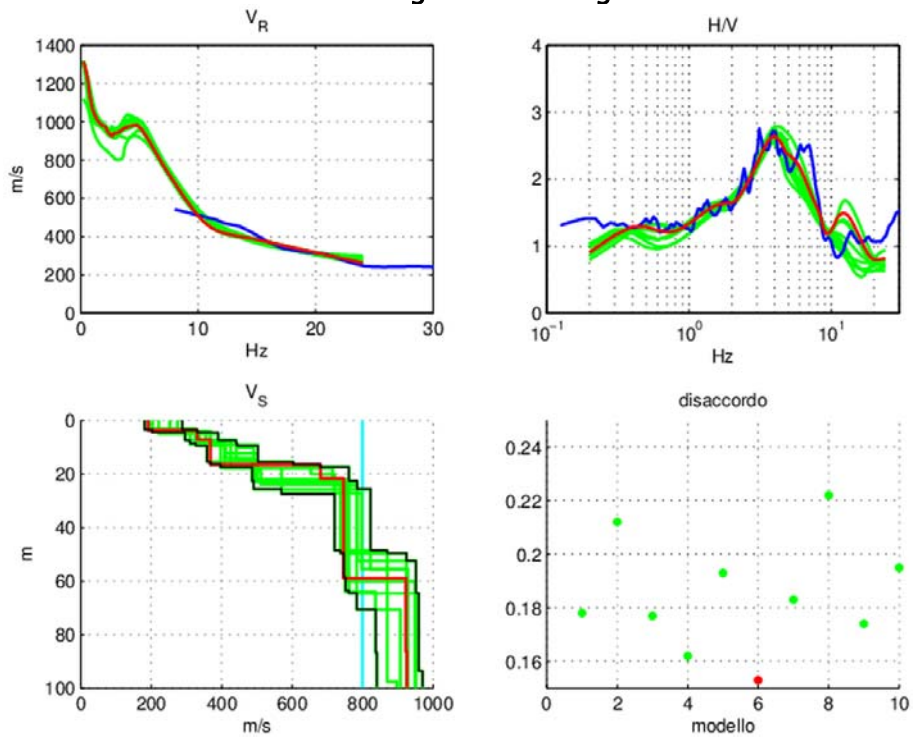
Inversione congiunta in "Palagano 2"



Inversione congiunta in “Palagano Esterno”



Inversione congiunta in “Palagano 5”



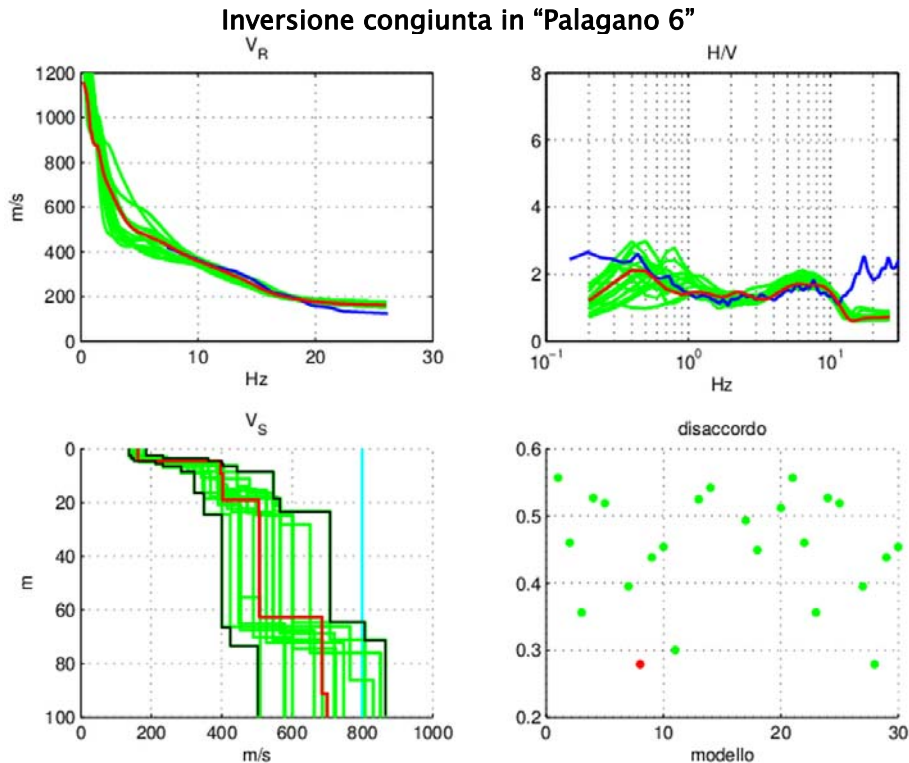


Figura 46 – Risultati delle inversioni congiunte delle curve di dispersione sperimentali (in blu nei riquadri in alto a sinistra) e delle curve H/V (in blu nei riquadri in alto a destra) relative ai siti “Palagano 3”, “Palagano 1”, “Palagano 2”, “Palagano esterno”, “Palagano 5” e “Palagano 6” (si veda figura 44). Le curve in rosso indicano il risultato di migliore adattamento. Nei riquadri in basso a sinistra è riportato (in rosso) il migliore profilo di velocità delle onde, corrispondente al valore di disaccordo minimo (punto rosso nei riquadri in basso a destra). Gli altri punti, nelle figure in basso a destra, corrispondono alle curve in verde dei grafici in basso a sinistra. Tutte le curve in verde corrispondono ai valori relativi alle configurazioni giudicate comunque ‘compatibili’ con le osservazioni (ovvero con un disaccordo entro il doppio del minimo assoluto). Le curve nere nei riquadri in basso a sinistra limitano gli intervalli di confidenza (incertezza) associati ai valori di Vs alle varie profondità. La linea verticale azzurra nello stesso grafico indica gli 800 m/s.

8.2.2. Analisi della risposta sismica locale (1D)

A partire dai risultati delle indagini effettuate fino a questo punto è stata quindi eseguita una valutazione della risposta sismica locale nell’area di studio. La procedura di calcolo è quella lineare equivalente implementata nel codice di calcolo STRATA (Rathje e Kottke, 2013). L’uso di un codice di questo genere è giustificato dalla sismicità relativamente bassa dell’area e dal carattere grossolano dei sedimenti presenti che non sembrano potenzialmente in grado di innescare fenomeni di marcata non-linearità non gestibili attraverso questo tipo di modello di calcolo.

Un importante vantaggio legato a questo codice di calcolo è la possibilità che esso offre di gestire le significative incertezze presenti nei dati di modellazione (moto di riferimento, profilo di Vs, curve di smorzamento e riduzione del modulo di taglio) permettendo di fornire stime adeguatamente conservative degli spettri di scuotimento attesi. Il moto di riferimento prescelto è costituito per ogni sito dai tre accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna¹⁴. Si tratta di

¹⁴ URL breve: <https://goo.gl/gHU7wz>

tre accelerogrammi compatibili con la pericolosità locale relativa ad una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. Gli accelerogrammi sono relativi ad un terreno di riferimento (affiorante) caratterizzato da valori delle velocità di propagazione delle onde S almeno pari a 800 m/s.

La modellazione 1D è stata effettuata applicando il profilo di velocità ricavato dall'inversione e consentendo variazioni stocastiche del profilo stesso all'interno degli intervalli di confidenza dedotti dall'inversione. Per ottenere una stima conservativa della risposta sismica locale, il basamento sismico è stato collocato alla profondità minima fra quelle compatibili con i risultati delle inversioni congiunte (vedasi capitolo 8.2.1). Per quanto riguarda le curve di smorzamento e di riduzione del modulo di taglio, dato il carattere grossolano dei materiali presenti nel sottosuolo dell'area indagata, per la caratterizzazione delle curve di smorzamento e riduzione del modulo di taglio si è fatto riferimento alle curve di letteratura proposte da Rollins et al. (1998).

Le ampie incertezze relative a queste curve sono state modellate utilizzando la forma e la parametrizzazione proposta da Darendeli (2001). Per ogni sito sono state effettuate 50 simulazioni per ciascun accelerogramma.

Allo scopo di ottenere stime conservative degli spettri di risposta, si è deciso di adottare per ogni analisi lo spettro di risposta caratterizzato da una probabilità di eccedenza del 10% e quindi compatibile con le stime di pericolosità sismica (relative ad una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni). Oltre agli spettri di risposta in accelerazione dalle simulazioni numeriche è anche possibile dedurre i profili del valore di **massima deformazione** lungo la colonna stratigrafica analizzata. Questo profilo aiuta a definire la parte più deformabile della struttura stratigrafica **permettendo di identificare la parte del materiale in frana potenzialmente attivabile in caso di terremoto**.

I risultati ottenuti mediante le analisi 1D sono riportati in forma completa nell'Allegato 3 della relazione a cura del Prof. Albarello, allegata a questo elaborato. La Tabella 1 sintetizza i risultati ottenuti per i valori di PGA e PGV (alla superficie) nei diversi siti di misura. Laddove il valore di PGA è costante per ogni località, il valore di PGV varia nei singoli accelerogrammi. Per valore di PGV in input si è quindi considerato il valore caratterizzato da una probabilità di eccedenza del 10% stimato dai tre valori di PGV nell'assunzione che seguano una distribuzione log normale.

	PGA (g)			PGV (cm/s)		
	Input	Output (90%)	Ampl	Input (90%)	Output (90%)	Ampl
Palagano 1	0.16	0.29	1.81	9.50	15.56	1.64
Palagano 2	0.16	0.35	2.19	9.50	22.88	2.41
Palagano 3	0.16	0.31	1.94	9.50	19.79	2.08
Palagano 5	0.16	0.30	1.88	9.50	15.79	1.66
Palagano 6	0.16	0.32	2.00	9.50	18.03	1.90
Palagano Esterno	0.16	0.24	1.50	9.50	12.15	1.28

Tabella 1 – Risultati dell'analisi di risposta sismica locale 1D nei siti di misura di Palagano (Figura 44). 'Ampl' indica il rapporto di amplificazione fra il moto atteso alla superficie della colonna stratigrafica considerata e il moto in input (applicato al tetto del bedrock sismico).

Nella modellazione sono stati anche calcolati i profili di massima deformazione lungo le diverse colonne stratigrafiche (Allegato 4 della relazione a cura del Prof. Albarello). I valori della deformazione risultano elevati soprattutto nei punti al piede della frana (Palagano 2 e Palagano 3 in particolare) dove la zona più deformata raggiunge spessori dell'ordine di 20–25 m. Il livello di deformazione diminuisce fortemente nelle parti più a monte fino a diventare confrontabile con quello ottenuto all'esterno del corpo di frana. In questi punti non esistono più transizioni significative che possano indicare la profondità del corpo di frana. Nel punto Palagano 6 la deformazione è elevata, ma si concentra nei soli primi 5 metri, suggerendo la possibile presenza di una copertura potenzialmente mobilizzabile. Questa copertura maggiormente deformabile sembra esistere anche nei siti più a valle (Palagano 2, in particolare, ma anche Palagano 3, con valori minori).

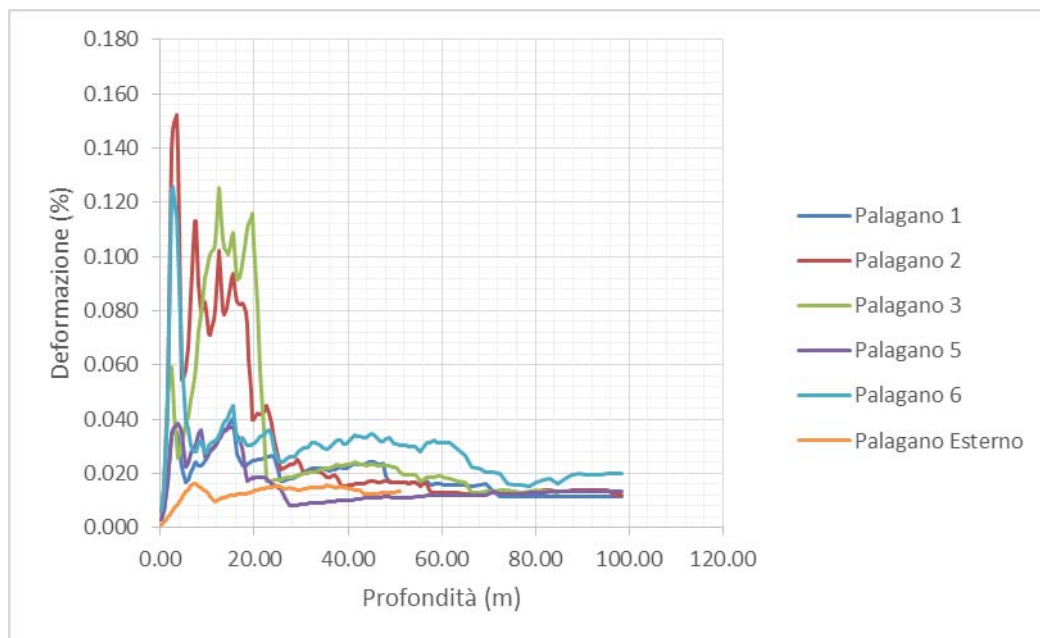


Figura 47 – Andamento della deformazione massima per i punti di misura relativi all'area di studio.

La modellazione numerica ha anche permesso di calcolare i valori di V_s (velocità di propagazione delle onde di taglio) compatibili con il massimo livello di deformazione raggiunto in fase co-sismica. In questo caso si è scelto di considerare come rappresentativo il valore mediano fra quelli ottenuti dalle simulazioni allo scopo di evitare stime sotto-conservative legate a rigidzze maggiori ottenute dalla simulazione.

La situazione appare abbastanza articolata. I risultati delle inversioni mettono in evidenza un primo aumento del gradiente di velocità a bassa profondità (5–10 m), comune a tutti i punti di misura. Un secondo aumento dei valori di V_s si manifesta anche attorno ai 20m di profondità: questo secondo aumento è più marcato nei punti di Palagano 2, Palagano 3 e Palagano 5 ed è assente fuori del corpo di frana. Nel presunto corpo di frana i valori di V_s minori si trovano al piede del corpo di frana nei punti Palagano 2 e Palagano 3 (attorno ai 200 m/s). Questi valori salgono a circa 350 m/s più a monte. Il presunto materiale in posto raggiunge valori compresi fra 500 e 700 m/s, che per primo viene raggiunto in Palagano 5, a confermare la presenza di un substrato roccioso piuttosto superficiale nel settore mediano della frana.

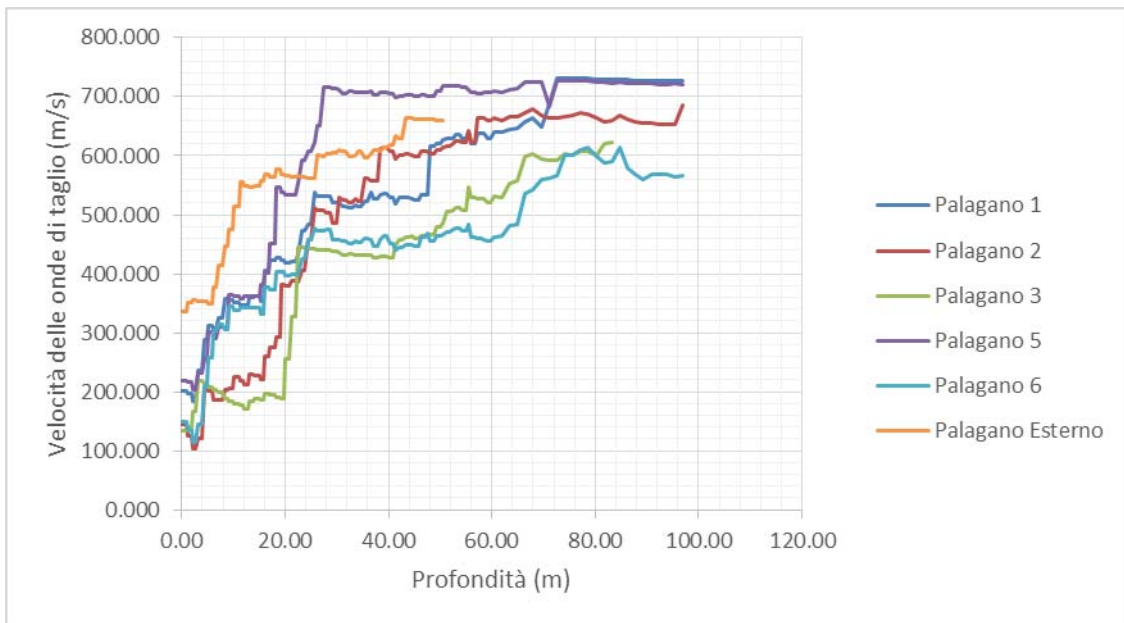


Figura 48 – Andamento dei valori di velocità delle onde di taglio per i punti di misura relativi all'area di studio.

La Figura 49 mostra invece i profili del rapporto di smorzamento ottenuti nei diversi punti di analisi. I valori relativi sono riportati nell'Allegato 6 della relazione a cura del Prof. Albarello. Come per i profili di massima deformazione, anche i profili dello smorzamento mostrano i valori più alti nel settore di accumulo della frana, dalla superficie fino a circa 20 m. Negli altri settori lo smorzamento è paragonabile a quello dell'area al di fuori della frana, al netto di Palagano 6, in corrispondenza della zona sorgente, in cui si ha un forte smorzamento nei primi 5 m.

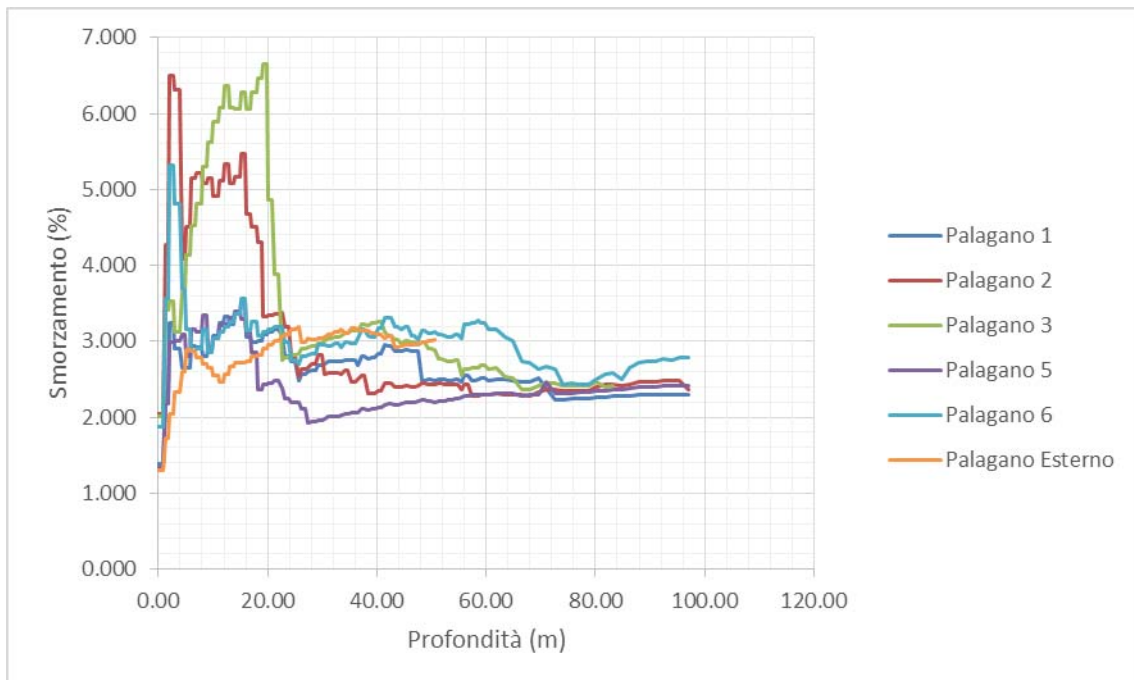


Figura 49 – Andamento dei valori dello smorzamento (in %) per i punti di misura relativi all'area di studio.

I risultati relativi alle stime degli spettri di risposta elastici con smorzamento al 5% sono riportati nell'Allegato 7 della relazione a cura del Prof. Albarello. Lo spettro di risposta di riferimento (al basamento sismico affiorante) è quello corrispondente al 90° percentile (probabilità di eccedenza del 10%) della popolazione dei diversi spettri di risposta relativi al moto di input utilizzato per la località. Allo stesso modo è stato ottenuto lo spettro di risposta alla superficie per ogni sito di analisi. La Figura 50 mostra le forme di questi spettri. I rispettivi valori di FA per l'intensità di Housner (o "intensità dello spettro di risposta") nei tre siti di analisi sono riportati in Tabella 2.

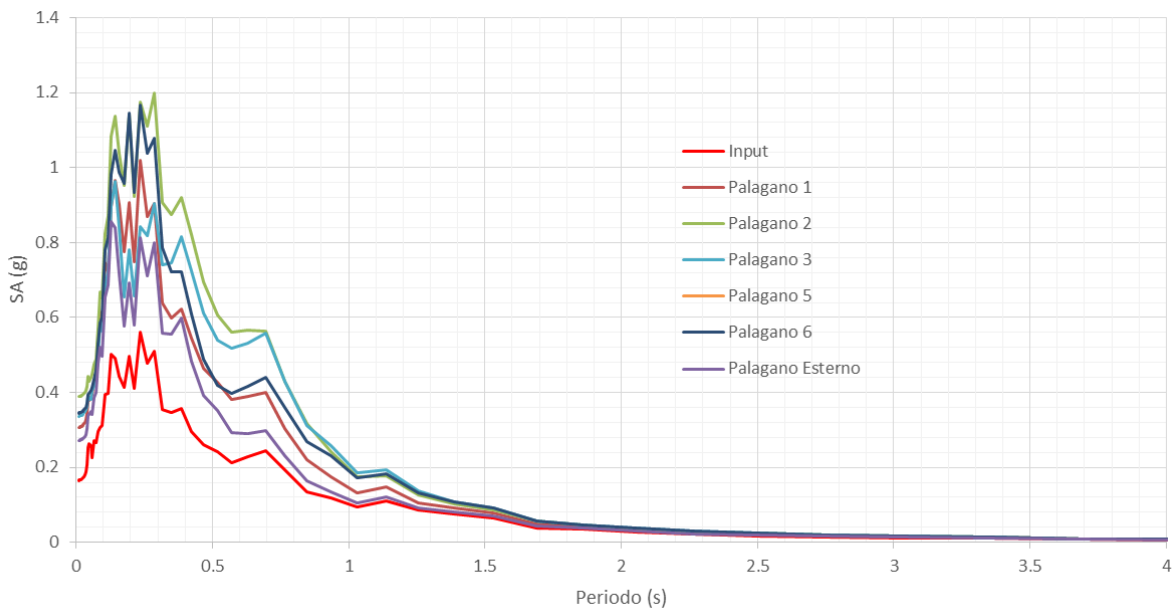


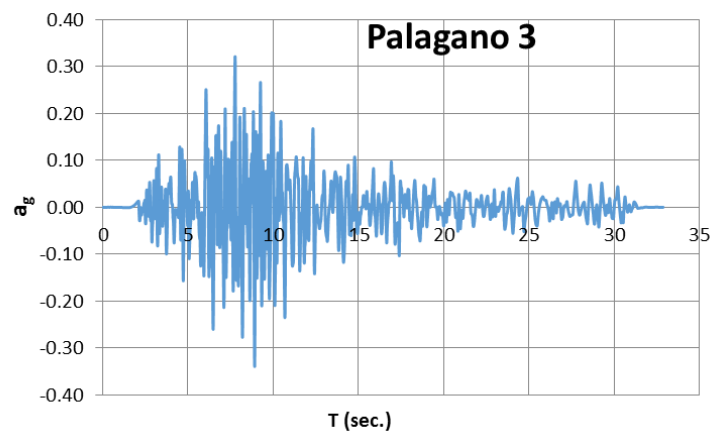
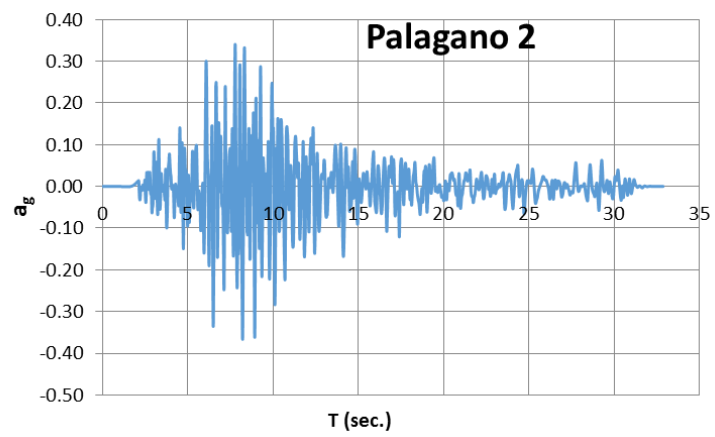
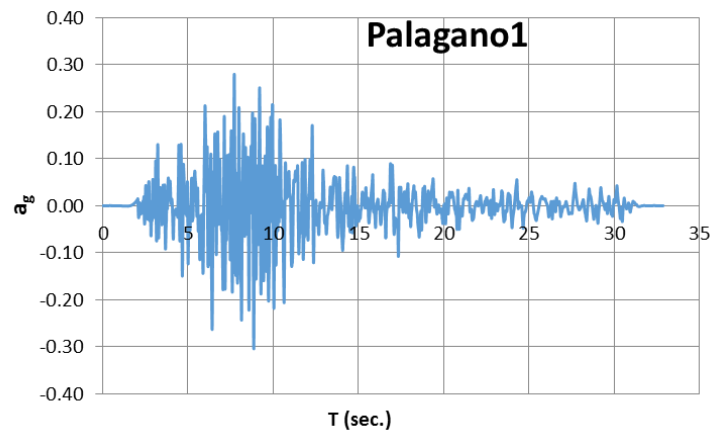
Figura 50 – Spettri di risposta relativi al sito di Palagano per i punti di analisi in figura 44.

	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1}	FA _{0.5-1.5}	I _{0.1-0.5}	I _{0.5-1}	I _{0.5-1.5}	IO _{0.1-0.5}	IO _{0.5-1}	IO _{0.5-1.5}
Palagano 1	1.81	1.62	1.46	0.11	0.18	0.29	0.06	0.11	0.20
Palagano 2	2.45	2.31	1.95	0.15	0.26	0.39	0.06	0.11	0.20
Palagano 3	1.99	2.25	1.97	0.12	0.26	0.39	0.06	0.11	0.20
Palagano 5	1.93	1.46	1.34	0.12	0.17	0.27	0.06	0.11	0.20
Palagano 6	2.11	1.86	1.72	0.13	0.21	0.34	0.06	0.11	0.20
Palagano Esterno	1.57	1.24	1.18	0.10	0.14	0.23	0.06	0.11	0.20

Tabella 2 – FA: fattori di amplificazione dell'intensità dello spettro di risposta (o di Housner); I: intensità di Housner alla superficie (in m); IO: intensità di Housner al basamento affiorante (in m), nei tre intervalli di periodo 0–0.5s, 0.5–1s e 0.5–1.5s per i siti di analisi nella località di Palagano (figura 44).

Per ciascun punto di analisi è stato identificato un accelerogramma di riferimento. Fra tutti quelli generati dalle simulazioni numeriche si è scelto per ogni sito quello caratterizzato da uno spettro di risposta più simile allo spettro considerato rappresentativo del sito (si veda in proposito l'Allegato 7 della relazione a cura del Prof. Albarello). I valori di accelerazione sono riportati (in frazioni di g) nell'Allegato 8 della stessa relazione.

COMUNE DI PALAGANO – PROVINCIA DI MODENA
MICROZONAZIONE SISMICA – 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
RELAZIONE ILLUSTRATIVA



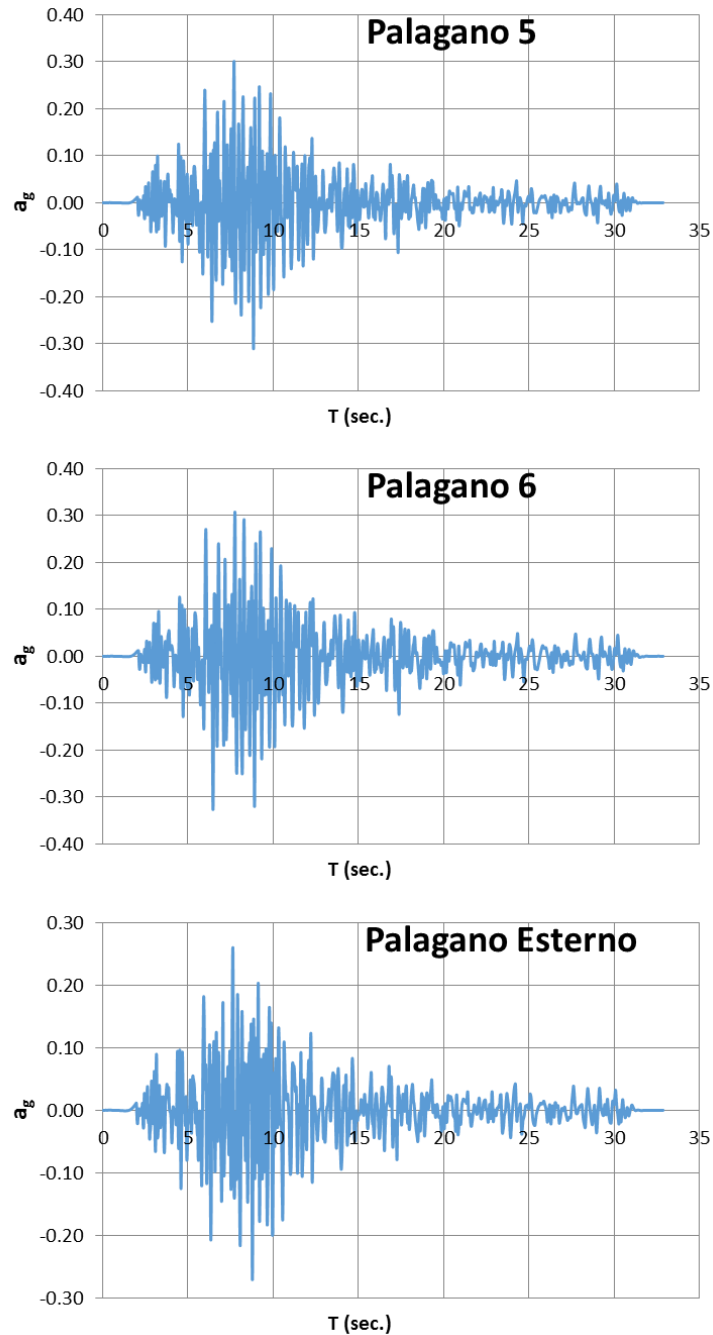


Figura 51 – Accelerogrammi generati alla superficie topografica dei sei siti dall'analisi di risposta sismica locale 1D.

8.2.3. Caratteristiche del corpo di frana dedotte dai risultati della modellazione 1D

A partire dai risultati ottenuti dalle analisi condotte fino a questo punto è possibile trarre alcune conclusioni riguardo alle caratteristiche geometriche e sismiche del corpo di frana esaminato in località Palagano.

Tutti i siti di analisi mostrano un marcato aumento del gradiente di velocità attorno alla profondità di 5 m dal piano campagna, sia all'esterno che all'interno del presunto corpo di frana.

Potrebbe trattarsi di una copertura detritica incoerente comune a tutta l'area. Un secondo marcato aumento del gradiente di Vs si verifica nei soli punti inclusi nel corpo di frana ad una profondità compresa fra 15 e 25 metri dal piano campagna. Al di sotto di questa profondità, i valori di Vs si attestano su valori comunque superiori a 450–500 m/s. Questa transizione potrebbe corrispondere alla base di un corpo di frana che ha rimaneggiato variamente il materiale coinvolto, che si presenta con valori di Vs eterogenei. In particolare, la parte più rimaneggiata sembra coinvolgere soprattutto il piede della frana con maggiori spessori di materiale coinvolto (20–25 m). Nella parte più a monte il livello di rimaneggiamento è minore e raggiunge spessori minori (15–20m). Più in profondità sembra esistere (in tutta l'area) una ulteriore transizione che presenta marcate differenze nei diversi settori: attorno ai 70 m al piede della frana e attorno ai 30–40 m più a monte. Al di sotto di queste profondità i valori di Vs superano i 700 m/s.

Anche le analisi di risposta sismica 1D riflettono, quindi, l'interpretazione geomorfologica descritta in precedenza, a sua volta confermata dall'analisi incrociata dei dati geofisici (MASW/HVSR): la presenza di un corpo di frana che ha il minimo spessore nel settore di transito, uno spessore intermedio nel settore sorgente e lo spessore massimo in corrispondenza del piede.

8.2.4. Analisi di risposta sismica locale 2D

In generale, il contrasto di impedenza rilevato alla base del presunto corpo di frana è relativamente ridotto. Quindi sembra poco probabile il verificarsi di possibili effetti di intrappolamento 2D all'interno del corpo di frana identificato. Tuttavia, nell'area sono presenti forti gradienti topografici che potrebbero indurre effetti di focalizzazione o conversione di fase non trascurabili e quindi produrre una potenziale sottovalutazione dell'entità dei fenomeni sismici prodotta dall'impiego di un semplice approccio 1D. E' quindi stata comunque eseguita un'analisi dei possibili effetti 2D mediante modellazione numerica agli Elementi Finiti in campo lineare-equivalente.

I calcoli sono stati effettuati mediante il codice LSR-2D prodotto dalla ditta STACEC (<http://www.stacec.com/>) e rappresenta un'implementazione evoluta della procedura lineare-equivalente inizialmente proposta da Hudson et al. (1994) nell'implementazione QUAD4M. Per ottenere la massima compatibilità con le analisi 1D effettuate, le curve di degrado e smorzamento per i materiali presenti sono state le stesse di quelle utilizzate nella modellazione 1D. La modellazione ha riguardato sezioni longitudinali del corpo di frana lungo la direzione del massimo gradiente topografico. Il moto di riferimento è quello costituito dai tre accelerogrammi (nella sola componente orizzontale) utilizzati per la modellazione 1D delle tre località. Le geometrie dei diversi strati di terreno ed i valori di Vs assegnati sono stati dedotti dai risultati della modellazione 1D.

A differenza delle modellazioni 1D, la modellazione per i diversi punti di misura è stata iterata tre volte (una per ognuno degli accelerogrammi di riferimento utilizzati), ma senza variare stocasticamente le caratteristiche del modello. In queste condizioni, i valori delle diverse grandezze rappresentative della risposta sismica locale dei diversi punti di misura (spettri di risposta, fattori di amplificazione ecc.) sono quelle associate alla media dei valori ottenuti per i diversi moti di riferimento. In questo senso la scelta è meno conservativa di quella operata nel caso delle modellazioni 1D. Va tenuto comunque in considerazione che le semplificazioni delle

caratteristiche stratigrafiche, rese necessarie dalla maggiore complessità dei calcoli, tendono a sovrastimare l'entità dei contrasti di impedenza sismica e quindi ad aumentare i possibili effetti di risonanza.

Tutti i risultati relativi alle modellazioni 2D effettuate sono riportati in Allegato 9 della relazione a cura del Prof. Albarello. Nel seguito viene riportata solo una breve sintesi dei risultati ottenuti per l'area di Palagano.

Innanzitutto vale la pena di valutare la portata complessiva degli effetti 2D confrontando i risultati ottenuti nella modellazione 1D con quella 2D in termini di valori di FA ottenuti nei diversi punti di misura (Tabella 3).

	Modellazione 1D			Modellazione 2D			Differenza percentuale		
	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1}	FA _{0.5-1.5}	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1}	FA _{0.5-1.5}	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1}	FA _{0.5-1.5}
Palagano 1	1.71	1.28	1.20	2.07	1.64	1.6	14	1	9
Palagano 3	1.65	1.46	1.33	1.75	1.83	1.78	-12	-19	-9
Palagano 5	1.93	1.46	1.34	1.71	1.70	1.57	-12	16	17
Palagano 6	2.11	1.86	1.72	1.71	1.24	1.2	-19	-33	-30

Tabella 3 – Confronto fra i fattori amplificazione dell'intensità dello spettro di risposta (o di Housner) ottenuti mediante la modellazione 1D e quella 2D.

Il confronto dei dati in tabella è di particolare interesse in quanto non dipende dalla diversa scelta del percentile utilizzato per rappresentare gli spettri di risposta del moto di riferimento e del moto alla superficie (90° percentile nel caso della modellazione 1D e 50° nel caso della modellazione 2D: più conservativo il primo e meno il secondo). Si può notare come le stime di amplificazione prodotte dalla modellazione 2D siano, nel complesso, meno gravose di quelle 1D (soprattutto laddove la morfologia locale è meno complessa) con differenze percentuali che raggiungono al massimo un valore del 33%. Laddove, invece, la morfologia diviene più complessa, con pendenze più pronunciate, ecco che le stime di amplificazione 2D risultano più gravose, con un valore massimo del 17%. Questo risultato generale indica come le caratteristiche geometriche dell'area indagata rendano necessaria una modellazione 2D per valutare effetti di focalizzazione e morfologici che possono essere assai importanti.

La geometria del modello utilizzato per l'analisi 2D è riportato in Figura 52. I dettagli del modello sono riportati in Allegato 9 della relazione a cura del Prof. Albarello, in forma di una specifica relazione descrittiva nel formato previsto dal codice di calcolo adottato.

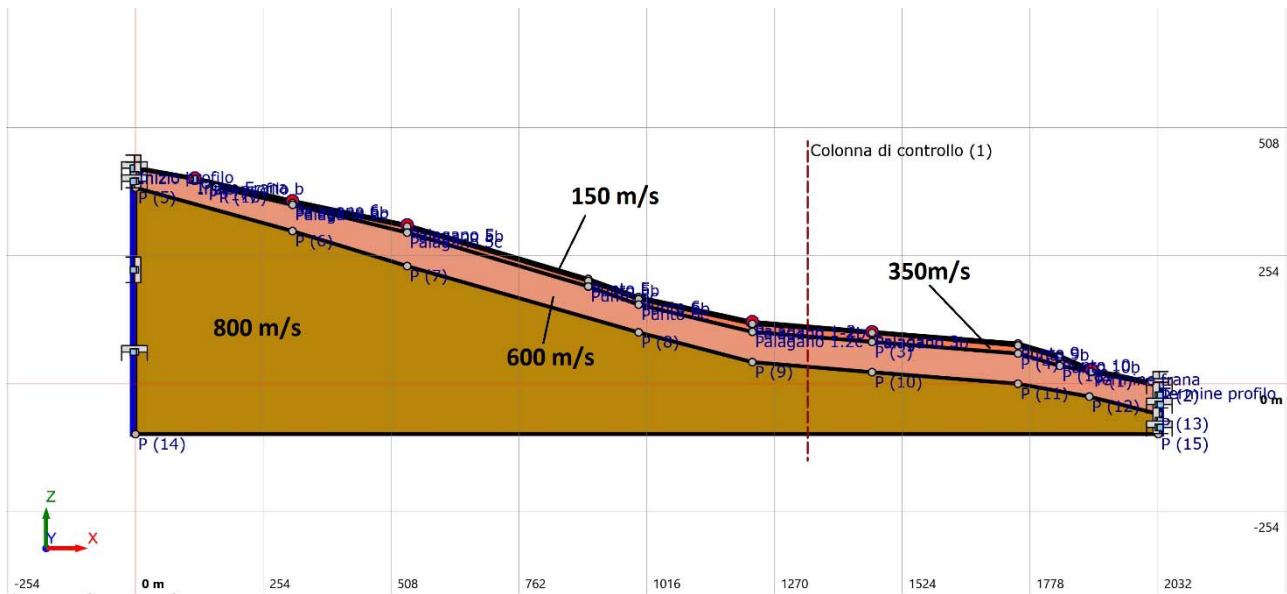


Figura 52 – Modello 2D della frana di Palagano. Il modello ha la stessa scala nelle direzioni verticale ed orizzontale. Il moto di riferimento (relativo alla sola componente orizzontale del moto) è applicato alla base del modello. I punti in rosso (P1–2, P3, P5, P6) indicano i punti di misura per i quali vengono forniti i valori numerici dello spettro di risposta e relativi fattori di amplificazione. La colonna di controllo è utilizzata per la generazione dei profili di massima deformazione co-sismica e massimo smorzamento.

Nella Tabella 4 sono sintetizzati i valori dei valore di PGA (in g) e dell'amplificazione relativi ai quattro punti di interesse P(1–2), P(3), P(5) e P(6) per i tre accelerogrammi considerati.

	PGA (g)			Media	Ampl
	Accelerogramma 1	Accelerogramma 2	Accelerogramma 3		
Palagano 6	0.19	0.24	0.27	0.24	1.48
Palagano 5	0.22	0.27	0.27	0.25	1.58
Palagano 1-2	0.25	0.31	0.33	0.29	1.84
Palagano 3	0.25	0.32	0.26	0.27	1.72
Input	0.16	0.16	0.16	0.16	

Tabella 4 – Valori di PGA (in g) relativi ai punti in figura 52 dedotti dalla modellazione 2D e fattori di amplificazione (Ampl) rispetto al valore di accelerazione al bedrock.

In Figura 53 si vede come anche il livello di deformazione co-sismica sia relativamente omogeneo, con valori massimi raggiunti in corrispondenza delle variazioni di pendio. I valori di massima deformazione si raggiungono essenzialmente ad una profondità attorno ai 20–30 m e raggiungono valori massimi dell'ordine di 0.06% (Figura 54). Un analogo andamento è mostrato dallo smorzamento con valori che raggiungono al massimo valori di 8% (Figura 55).

COMUNE DI PALAGANO – PROVINCIA DI MODENA
MICROZONAZIONE SISMICA – 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
RELAZIONE ILLUSTRATIVA

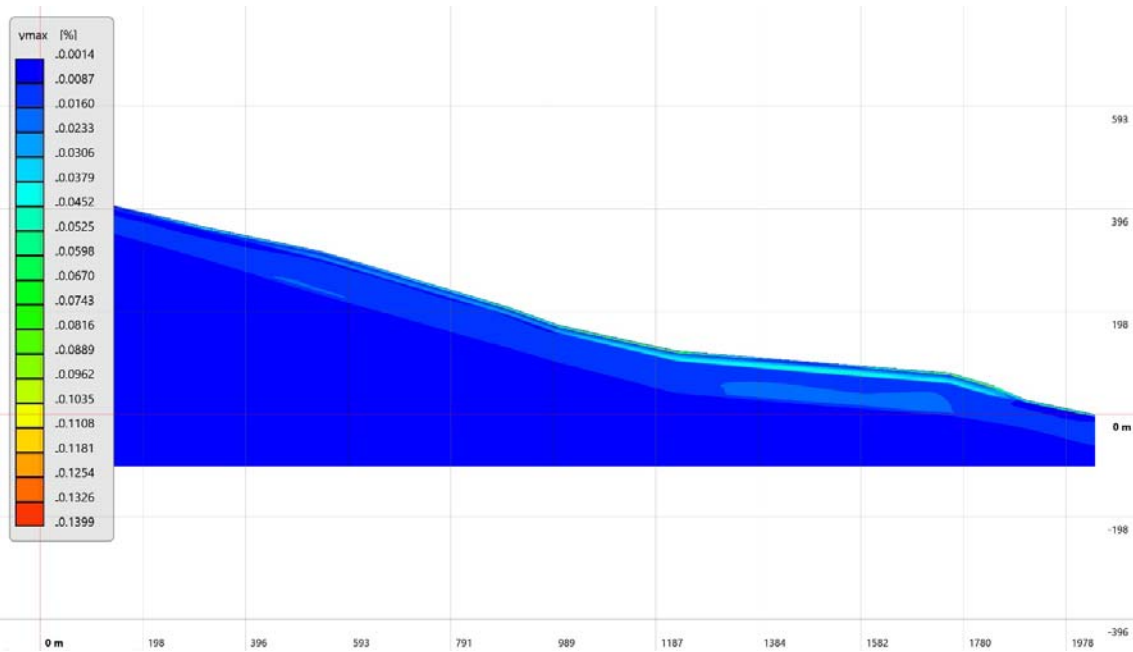


Figura 53 – Distribuzione del valore **medio** (fra i tre accelerogrammi) della **deformazione massima co-sismica** per la frana di Palagano secondo la modellazione 2D. Le profondità sono date rispetto alla base del profilo.

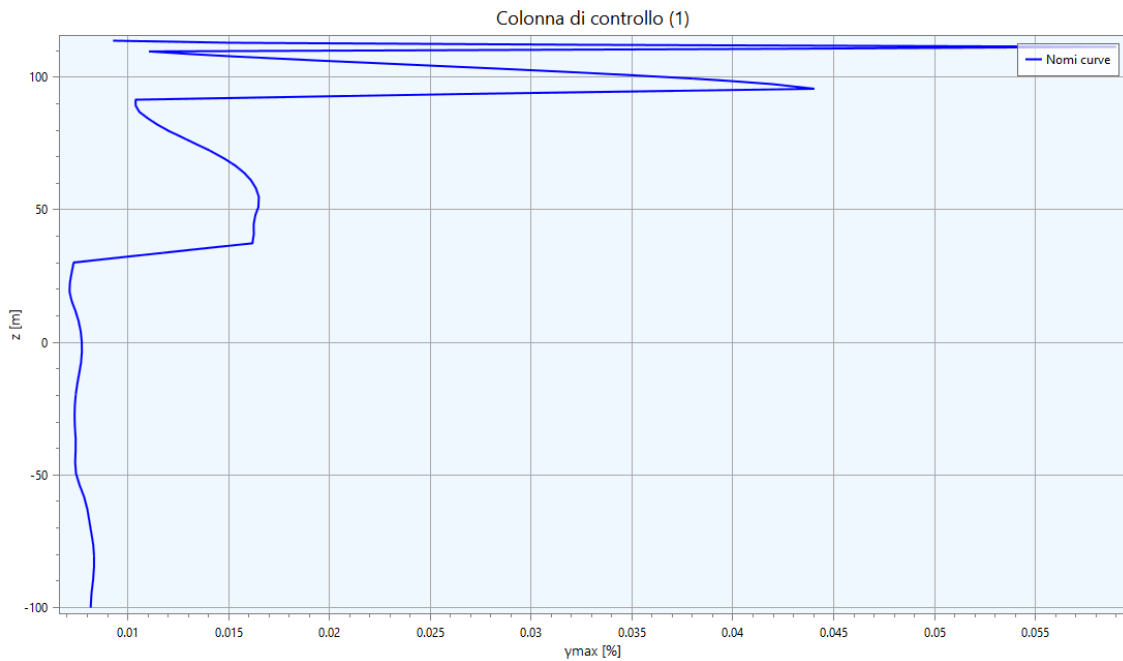


Figura 54 – Profilo del valore **medio** (fra i diversi accelerogrammi) della **massima deformazione co-sismica** in corrispondenza della colonna di controllo (in figura 52) nella frana di Palagano. Le profondità sono date rispetto alla base del profilo topografico.

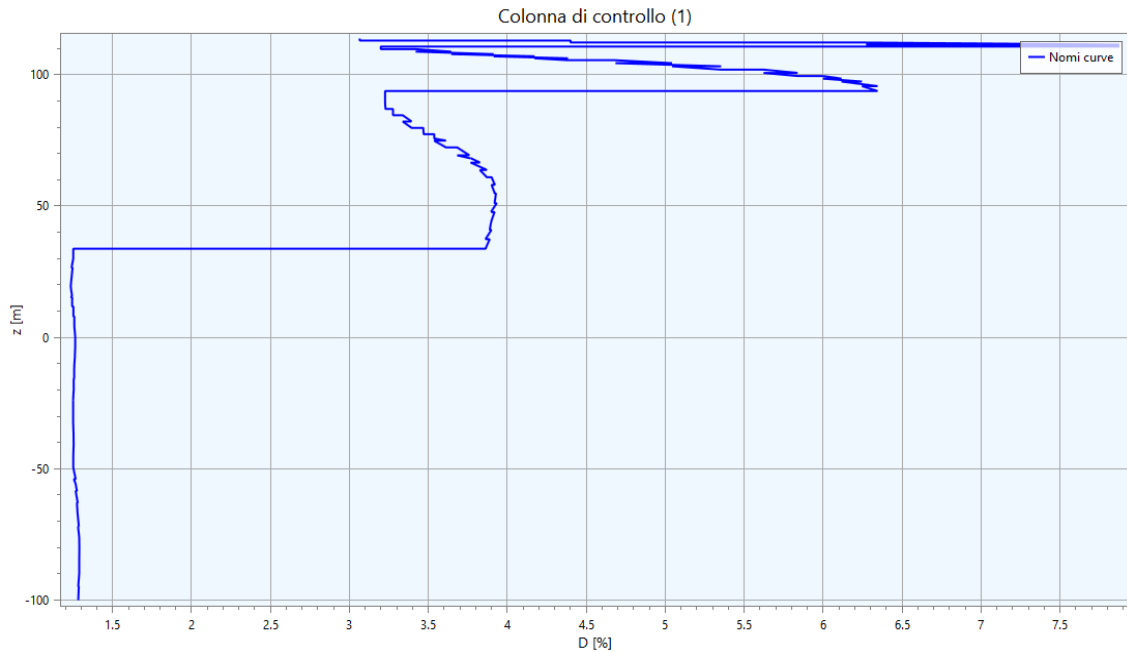


Figura 55 – Profilo del valore **medio** (fra i diversi accelerogrammi) del **massimo smorzamento** in corrispondenza della colonna di controllo (in figura 52) nella frana di Palagano. Le profondità sono date rispetto alla base del profilo topografico.

Le Figure 56–59 seguenti, mostrano gli spettri di risposta ottenuti per i quattro punti in rosso della Figura 52. I valori numerici dei diversi spettri di risposta sono riportati nell’Allegato 9 della relazione a cura del Prof. Albarello, mentre la Tabella 5 riporta i valori relativi alle intensità di Housner calcolate per gli spettri di risposta medi.

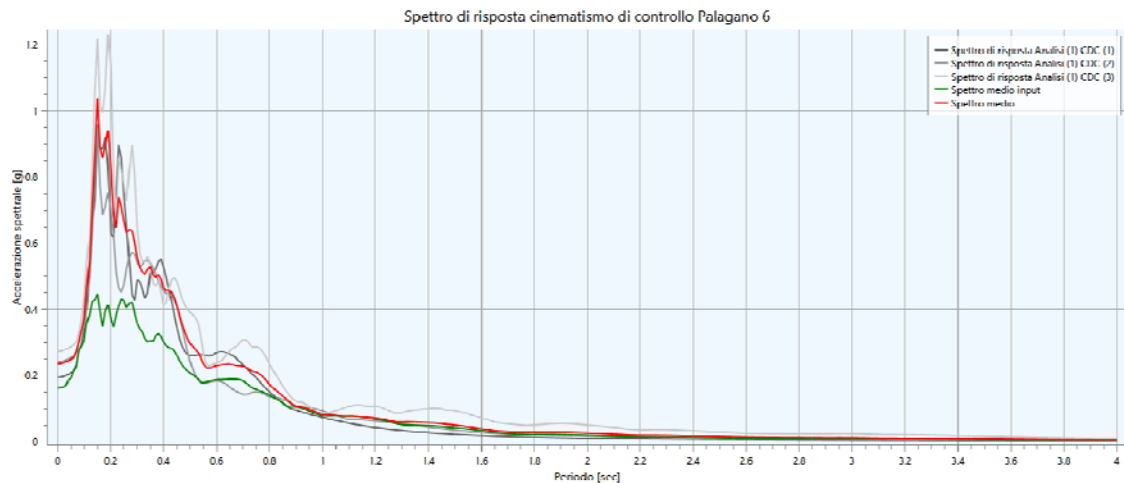


Figura 56 – Spettri di risposta relativi ai tre accelerogrammi di riferimento per Palagano relativamente al punto Palagano 6 in figura 52 (in grigio). Vengono anche riportati lo spettro medio del moto di riferimento (in verde) e quello di risposta medio per i tre accelerogrammi (in rosso).

COMUNE DI PALAGANO – PROVINCIA DI MODENA
MICROZONAZIONE SISMICA – 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
RELAZIONE ILLUSTRATIVA

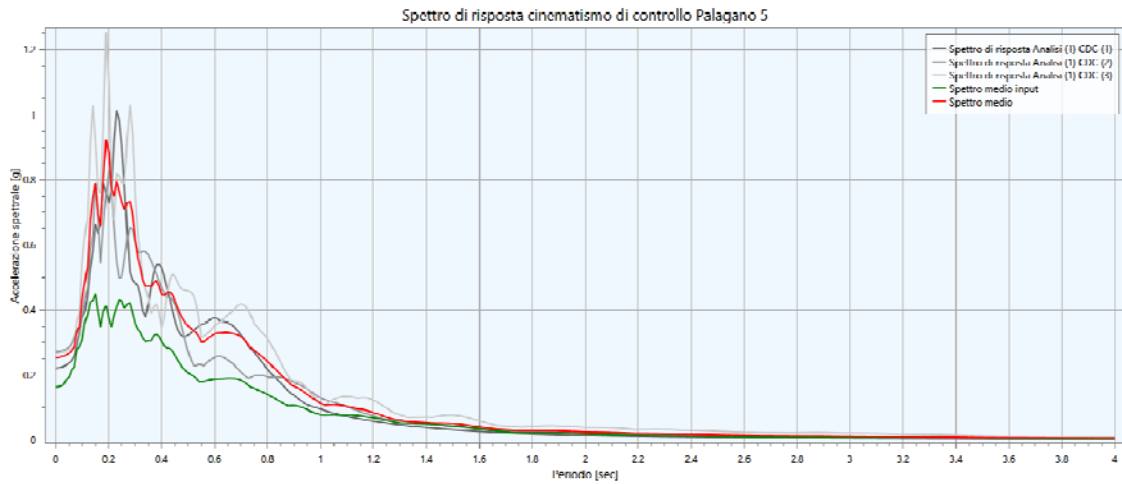


Figura 57 – Spettri di risposta relativi ai tre accelerogrammi di riferimento per Palagano relativamente al punto Palagano 5 in figura 52 (in grigio). Vengono anche riportati lo spettro medio del moto di riferimento (in verde) e quello di risposta medio per i tre accelerogrammi (in rosso).

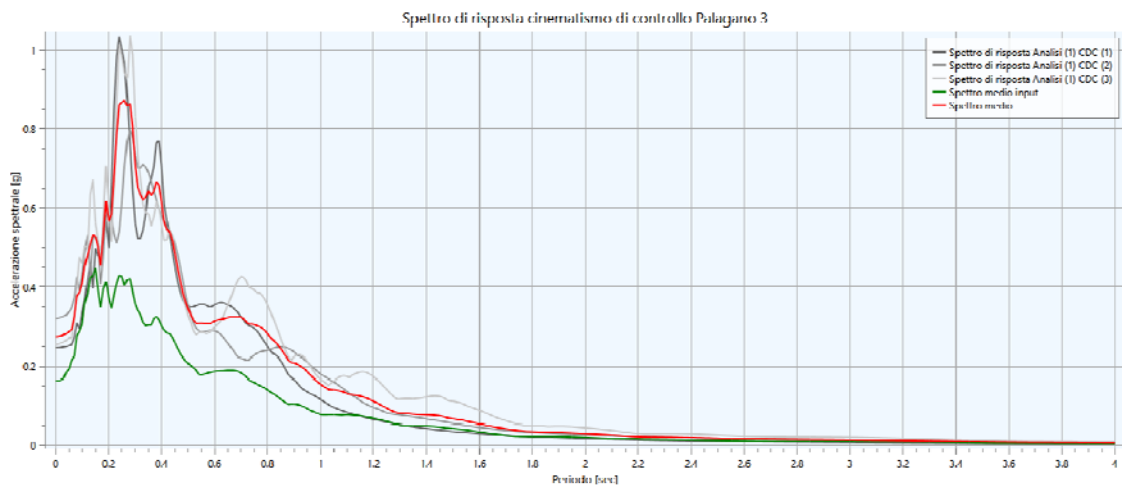


Figura 58 – Spettri di risposta relativi ai tre accelerogrammi di riferimento per Palagano relativamente al punto Palagano 3 in figura 52 (in grigio). Vengono anche riportati lo spettro medio del moto di riferimento (in verde) e quello di risposta medio per i tre accelerogrammi (in rosso).

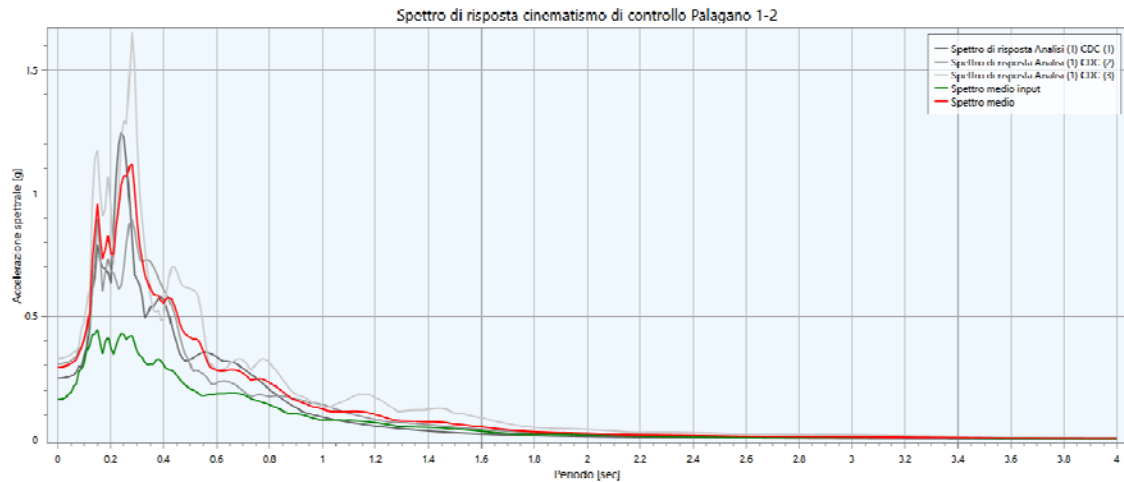


Figura 59 – Spettri di risposta relativi ai tre accelerogrammi di riferimento per Palagano relativamente al punto Palagano 1-2 in figura 52 (in grigio). Vengono anche riportati lo spettro medio del moto di riferimento (in verde) e quello di risposta medio per i tre accelerogrammi (in rosso).

	FA _{0.1-0.5}	FA _{0.5-1}	FA _{0.5-1.5}	I _{0.1-0.5}	I _{0.5-1}	I _{0.5-1.5}	Io _{0.1-0.5}	Io _{0.5-1}	Io _{0.5-1.5}
Palagano 6	1.71	1.24	1.20	0.24	0.10	0.13	0.14	0.08	0.11
Palagano 5	1.71	1.70	1.57	0.24	0.13	0.17	0.14	0.08	0.11
Palagano 1-2	2.07	1.64	1.60	0.29	0.13	0.17	0.14	0.08	0.11
Palagano 3	1.75	1.83	1.78	0.25	0.14	0.19	0.14	0.08	0.11

Tabella 5 – FA: fattori di amplificazione dell'intensità dello spettro di risposta (o di Housner); I: intensità di Housner alla superficie (in m); Io: intensità di Housner al basamento affiorante (in m), nei tre intervalli di periodo 0.1–0.5, 0.5–1 e 0.5–1.5 ottenuti dalla modellazione 2D per i siti di misura lungo il profilo della frana di Palagano (Figura 52).

8.2.5. Calcolo del massimo spostamento co-sismico tramite l'approccio di Newmark

La stima degli spostamenti permanenti del pendio è stata effettuata tramite l'approccio semplificato ideato da Newmark (1965), che assimila la massa potenzialmente instabile ad un blocco rigido che scivola lungo un piano ruvido, inclinato. Il metodo richiede la conoscenza dell'accelerazione critica (a_c), che determina il raggiungimento delle condizioni di instabilità del blocco. L'integrazione del moto sismico (accelerogrammi ricavati alla superficie a valle dell'analisi di risposta sismica locale 2D) negli intervalli di tempo in cui l'accelerazione risulta superiore a quella critica (e comunque in tutti gli intervalli in cui la velocità relativa risulti maggiore di zero), permette di calcolare gli spostamenti permanenti.

Il metodo trascura l'effetto dell'accelerazione verticale indotta dal terremoto: la letteratura, riguardo a questo tema, riporta teorie contrastanti, che dimostrano a volte la modesta importanza di tale componente (ad es. Blake et al., 2002) o, al contrario, la necessità di tenerla in debito conto, specialmente in occasione di forti terremoti (ad es. Yang e Yan, 2009; Tsai e Liu, 2017).

L'accelerazione critica (a_{cr}) può essere valutata attraverso il metodo pseudo-statico, ricercando il valore del coefficiente sismico orizzontale associato al fattore di sicurezza globale pari a 1,2 ($k_{h,cr}$) (Bramerini et al., 2017) (analisi pseudo-statica inversa).

Per una stima approssimata dell'accelerazione critica (a_{cr}), Newmark (1965) ha proposto la relazione:

$$a_{cr} = (FS-1)g \sin\alpha$$

dove “FS” è il fattore di sicurezza statico, “g” è l'accelerazione di gravità ed “ α ” è l'*angolo di spinta*, ovvero l'angolo tra l'orizzontale e la direzione in cui il baricentro della massa instabile inizia il suo movimento.

E' stato quindi costruito il modello del pendio (Figura 60) sulla base dei profili di Vs ottenuti dalle indagini geofisiche, dei risultati dell'analisi di risposta sismica locale 1D e della stratigrafia del sondaggio geognostico.

La stratigrafia è composta da uno strato superficiale di spessore circa 4/5 m, corrispondente allo spessore entro il quale, da analisi di risposta sismica locale 1D e 2D, si sono registrati i massimi valori di deformazione co-sismica. Tale spessore è quello che caratterizza, superficialmente ed in modo omogeneo, l'intera area di studio e le zone limitrofe indagate dalle prove geofisiche (sia d'archivio che eseguite per questo studio), probabilmente coincidente con la coltre detritica caratterizzata da scarso addensamento.

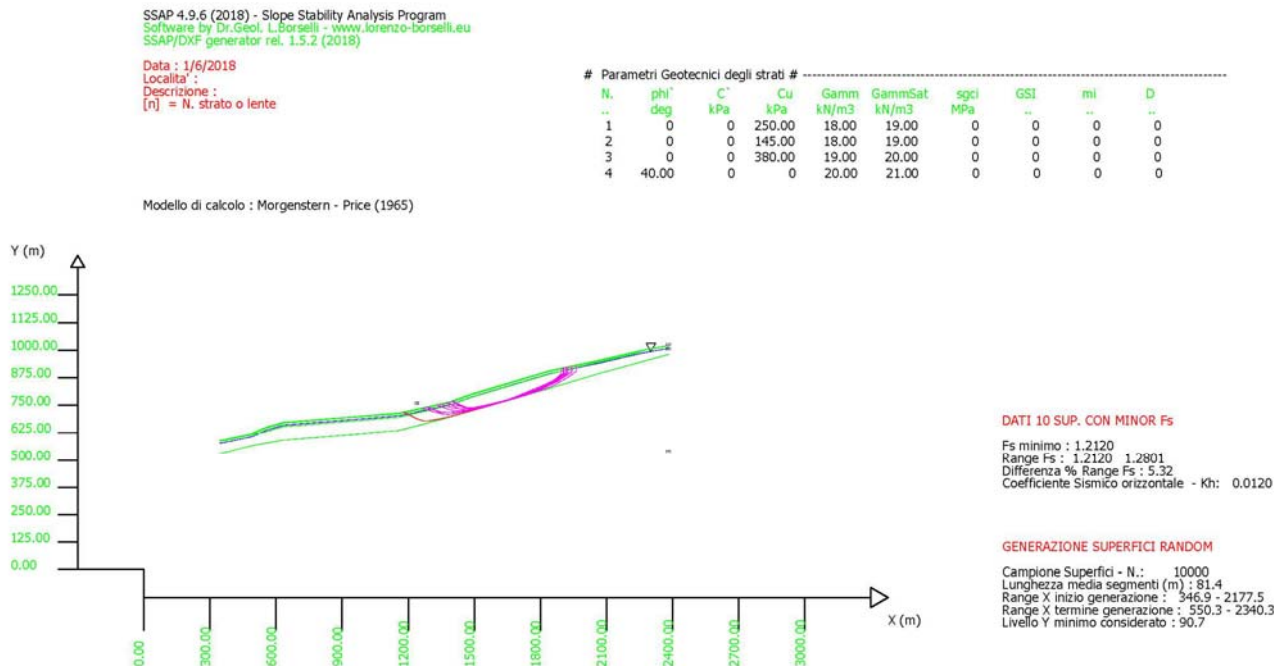


Figura 60 – Visualizzazione delle 10 superfici con FS più basso (in fucsia), compresa quella con FS minimo (= 1,2, in rosso, anche nell'ingrandimento). Da analisi di stabilità pseudo-statica eseguita con $K_{hc} = 0,012$. Si veda l'Allegato 6 per tutti i dettagli ed il log dell'analisi. Elaborazione effettuata col codice SSAP (rel. 4.9.6 - 2018), <http://www.ssap.eu>.

Un secondo strato è stato selezionato tra il primo e circa 10 m, caratterizzato da un leggero incremento della velocità delle onde S rispetto allo strato superficiale.

A seguire, fino a circa 60 m di profondità, è stato inserito un terzo strato, rappresentativo dello spessore di terreno che separa gli strati più superficiali con il contatto col presunto bedrock sismico.

Per quanto riguarda i parametri geotecnici, trattandosi di un deposito di frana, sono stati selezionati quelli residui, ovvero c_u residuo (trattandosi principalmente di terreni argillosi e limo-argillosi). Il c_u è stato calcolato (e successivamente ridotto a residuo), per i primi tre strati, dai valori di N_{spt} ricavati in corrispondenza del sondaggio eseguito appositamente per questo studio (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) (Allegato 1). Non avendo ulteriori misure dirette di resistenza meccanica del terreno oltre i 30 m di profondità, nell'ottica della massima conservatività, si è deciso di assegnare il valore di c_u ricavato da SPT a 24,6 m, all'intero strato che si estende sino a circa 60 m di profondità. Al bedrock sismico è stato assegnato il valore di φ' ricavandolo dalla formula di Uzielli et al. (2013) che mette in relazione l'angolo d'attrito di picco con la velocità delle onde s:

$$\varphi'_{min.} = 3.9V_{s1}^{0.44}$$
$$\varphi'_{max.} = (3.9V_{s1}^{0.44}) - 6.2$$

dove V_{s1} è la velocità delle onde sismiche di taglio normalizzata per la pressione litostatica. Il valore NON è stato trasformato in $\varphi_{c.v.}$, ma si è deciso di selezionare quello minimo poiché più conservativo.

Primo strato (0–5 m):

c_u (da N_{spt}) = (valore medio: 275 kPa) $c_{u,res} = 250$ kPa

Secondo strato (5–10 m):

c_u (da N_{spt}) = (valore medio: 160 kPa) $c_{u,res} = 145$ kPa

Terzo strato (10–60 m)

c_u (da N_{spt}) = (valore medio: 420 kPa) $c_{u,res} = 380$ kPa

Terzo strato (> 60 m)

$\varphi'_{min.} = 40^\circ$ (da Uzielli et al., 2013)

$\varphi'_{max.} = 48^\circ$ (da Uzielli et al., 2013)

I valori di peso di volume per tutti gli strati, non avendo a disposizione risultati di prove di laboratorio su campioni di terreno, sono stati calcolati attraverso la formula di Keceli (2012):

$$\gamma = 4.3V_s^{0.25}$$

Strato	γ (kN/m ³)
1	18
2	18
3	19
4	20

Il livello della falda è stato posto alla profondità di circa 13 m dal piano campagna ed assunto costante lungo l'intero profilo di frana.

I risultati della verifica in condizioni pseudo-statiche sono riportati nella seguente Tabella 6.

K_{hc}	FS min.	a_{cg}
0,01	1,22	0,098
0,012	1,21	0,117
0,015	1,19	0,147
0,02	1,17	0,196

Tabella 6 – Risultati analisi pseudo-statica inversa – Valori del fattore di sicurezza minimo da analisi di stabilità in condizioni pseudo-statiche e relativi valori del coefficiente sismico orizzontale, critico (k_{hc}) e dell'accelerazione critica (a_{cg}). In rosso i valori relativi alla condizione di stabilità critica in condizioni sismiche.

Come si può notare dalla tabella, la soglia oltre la quale le verifiche restituiscono valori di FS inferiori ad 1,2 può essere identificata con il k_{hc} pari a 0,012 e con l'accelerazione critica pari a 0,117g. In Figura 60 (e in modo più dettagliato in Allegato 6) viene mostrato il risultato della verifica di stabilità eseguita con $k_{hc} = 0,012$.

Sempre in Figura 60 si può vedere come la superficie ad FS minimo interessi i primi tre spessori del modello stratigrafico ricostruito per questo studio, fino alla base del terzo strato, nel segmento del profilo di frana che va da quota 920 m (poco a monte della strada che congiunge le località di C. Cinque e Cà di Antonio) a quota 720, ovvero in corrispondenza del cimitero.

Valori medio-alti di OSR (Figura 61) si concentrano in particolar modo nel settore di valle del volume di terreno racchiuso dalla superficie a SF minimo, ovvero in prossimità del cambio di pendenza del pendio che si ha a monte della piana su cui sorge il quartiere artigianale: qui, gli stress medi locali possono eccedere le condizioni locali di resistenza ($OSR > 1$), rendendo possibile l'insorgere di fenomeni di rottura progressiva.

La mappa che mostra il variare dell'FS nello spazio considerato (Figura 62) pone in evidenza le zone con condizioni localmente critiche e di probabile plasticizzazione (freccie viola che indicano la direzione di plasticizzazione locale), in corrispondenza del settore di monte del volume mobilizzabile, in prossimità dell'interfaccia tra il terreno e il bedrock sismico.

COMUNE DI PALAGANO – PROVINCIA DI MODENA
MICROZONAZIONE SISMICA – 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
RELAZIONE ILLUSTRATIVA

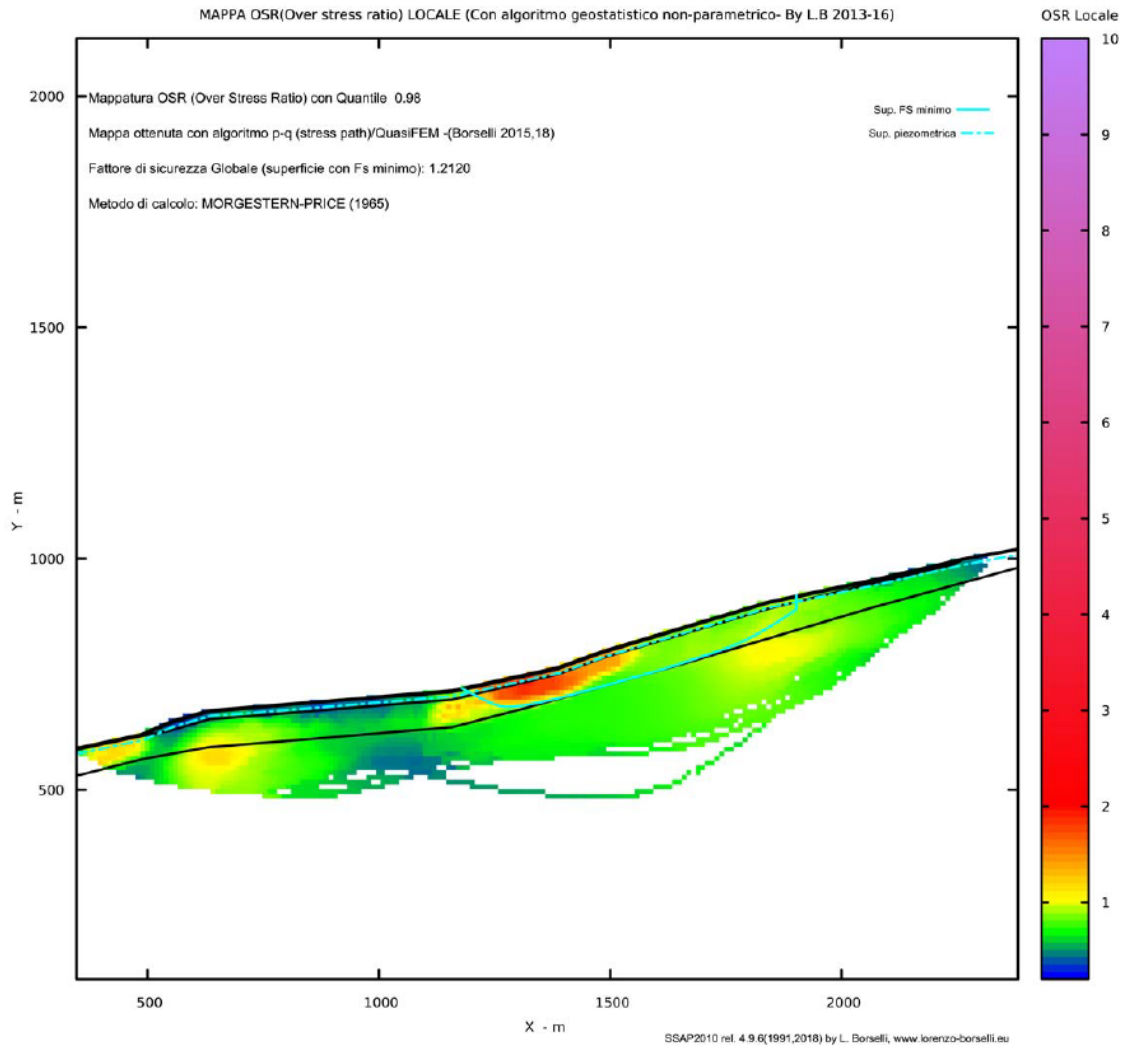


Figura 61 – Mappa dei valori di OSR (Over Stress Ratio) locali, ovvero del rapporto tra gli stress medi locali e la resistenza al taglio. Elaborazione effettuata col codice SSAP (rel. 4.9.6 – 2018), <http://www.ssap.eu>. Allegato 6.

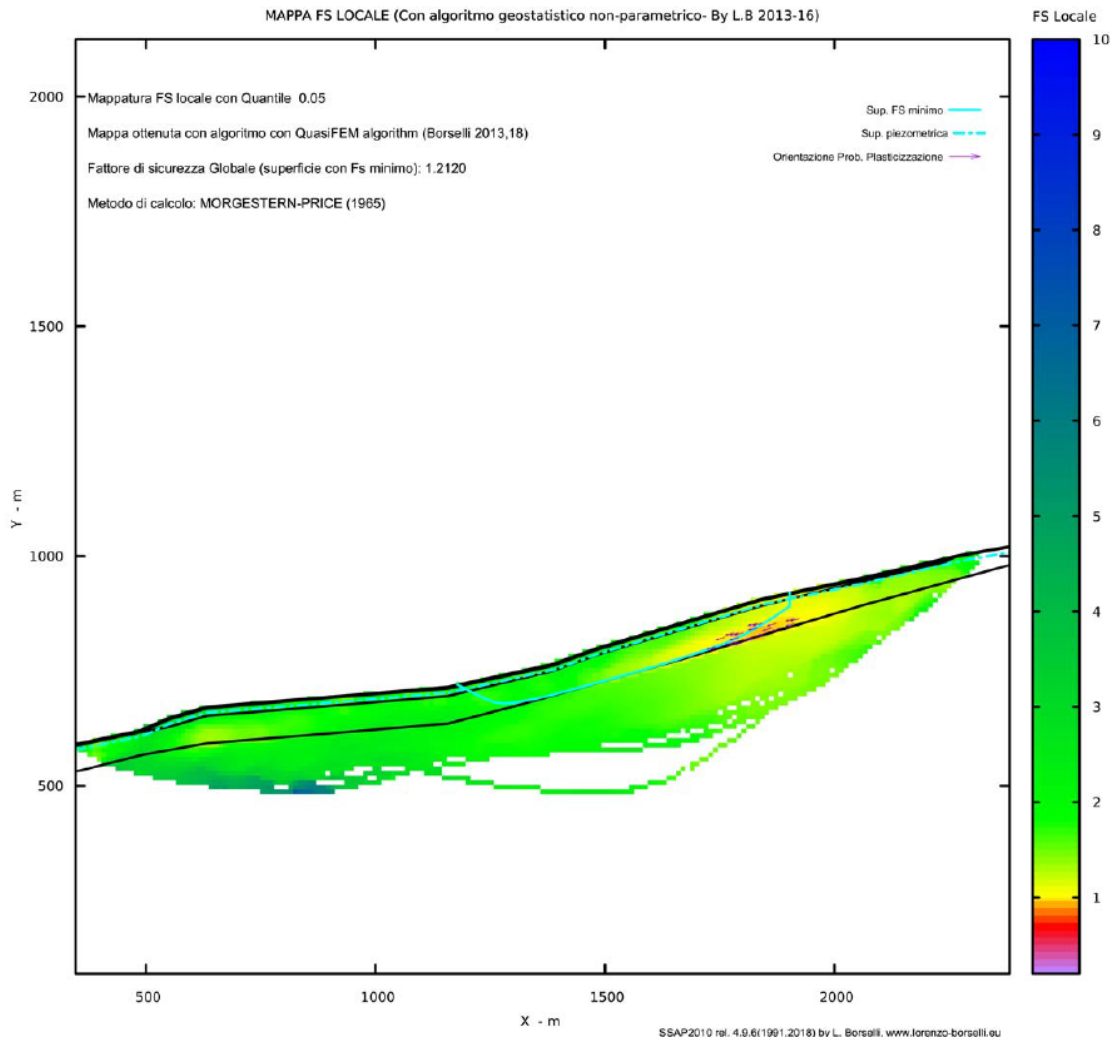


Figura 62 – Mappa dei valori di FS locali e dei punti ove sono attesi, con maggiore probabilità, fenomeni di plasticizzazione. Elaborazione effettuata col codice SSAP (rel. 4.9.6 – 2018), <http://www.ssap.eu>. Allegato 6.

In base al metodo di Newmark (1965), i 3 input sismici verranno quindi integrati per tutti i valori di accelerazione superiori a quella critica individuata, ovvero $0,117g$. Il metodo è stato applicato ai due luoghi (“Palagano 1–2” e “Palagano 5”) in cui è stata effettuata l’analisi di risposta sismica locale 2D e, allo stesso tempo, ricadenti all’interno del volume di terreno mobilizzabile. La verifica alla Newmark è stata effettuata attraverso il codice di calcolo SLAMMER (Jibson et al., 2013), scritto in Java (<https://pubs.usgs.gov/tm/12b1/>), che ha calcolato **spostamenti permanenti medi variabili da 0,48 a 4,17 cm**, a seconda dell’accelerogramma utilizzato (Tabella 7 e Figura 63) e con valori relativamente più alti nel settore di piede del volume di terreno instabile (“Palagano 1–2”). Il valore mediano dello spostamento complessivo è pari a $1,15 \pm 1,24$ cm.

Earthquake	Record		Rigid block (cm)Normal	Rigid block (cm)Inverse	Rigid block (cm)Average
PalaganoMS3	Pal1_2_Acc1.txt		1.92	0.84	1.38
PalaganoMS3	Pal1_2_Acc2.txt		0.7	1.14	0.92
PalaganoMS3	Pal1_2_Acc3.txt		4.07	4.27	4.17
PalaganoMS3	Pal5_Acc1.txt		0.77	0.53	0.65
PalaganoMS3	Pal5_Acc2.txt		0.33	0.62	0.48
PalaganoMS3	Pal5_Acc3.txt		1.65	1.53	1.59
	Mean value		1.57	1.49	1.53
	Median value		1.21	0.99	1.15
	Standard deviation		1.25	1.29	1.24

Tabella 7 – Tabella riassuntiva dei valori di spostamento co-sismico calcolati col metodo del blocco rigido di Newmark, attraverso il codice di calcolo SLAMMER, per ognuno dei tre accelerogrammi restituiti in superficie a valle dell’analisi di risposta sismica locale 2D. Normal: è relativo alla porzione delle Y positive della serie temporale dell’accelerazione; Inverse: è relativo alla porzione delle Y negative della serie temporale dell’accelerazione. I punti di verifica degli spostamenti sono “Pal1_2” e “Pal5”, ovvero i luoghi di verifica dell’risposta sismica locale 2D ricadenti all’interno del volume di terreno mobilizzabile.

Rigid-Block Displacement versus Time

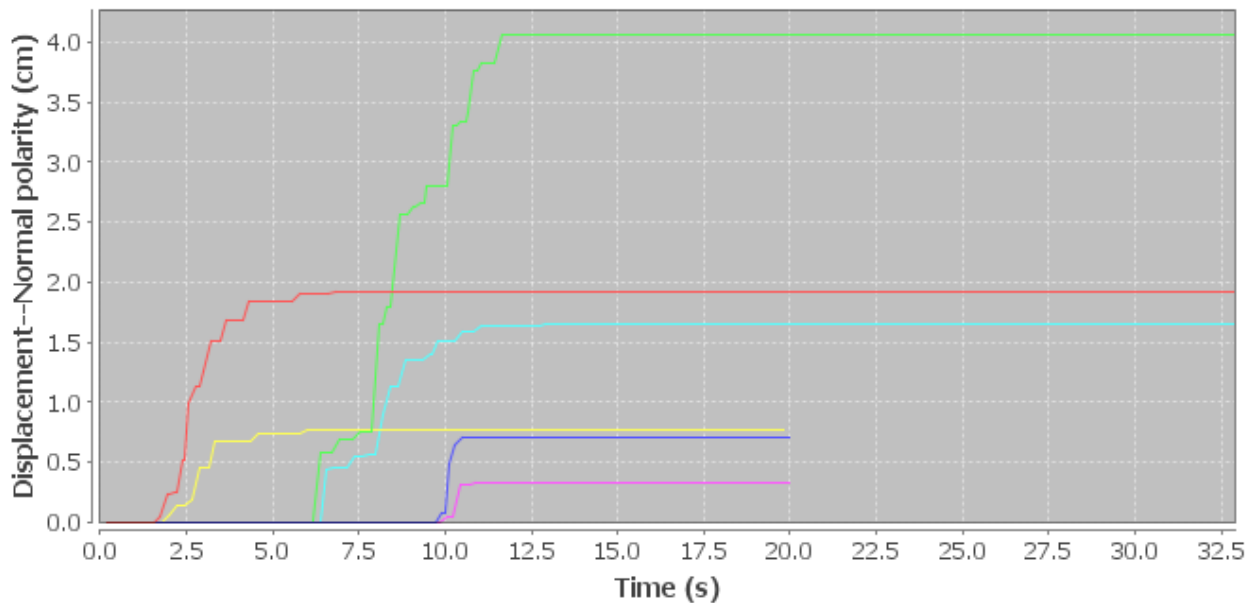


Figura 63 – Grafico degli spostamenti co-sismici cumulati per i tre accelerogrammi, per i due punti di misura interni al volume di terreno mobilizzabile.

Le linee guida per l’analisi e la mitigazione del rischio da frana in California (Blake et al., 2002) indicano uno **spostamento ammissibile** pari a:

- 5 cm per superfici di scorrimento che coinvolgono manufatti rigidi
- 15 cm per cinematismi di collasso che si sviluppano in terreni con curve sforzi-deformazioni di tipo incoerente e non interagiscono con manufatti esistenti.

Nel caso di terreni con curve sforzi–deformazioni di tipo rammollente, 15 cm è ragionevole se K_c è calcolato utilizzando le caratteristiche di resistenza di post–picco o residua, mentre è opportuno assumere $S_{amm} = 5$ cm se K_c è calcolato con i parametri di picco della resistenza al taglio.

Relativamente agli spostamenti in pendii naturali, Idriss (1985) ha stimato le seguenti classi di danno:

Livello di danno	Spostamento (cm)
Minimo	< 3
Moderato	3–15
Molto alto	15–30
Vasto/severo	30–90
Catastrofico	90–300

Lo spostamento permanente ricavato dall’analisi eseguita per questo studio risulta quindi **ammisibile** e capace di produrre un **livello di danno da minimo a moderato**.

In **campo statico**, la verifica di stabilità del pendio in esame ha fornito un fattore di sicurezza minimo pari a **1,27**, individuando, come in campo pseudo–statico, le 10 superfici di scivolamento a FS minimo nel settore mediano dell’intero corpo di frana (si vedano il tabulato di verifica e la rappresentazione grafica in Allegato 6). Questo avvalorava l’ipotesi che il corpo di frana, come individuato dalla cartografia di PTCP e regionale, nonché come individuato da analisi geomorfologica, sia del tutto stabile in condizioni statiche, come deducibile dagli elementi geomorfologici rilevati. In condizioni dinamiche, al superamento della soglia di accelerazione critica di $0,117g$, la medesima porzione mediana risulterebbe instabile, con spostamenti co–sismici massimi pari a circa 4 cm, relativi al settore di piede del volume mobilizzabile, mentre le restanti porzioni dell’intero corpo di frana cartografato continuerebbero a rimanere stabili. Tutto questo a parità di condizioni geotecniche, morfologiche e idrogeologiche identificate in questo studio.

9. ELABORATI CARTOGRAFICI

Di seguito verranno descritti brevemente i contenuti delle cartografie prodotte per questo terzo livello di approfondimento della microzonazione sismica di Palagano, ponendo in evidenza le differenze rispetto agli elaborati dei precedenti livelli di approfondimento, relativamente all’area su cui sono stati condotti i presenti studi.

- **La carta delle indagini:** in essa vengono rappresentate le ubicazioni e le tipologie delle indagini di nuova esecuzione, realizzate appositamente per condurre gli studi di terzo livello, insieme alle indagini pregresse, sia precedenti la microzonazione di secondo livello, sia eseguite in occasione della stessa.

- **La carta delle Vs:** in essa vengono rappresentati i valori di Vs (V_{SH} e/o V_{S30}) derivati dalle nuove indagini geofisiche eseguite per questo studio, integrati con i valori dello stesso parametro già presenti nel precedente livello di microzonazione (L2).
- **La carta delle frequenze:** in essa vengono rappresentati i valori della frequenza fondamentale di vibrazione del terreno derivati dalle nuove indagini geofisiche eseguite per questo studio, integrati con i valori dello stesso parametro già presenti nel precedente livello di microzonazione (L2).
- **La carta delle MOPS:** in base ai risultati delle indagini ed analisi del livello 3 di microzonazione, la carta delle MOPS del livello 2 è stata modificata per la sola area oggetto di approfondimento nel terzo livello; per le restanti aree è stata aggiornata in base ai nuovi standard di rappresentazione (versione 4.0b).
- **La carta di microzonazione sismica (L3):** identifica le aree stabili suscettibili di amplificazioni locali, le zone di attenzione per instabilità (Livello 2) e le zone suscettibili di instabilità (Livello 3), quest'ultime con fattori di amplificazione calcolati da analisi di risposta sismica locale bi-dimensionali e spostamenti co-sismici calcolati con modello numerico in campo pseudo-statico.

9.1. Carta delle indagini

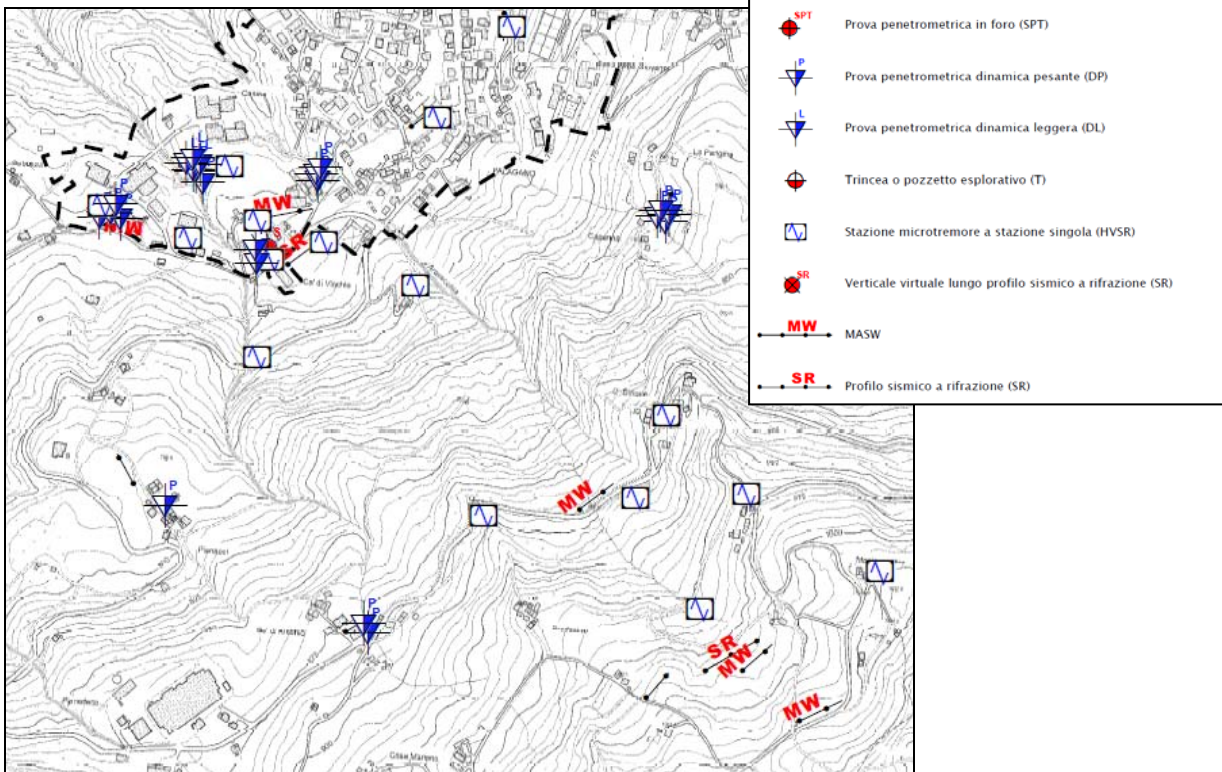


Figura 64 – Stralcio della Tavola di MS3 “Carta delle indagini” in cui è rappresentata l’area d’indagine per le analisi di MS3 condotte in questo studio, insieme alle indagini geognostiche e geofisiche d’archivio e di nuova esecuzione.

La carta delle indagini mostra la distribuzione spaziale di tutte le indagini geognostiche e geofisiche d’archivio e di nuova esecuzione per questo approfondimento di MS3. In sostanza

vengono riprese tutte le indagini contenute nell'omonima carta di MS2 aggiungendovi, per la sola area di approfondimento MS3 (Figura 64) le nuove indagini eseguite.

9.2. Carta delle Vs

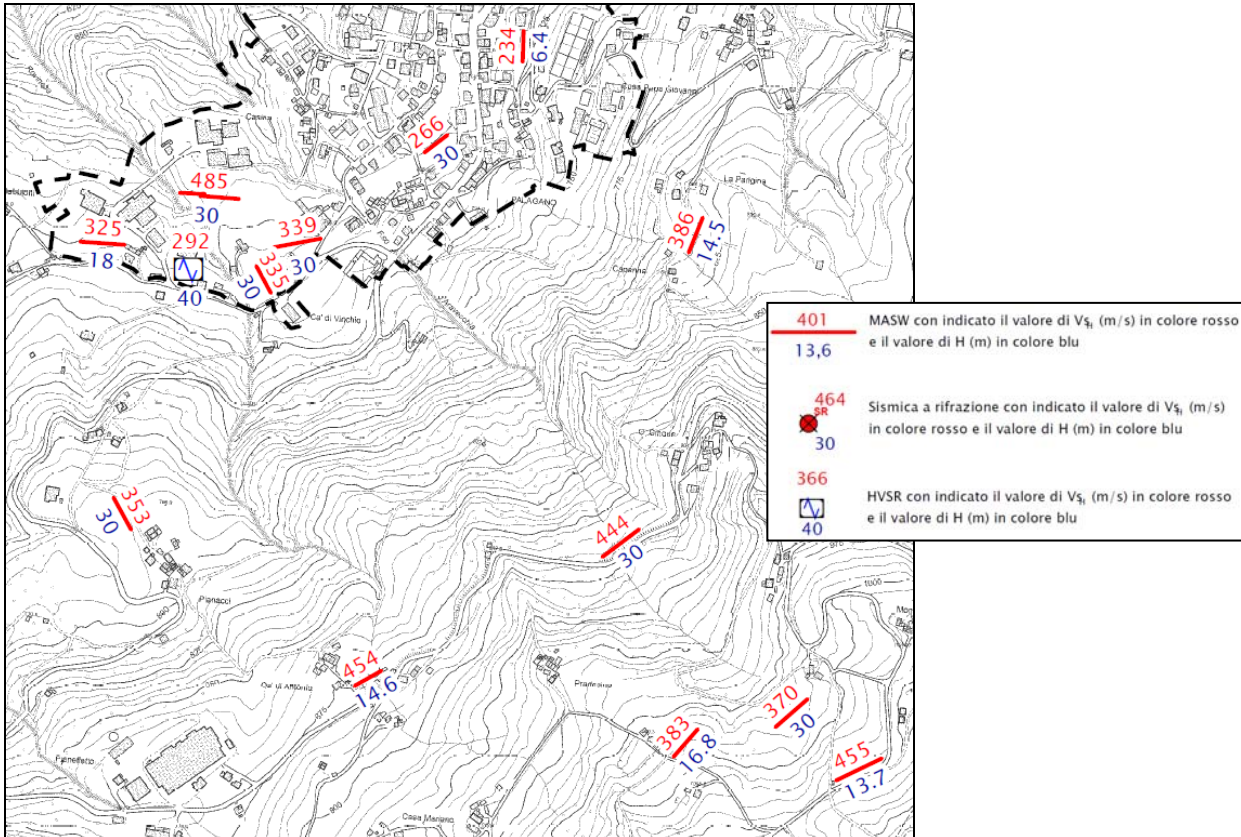


Figura 65 – Stralcio della Tavola di MS3 “Carta delle Vs” in cui è rappresentata l’area d’indagine per le analisi di MS3 condotte in questo studio, insieme ai fattori di amplificazione calcolati sulla base delle nuove indagini geofisiche e di quelle d’archivio.

La carta delle Vs mostra la distribuzione spaziale di tutti i valori di V_{sH} ricavati sia dalle indagini d’archivio (già contenute nella carta di microzonazione MS2) che da quelle di nuova esecuzione per questo approfondimento di MS3. In sostanza vengono riprese tutte le Vs contenute nell’omonima carta di MS2 aggiungendovi, per la sola area di approfondimento MS3 (Figura 65) le nuove Vs ricavate dalle nuove indagini eseguite.

9.3. Carta delle frequenze

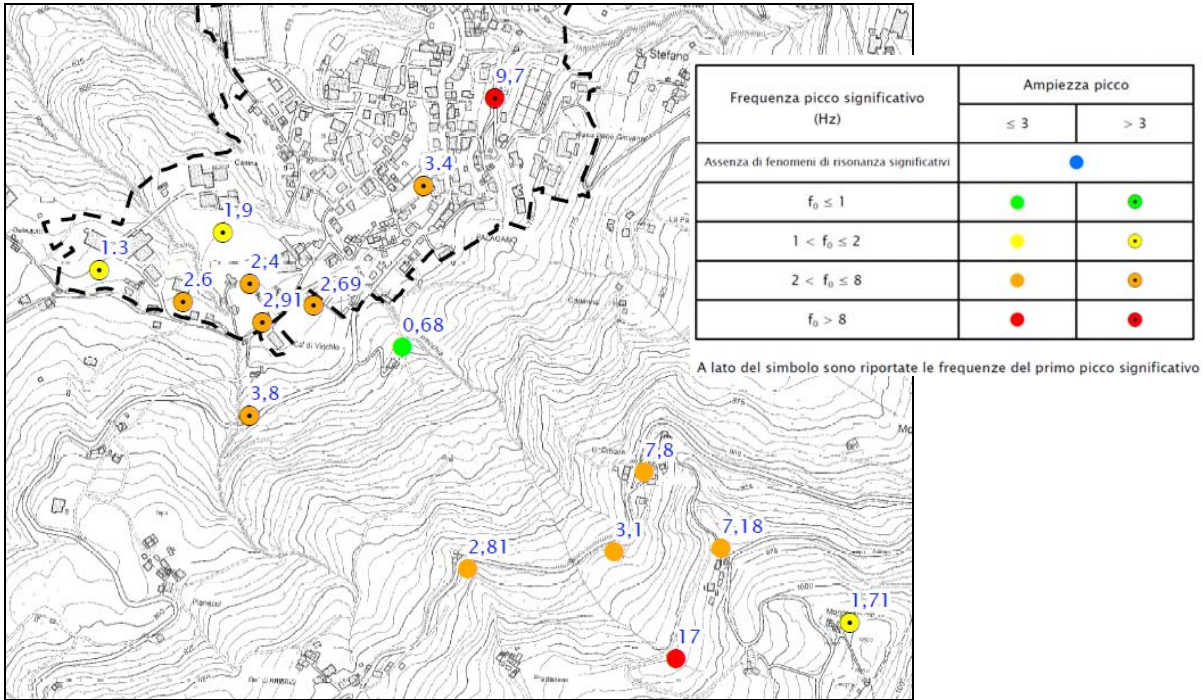


Figura 66 – Stralcio della Tavola di MS3 “Carta delle frequenze” in cui è rappresentata l’rea d’indagine per le analisi di MS3 condotte in questo studio, insieme ai valori di frequenza fondamentale di vibrazione del terreno calcolati sulla base delle nuove indagini geofisiche e di quelle d’archivio.

La carta delle frequenze mostra la distribuzione spaziale di tutti i valori della frequenza fondamentale di vibrazione del terreno, ricavati sia dalle indagini d’archivio (già contenute nella carta di microzonazione MS2) che da quelle di nuova esecuzione per questo approfondimento di MS3. In sostanza vengono riprese tutte le frequenze contenute nell’omonima carta di MS2 aggiungendovi, per la sola area di approfondimento MS3 (Figura 66) le nuove frequenze ricavate dalle nuove indagini eseguite. Come si può vedere, i valori di frequenza vengono distinti all’interno di 5 classi, a loro volta suddivise in base all’ampiezza del picco di risonanza: ≤ 3 o > 3 .

9.4. Carta delle MOPS

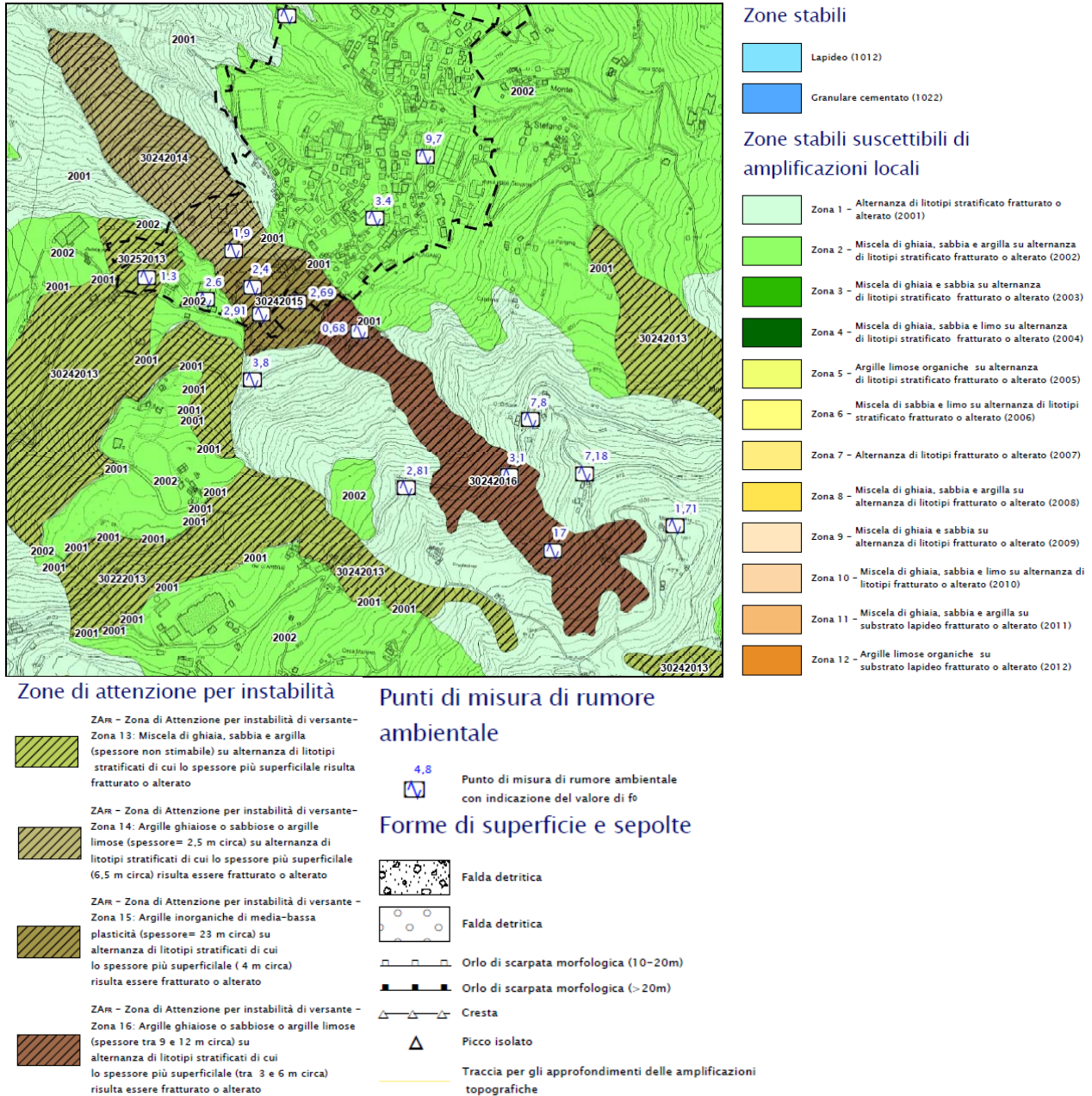
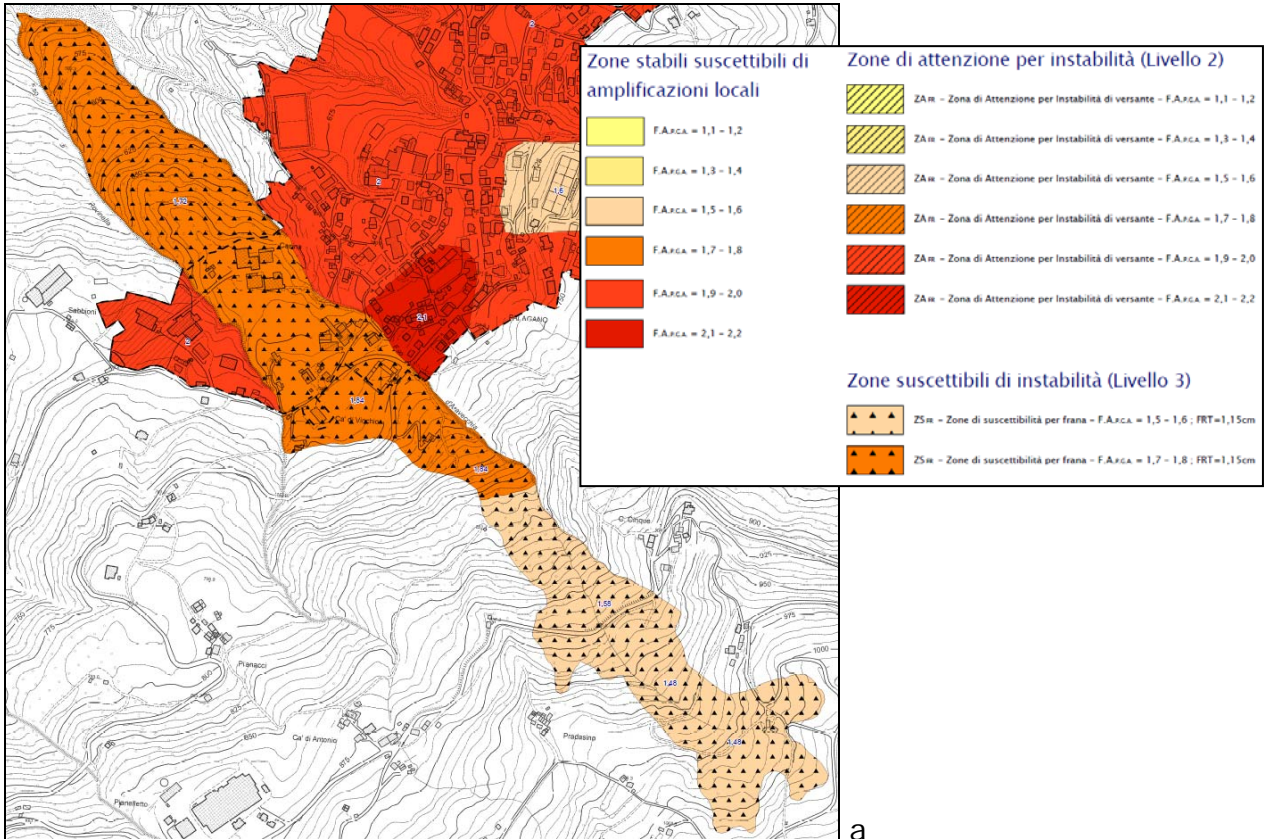


Figura 67 – Stralcio della Tavola di MS1 “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” (MOPS) in cui è rappresentata l’rea d’indagine per le analisi di MS3 condotte in questo studio. La carta è stata rielaborata sulla base dei più recenti standard di rappresentazione (4.0b) e a valle dei risultati delle analisi di MS3 condotte per questo studio.

La carta delle MOPS, elaborata nel primo livello di approfondimento, è stata rielaborata sulla base dei più recenti standard di rappresentazione cartografica (versione 4.0b, 2015). Rispetto alla rappresentazione di I livello le frane sono state definite come “Zone di attenzione per instabilità” e suddivise in base alla specifica stratigrafia identificata, in particolare, per l’area di MS3, a seguito dell’esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo. Inoltre, considerando che le descrizioni litologiche standardizzate sono mutate nel passaggio dagli standard con cui è stata elaborata la carta delle MOPS nel I livello agli standard 4.0b, per l’intero territorio comunale sono state riviste

le classificazioni litologiche e, quindi, tutte le descrizioni delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

9.5. Carta di microzonazione sismica (MS_0203)



COMUNE DI PALAGANO – PROVINCIA DI MODENA
 MICROZONAZIONE SISMICA – 3° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO
 RELAZIONE ILLUSTRATIVA

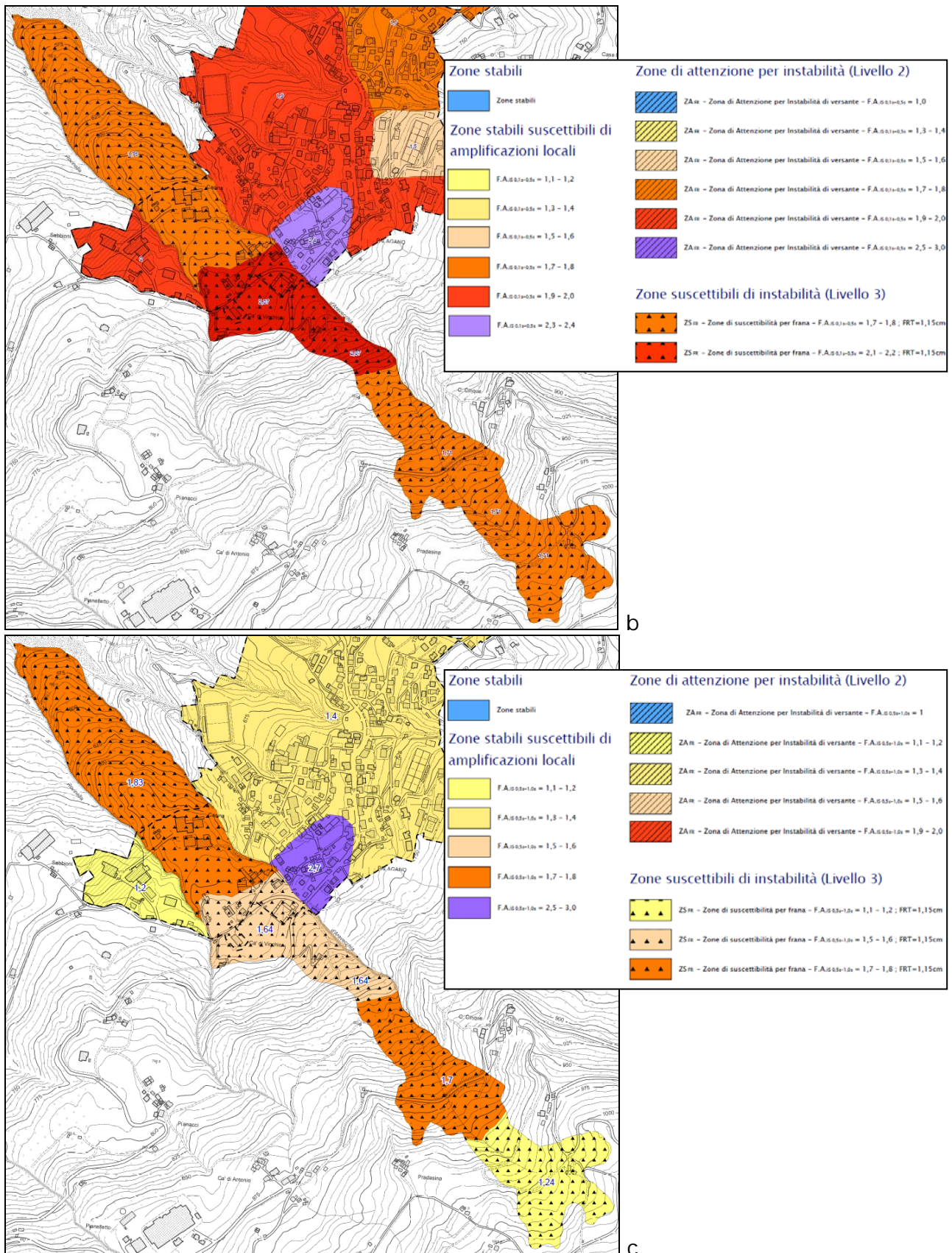


Figura 68 – Stralcio delle 3 Tavole di MS_0203 “Carta di microzonazione sismica”: a) fattori di amplificazione della PGA; b) fattori di amplificazione dell’Intensità di Housner in pseudo-velocità nell’intervallo d’integrazione compreso tra i periodi

0,1–0,5 s; c) fattori di amplificazione dell'Intensità di Housner in pseudo-velocità nell'intervallo d'integrazione compreso tra i periodi 0,5–1,0 s.

Le 3 carte di MS_0203 (Figura 68) sono state elaborate a partire dalle omonime carte di microzonazione di II livello, riclassificando tutte le aree ivi rappresentate in base ai più recenti standard di rappresentazione (versione 4.0b) e in base ai più recenti criteri regionali di microzonazione esposti nella DGR2193/2015 della Regione Emilia-Romagna. Rispetto alla precedente cartografia di secondo livello sono state evidenziate anche le aree in frana ricadenti all'interno del solo territorio urbanizzato. Le zone suscettibili di instabilità identificate nel secondo livello sono state suddivise in “Zone di attenzione per instabilità” ed in “Zone suscettibili di instabilità”; quest'ultime sono quelle indagate dai presenti studi di terzo livello, differenziate in base al fattore di amplificazione (Fa) – calcolato con analisi di risposta sismica locale bi-dimensionale – ed in base allo spostamento co-sismico (FRT) – calcolato con analisi pseudo-statica.

10. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Non si hanno dati relativi a danni sul territorio comunale provocati da eventi sismici avvenuti in passato.

11. BIBLIOGRAFIA

- Barbero, M., Bonini, M., Borri Brunetto, M., 2006. Analisi numeriche della stabilità di un versante in bimrock, in: Incontro Annuale Dei Ricercatori Di Geotecnica 2006 – IARG 2006. Pisa.
- Bettelli, G., Bonazzi, U., Fazzini, P., Gasperi, G., Gelmini, R., Panini, F., 1989a. Nota illustrativa alla Carta geologica dell'Appennino modenese e zone limitrofe. Mem. Soc. Geol. It. 39, 487–498.
- Bettelli, G., Bonazzi, U., Fazzini, P., Panini, F., 1989b. Schema introduttivo alla geologia delle Epiliguridi dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe. Mem. Soc. Geol. It. 39, 215–246.
- Bettelli, G., Bonazzi, U., Panini, F., 1989c. Schema introduttivo alla geologia delle Liguridi dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe. Mem. Soc. Geol. It. 39, 91–126.
- Bettelli, G., Capitani, M., Panini, F., 1996. Origine della struttura a “blocchi in pelite” e dell'estensione parallela alla stratificazione nelle formazioni smembrate liguri del Supergruppo del Baganza affioranti nel settore sudorientale dell'Appennino emiliano. Accad. Naz. Sci. Lett. Arti di Modena, Collana di Stud. 15, 261–298.
- Bettelli, G., Panini, F., 1992. Nota illustrativa ad una sezione geologica attraverso l'Appennino modenese. Stud. Geol. Camerti Vol. Spec., 65–74.
- Bettelli, G., Panini, F., Pizziolo, M., 2002. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 236 – Pavullo nel Frignano. Firenze.
- Boccaletti, M., Corti, G., Martelli, L., 2011. Recent and active tectonics of the external zone of the Northern Apennines (Italy). Int J Earth Sci (Geol Rundsch) 100, 1331–1348.
- Bonini, M., 2007. Interrelations of mud volcanism, fluid venting, and thrust–anticline folding: Examples from the external northern Apennines (Emilia–Romagna, Italy). J. Geophys. Res. Solid Earth 112, DOI: 10.1029/2006JB004859.
- Bonini, M., Tanini, C., 2009. Tectonics and quaternary evolution of the Northern Apennines watershed area (upper course of Arno and Tiber rivers, Italy). Geol. J. 44, 2–29.
- Brunamonte, F., 2003. Ricerca storica sulle frane nella Provincia di Modena. Regione Emilia–Romagna. Torino.
- Capitani, M., Bertacchini, M., 1997. Aspetti geologici, in: Modena, P. di (Ed.), 2° Relazione Sullo Stato Dell'ambiente Nella Provincia Di Modena. Modena, pp. 29–34.
- Chicchi, S., Plesi, G., 1991. Sovrascorrimenti e strutture associate dell'alto Appennino emiliano fra il Passo del Lagastrello e il M. Cimone. Stud. Geol. Camerti Vol. speci, 99–108.

- Chicchi, S., Plesi, G., 1992. Il Complesso di M. Modino nell'alto Appennino emiliano (tra il Passo del Lagastrello e il M. Cimone) e i suoi rapporti con la Falda toscana, l'Unità di Canetoloe le Liguridi. Mem. Descr. Cart. Geol. d'It. 46, 139-163.
- Chicchi, S., Plesi, G., 1995. La struttura della finestra di Gazzano (Val Dolo, Appennino reggiano-modenese). Accad. Naz. delle Sci. Scr. e Doc. 14, 195-227.
- Daniele, G., Plesi, G., 2000. The Ligurian Helminthoid flysch units of the Emilian Apennines: stratigraphic and petrographic features, paleogeographic restoration and structural evolution. Geodin. Acta 13, 1-21.
- De Nardo, M.T., Iaccarino, S., Martelli, L., Papani, G., Tellini, C., Torelli, L., Vernia, L., 1991. Osservazioni sull'evoluzione del bacino satellite epiligure Vetto-Carpineti-Canossa (Appennino Settentrionale). Mem. Descr. Cart. Geol. d'It. XLVI, 209-220.
- Delibera dell'Assemblea Legislativa Regione Emilia-Romagna n°112, 2007. Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.
- Garberi, M.L., A., P., Pizziolo, M., 1999. I numeri sulle frane. Grafiche Damiani, Bologna.
- Gruppo di lavoro MS, 2008. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conf. delle Reg. e delle Province Auton. – Dip. della Prot. Civile, Roma 3 vol.
- Leuratti, E., Lucente, C.C., Medda, E., Manzi, V., Corsini, A., Tosatti, G., Ronchetti, F., Guerra, M., 2007. Primi interventi di consolidamento sulle frane dei Boschi di Valoria, di Tolara e Lezza Nuova (Val Dolo e Val Dragone, Appennino modenese). G. di Geol. Appl. 7, 17-30.
- Mancin, N., Martelli, L., Barbieri, C., 2006. Foraminiferal biostratigraphy and paleobathymetric constraints in geohistory analysis: the example of the Epiligurian succession of the Secchia Valley (Northern Apennines, Mid Eocene-Late Miocene). Boll. Soc. Geol. It. 125, 163-186.
- Martini, G., Plesi, G., 1988. Scaglie tettoniche divelte dal complesso di M. Modino e trascinate alla base delle unità subligure e ligure: gli esempi del M. Ventasso e del M. Cisa (Appennino reggiano). Boll. Soc. Geol. It. 107, 171-191.
- Medley, E., 1999. Systematic characterization of melange bimrocks and other chaotic soil/rock mixtures. Felsbau 17, 152-162.
- Medley, E., 2001. Engineering Geological Characterization of Brittle Faults and Classification of Fault Rocks. Felsbau 19, 13-19.
- Mochi, E., Plesi, G., Villa, G., 1996. Biostratigrafia a nannofossili calcarei della parte basale della successione del M. Modino (nell'area dei Fogli 234 e 235) ed evoluzione strutturale dell'unità omonima. Stud. Geol. Camerti 13, 39-73.

Plesi, G., 2002. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 235 – Pievepelago. Regione Emilia–Romagna–S.EL.CA, Firenze.

Reutter, K.J., 1969. La geologia dell'Alto Appennino modenese tra Civago e Fanano e considerazioni geotettoniche sull'Unità di M. Modino – M. Cervarola. L'Ateneo Parm. Acta Nat. 5, 1–88.

Soldati, M., Tosatti, G., 1993. Case histories of lake-forming landslides in the Dragone Valley (Northern Apennines), in: Proc. 7th Int. Conf. & Field Workshop on Landslides In Cech and Slovak Republics. pp. 287–292.

Tellini, C., 2013. Pericolosità e suscettibilità da frana in Emilia–Romagna. Geol. dell'Emilia–Romagna 47, 7–13.

ALLEGATO 1

Sondaggio a carotaggio continuo (eseguito per questo studio)



SOGEO
S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI
Via S. Poffo n. 43 - 48022 S. Poffo di LUGO (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
Decr. n. 005754 del 05/07/2010

COMMITTENTE: Dott. Geol. Valeriano Franchi

SOND.N°: S.1 PROF.(m): 30.00

CANTIERE: Palagano (MO) - Quartiere artigianale

QUOTA (m): p.d.c.

PERFORATRICE: CMV MK900 D1

LATITUDINE (°):

METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo

LONGITUDINE (°):

RIVESTIMENTO: Ø 127 mm

ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice e doppio Ø 101 mm (*)

DATA INIZ-FINE: 08/09/2016-09/09/2016

PIEZOMETRO:

SCALA: 1:100

RIF.PREV.N°: 146-16

CERTIFICATO N°: C16-070-1

RAPPORTO N°: -----

DATA DI EMISSIONE: 16/09/2016

PAGINA N°: 1 di 2

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz.Norton	Inclinometro
1			1.00		Limo sabbioso di colore nocciola, con concrezioni calcaree						
2	3.6 2.0 1.1		2.30		Limo e limo argilloso con livelletti limo sabbiosi, di colore nocciola, più compatto, con inclusi calcarei (Ømax = 1-2 cm) (calcinelli) e frammenti lapidei						
3	1.0 1.6 0.4		2.60		Limo argilloso di colore nocciola - grigio, con inclusi calcarei (Ømax = 1-2 cm)						
4	0.3 0.4				Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio con venature verdastre e marroni, con inclusi calcarei						
5	0.4 0.5		4.80		Trovante arenaceo						
6	2.0 3.6		4.90 5.20		Argilla limoso - sabbiosa, grigia, di bassissima consistenza, con alcuni calcinelli			5.60			
7	2.8 4.0		6.00		Argilla limoso - sabbiosa, più compatta, con trovante arenaceo di colore nocciola a 5.4 m; presenza di alcuni calcinelli			5/8/11 6.05			
8	2.8 3.3		6.40		Limo sabbioso di colore grigio, tendente al nocciola, con inclusi						
9	2.8 3.1		7.80		Limo sabbioso di colore nocciola, con molti frammenti arenacei, con Ø anche > 2 cm						
10	3.3 2.6 2.4		9.00		Limo e limo argilloso di colore grigio - verdastro, con livelletti limo sabbiosi, con abbondanti frammenti arenacei						
11	2.4 3.0 3.8		10.00		Limo sabbioso di colore grigio, con frammenti arenacei			9.50			
12	5.2 1.5 1.7		12.00		Limo e limo sabbioso di colore grigio che passa a nocciola dopo 10,5 m, con inclusi arenacei e sottili livelli sabbiosi			3/4/7 9.95			
13	1.7 3.2		13.00		Limo e limo sabbioso di colore nocciola, con inclusi arenacei						
14			13.00		Limo e limo sabbioso di colore grigio - nocciola, a bassissima consistenza, con inclusi arenacei				13.00		
15	1.5 1.7		14.00		Limo sabbioso di colore nocciola con inclusi arenacei. A 14,3 m è presente uno spessore a consistenza superiore, con inclusi di maggiore diametro						
16	2.7		14.90		Limo sabbioso di colore nocciola scuro con inclusi; piccolo trovante a 15,3 m						
17			15.50		Trovante arenaceo						
18			16.00		Alternanza tra due strati di circa 30 cm di argille più o meno marnose, compatte, con inclusi arenacei, e due strati di detrito a bassissima consistenza, con frequenti inclusi arenacei in matrice limo-sabbiosa. Strati compatti: da 16,0 a 16,35 m e da 17,1 a 17,4 m						
19	5.1 4.5		18.70		Argilla a maggiore consistenza, scagliettata, di colore grigio scuro - marrone, giallastro, con inclusi arenacei; livello sabbioso a 19,7 m						
20	5.3		20.40		Trovante arenaceo						
21	4.1		20.80		Argilla di colore grigio - marrone con inclusi arenacei						
22			21.50		Trovante arenaceo						
23	4.5 > 6		21.80		Argilla mista a frammenti arenacei						
24			22.50		Trovante arenaceo						
25			22.70		Argilla mista a frammenti arenacei						
26			23.00		Argilla limo-sabbiosa con inclusi arenacei, spesso friabili (Ømax = 2-3 cm). La percentuale di sabbia sembra essere dovuta alla frantumazione dei clasti arenacei ed è presente solo come "sacche" incluse nell'argilla limosa			24.60 14/19/31 25.05			
27			26.60		Argilla di colore grigio, pura, di buona consistenza			26.73 CD 1 26.90			
28			27.00		Argilla limo-sabbiosa con inclusi arenacei, spesso friabili, (Ømax = 3-4 cm). Ultimo tratto del carotaggio disturbato da acqua di perforazione.						
29											
30			30.00								

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



SOGEO
S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI
Via S. Potito n. 43 - 48022 S. Potito di LUGO (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
Decr. n. 005754 del 05/07/2010

COMMITTENTE: Dott. Geol. Valeriano Franchi	SOND.N°: S.1	PROF.(m): 30.00
CANTIERE: Palagano (MO) - Quartiere artigianale	QUOTA (m): p.d.c.	
PERFORATRICE: CMV MK900 D1	LATITUDINE (°):	
METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	LONGITUDINE (°):	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice e doppio Ø 101 mm (*)	
PIEZOMETRO:	DATA INIZ-FINE: 08/09/2016-09/09/2016	
RIF.PREV.N°: 146-16	CERTIFICATO N°: C16-070-1	RAPPORTO N°: -----
	DATA DI EMISSIONE: 16/09/2016	SCALA: 1:100
		PAGINA N°: 2 di 2

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz.Norton	Inclinometro
31			30.00								

Note:
 (*) Da 0.00 a -21.00 m e da -22.0 a -30.00 m perforazione mediante carotiere semplice.
 Da 21.00 a 22.00 m perforazione mediante doppio carotiere.

 Livello acqua rilevato a -13.0 m dal p.d.c. a fine sondaggio.

CD = campione rimaneggiato

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



SOGEO s.r.l.
INDAGNI GEONOSTICHE ED AMBIENTALI
Via S. Polito n. 43 - 48022 S. Polito di Lupatoto (RA)
Tel. 0545222042 - Fax 0545344443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com

COMMITTENTE: Dott. Geol. Franchi Valeriano
RIF. N°: 146-16

LOCALITA': Palagiano (MO)
ALLEGATO A: C:16-070-1

SONDAGGIO N.: S.1
DATA: 08/09/2016



Cassa 1 da 0.0 a -5.0 m



Cassa 2 da -5.0 a -10.0 m



Cassa 3 da -10.0 a -15.0 m



Cassa 4 da -15.0 a -20.0 m



SOGGEO s.r.l.
 INGEGNERI GEOTECNICI ED AMBIENTALI
 Via S. Polito n. 43 - 41022 S. Polito di Lupatoto (PA)
 Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: soggeo@soggeo-sil.com

COMMITTENTE: Dott. Geol. Franchi Valeriano
RIF. N° : 146-16

LOCALITA': Palagano (MO)
ALLEGATO A: C16-070-1

SONDAGGIO N.: S.1
DATA: 08/09/2016



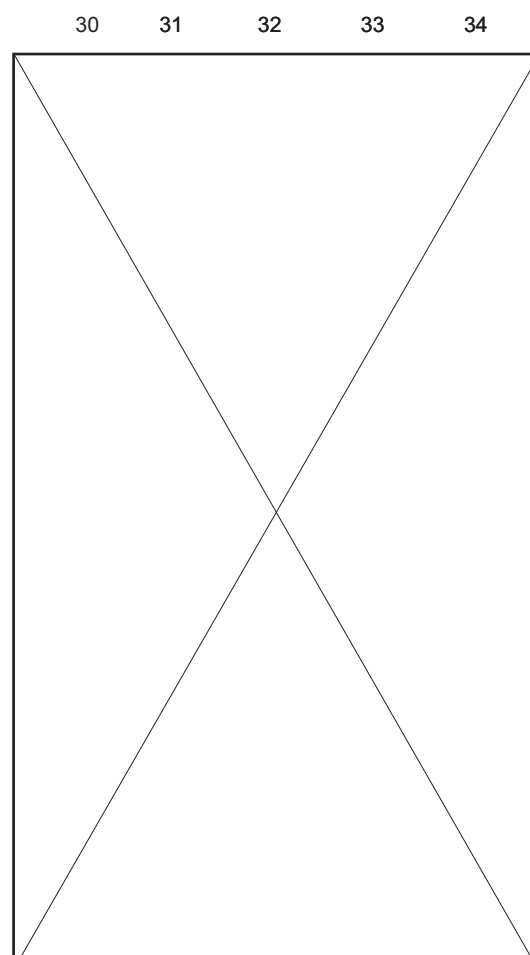
Cassa 6 da -25.0 a -30.0 m



Posizionamento



Cassa 5 da -20.0 a -25.0 m



Cassa 7 da -30.0 a -35.0 m

ALLEGATO 2

Indagini MASW

(archivio e nuova esecuzione)

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

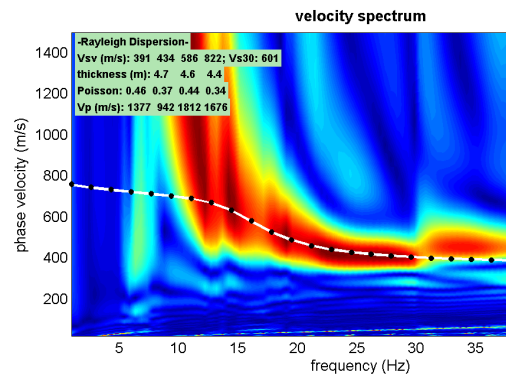
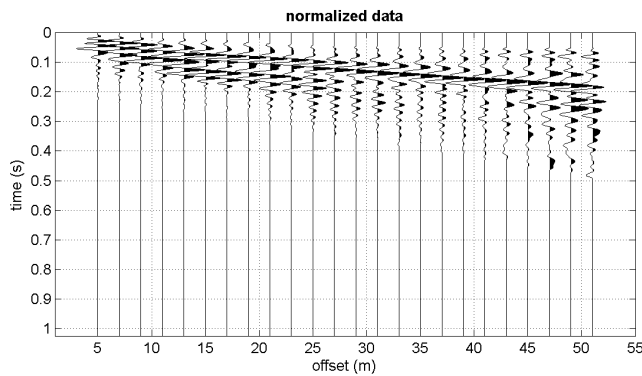
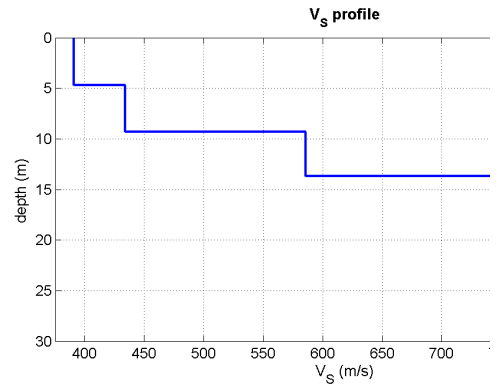
Main results

www.winmasw.com

Date: 20 7 2016

Time: 19 53

Dataset: palama1#6.DAT



Mean model

Vs (m/s): 391 434 586 822

Thickness (m): 4.7, 4.6, 4.4

Density (gr/cm3) (approximate values): 2.13 2.04 2.20 2.18

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 326 384 755 1473

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual).

Vp (m/s): 1377 942 1812 1676

Poisson: 0.46 0.37 0.44 0.34

Vs30 (m/s): 601

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero 10 < cu30 < 20 kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW

Surface Waves & Beyond www.winmasw.com

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

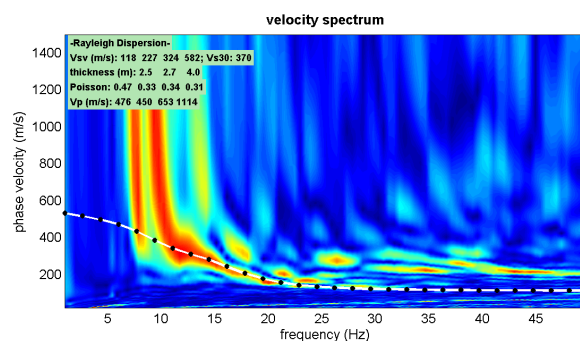
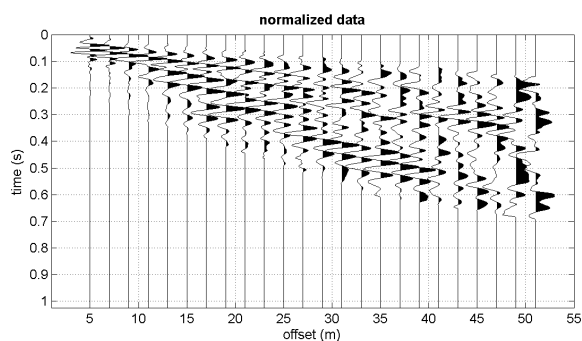
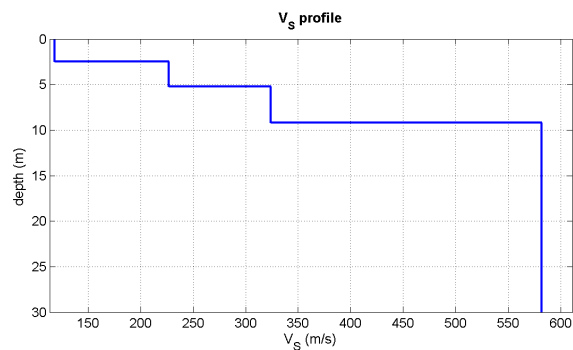
Main results

www.winmasw.com

Date: 21/7/2016

Time: 6/7

Dataset: palama2#6.DAT



Mean model

V_s (m/s): 118 227 324 582

Thickness (m): 2.5, 2.7, 4.0

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.87 1.86 1.95 2.08

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 26 96 205 705

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for V_p and Poisson (please, see manual)

V_p (m/s): 476 450 653 1114

Poisson: 0.47 0.33 0.34 0.31

Vs30 (m/s): 370

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{S30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW

Surface Waves & Beyond www.winmasw.com

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

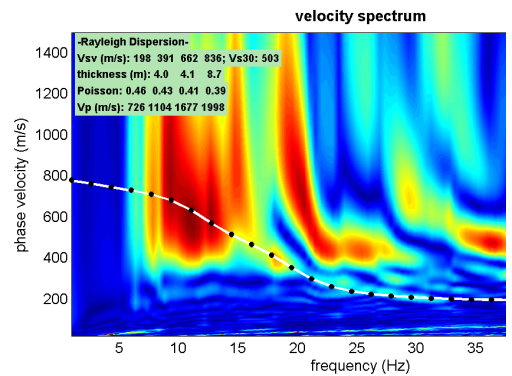
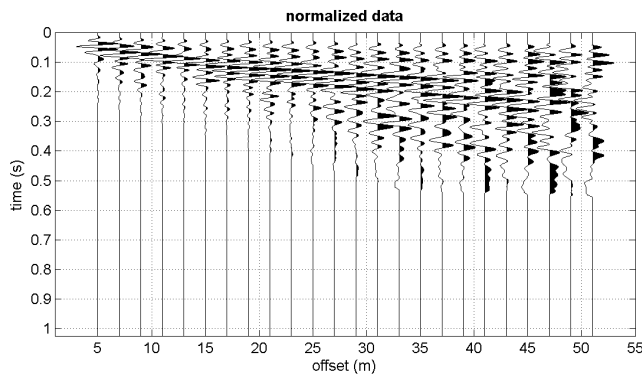
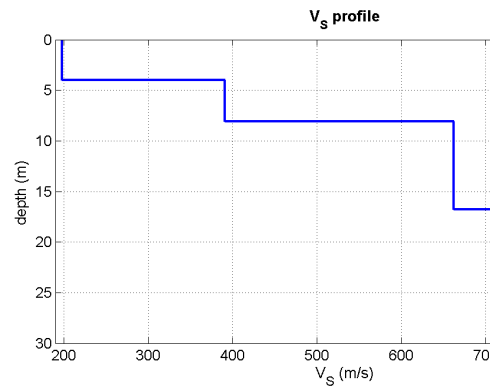
Main results

www.winmasw.com

Date: 21 7 2016

Time: 6 19

Dataset: palama3#6.DAT



Mean model

Vs (m/s): 198 391 662 836

Thickness (m): 4.0, 4.1, 8.7

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.98 2.08 2.18 2.22

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 77 318 955 1553

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual).

Vp (m/s): 726 1104 1677 1998

Poisson: 0.46 0.43 0.41 0.39

Vs30 (m/s): 503

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW

Surface Waves & Beyond www.winmasw.com

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

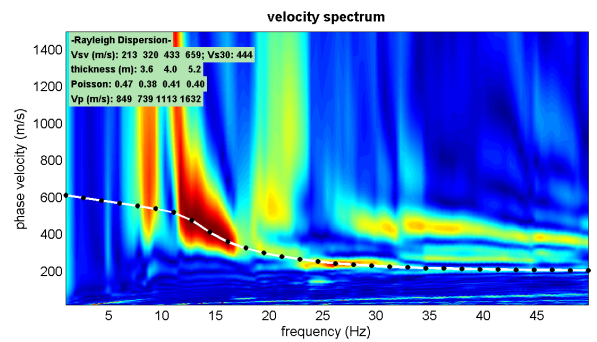
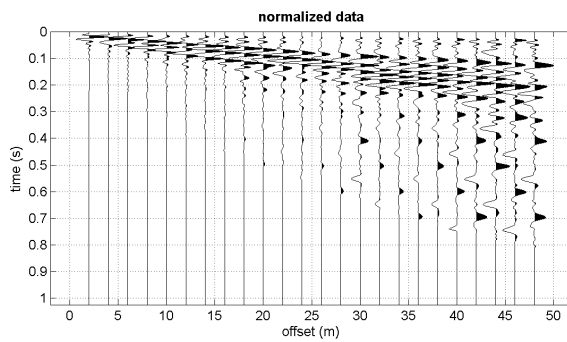
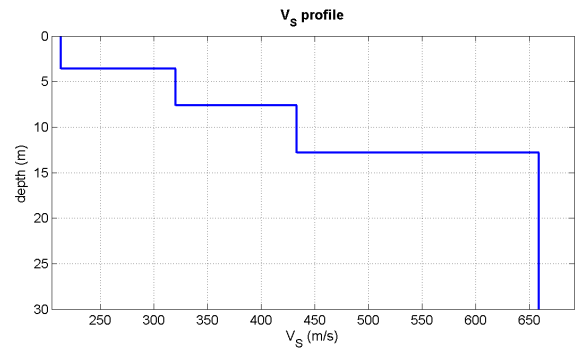
Main results

www.winmasw.com

Date: 21/7/2016

Time: 6:30

Dataset: palama4#9.DAT



Mean model

Vs (m/s): 213 320 433 659

Thickness (m): 3.6, 4.0, 5.2

Density (gr/cm³) (approximate values): 2.01 1.98 2.08 2.17

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 91 203 390 944

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 849 739 1113 1632

Poisson: 0.47 0.38 0.41 0.40

Vs30 (m/s): 444

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{S30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW

Surface Waves & Beyond www.winmasw.com

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results

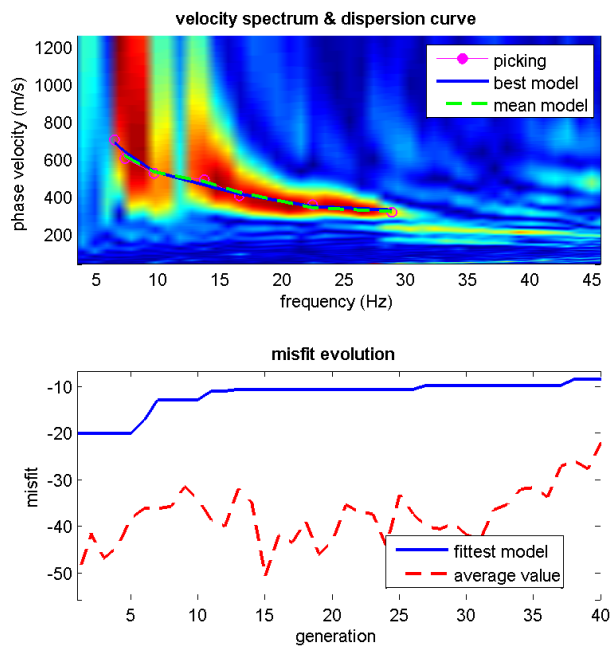
See "winMASW_report.txt" for further details.

www.winmasw.com

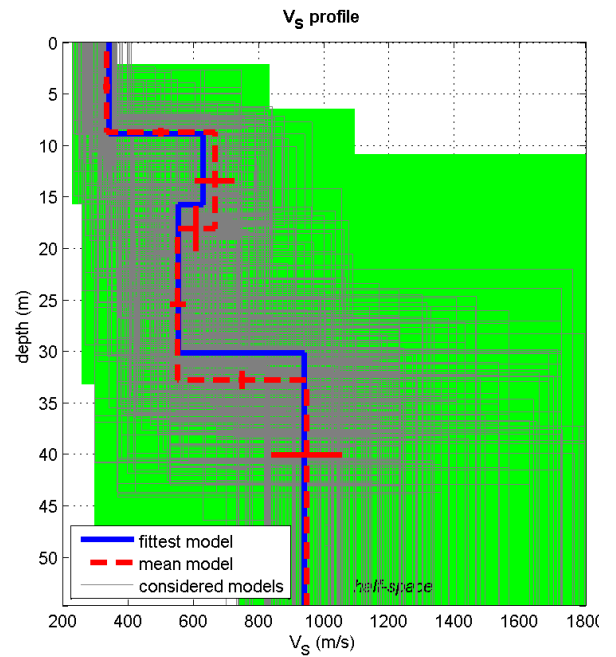
Date: 12 3 2011

Time: 9 36

Dataset: basc#9.DAT



www.winmasw.com



dataset: basc#9.DAT
 dispersion curve: basc9_1.cdp
 V_{s30} (best model): 479 m/s
 V_{s30} (mean model): 485 m/s

Mean model

V_s (m/s): 334, 665, 552, 946

Standard deviations (m/s): 9, 60, 23, 107

Thickness (m): 8.8, 9.3, 14.6

Standard deviations (m/s): 0.4, 2.2, 0.8

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.98, 2.12, 2.08, 2.19

Shear modulus (MPa) (approximate values): 221 939 634 1962

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: basc9_1.cdp

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 733, 1332, 1118, 1765

Poisson: 0.37 0.33 0.34 0.30

Vs30 (m/s): 485

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{S30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW

Surface Waves & Beyond www.winmasw.com

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results

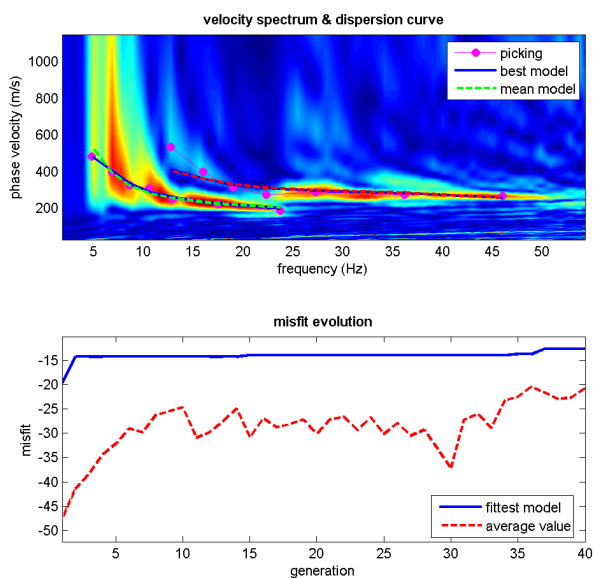
See "winMASW_report.txt" for further details.

www.winmasw.com

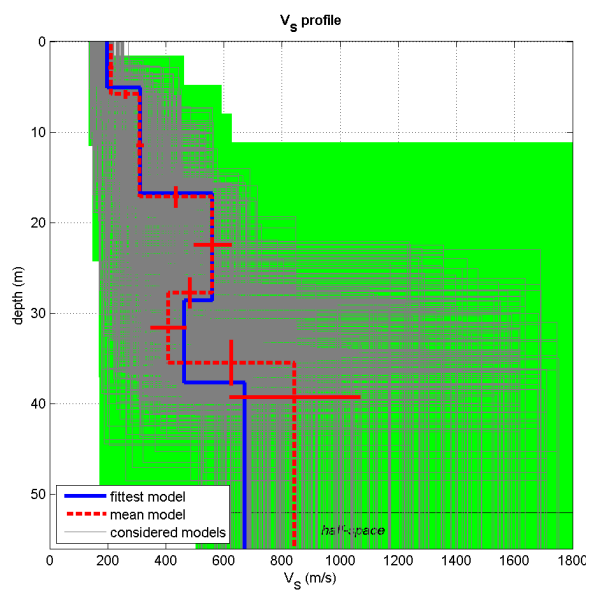
Date: 11 4 2012

Time: 5 41

Dataset: fer_pa#3.DAT



www.winmasw.com



dataset: fer_pa#3.DAT
 dispersion curve: pic3.cdp
 V_s30 (best model): 344 m/s
 V_s30 (mean model): 339 m/s

Mean model

V_s (m/s): 211, 311, 561, 408, 844

Standard deviations (m/s): 8, 11, 65, 61, 224

Thickness (m): 5.8, 11.3, 10.6, 7.7

Standard deviations (m/s): 0.5, 1.2, 1.7, 2.5

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.87, 1.96, 2.06, 2.02, 2.11

Shear modulus (MPa) (approximate values): 83 190 650 336 1504

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: pic3.cdp

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 467, 684, 1047, 865, 1268

Poisson: 0.37 0.37 0.30 0.36 0.10

Vs30 (m/s): 339

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW

Surface Waves & Beyond www.winmasw.com

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results

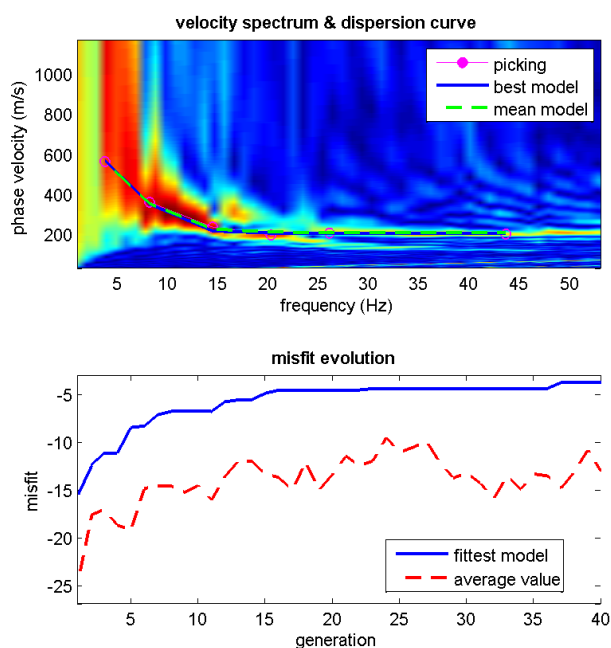
See "winMASW_report.txt" for further details.

www.winmasw.com

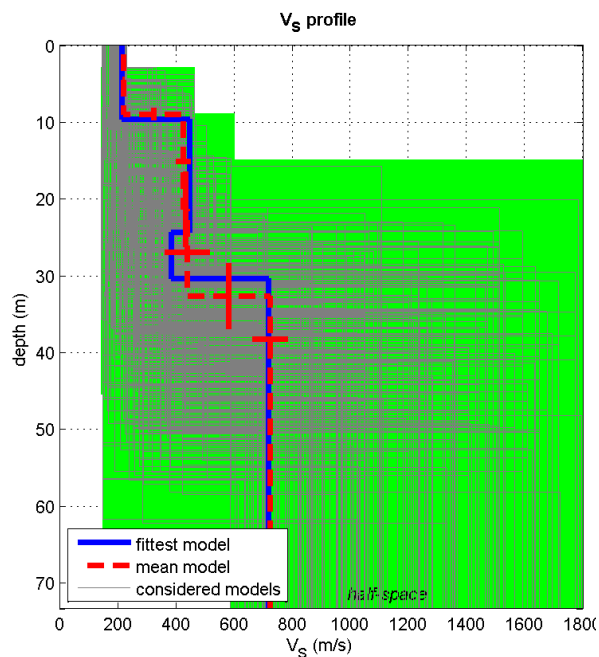
Date: 12 3 2011

Time: 10 35

Dataset: eliogalv#6.DAT



www.winmasw.com



dataset: eliogalv#6.DAT
 dispersion curve: eliogalv6_1.cdp
 Vs30 (best model): 324 m/s
 Vs30 (mean model): 335 m/s

Mean model

Vs (m/s): 221, 426, 439, 724

Standard deviations (m/s): 3, 24, 77, 61

Thickness (m): 9.0, 12.4, 11.3

Standard deviations (m/s): 0.8, 4.9, 4.2

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.87, 2.04, 2.00, 2.13

Shear modulus (MPa) (approximate values): 92 371 386 1115

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: eliogalv6_1.cdp

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 476, 956, 814, 1348

Poisson: 0.36 0.38 0.29 0.30

Vs30 (m/s): 335

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{S30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW

Surface Waves & Beyond www.winmasw.com

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

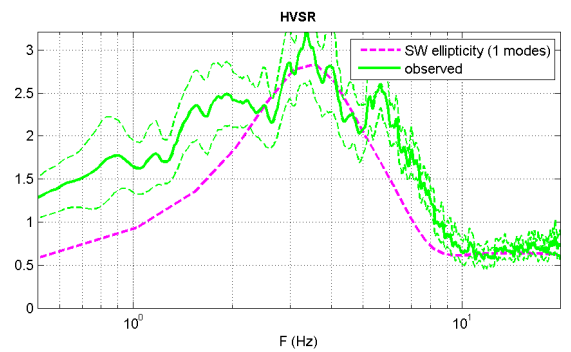
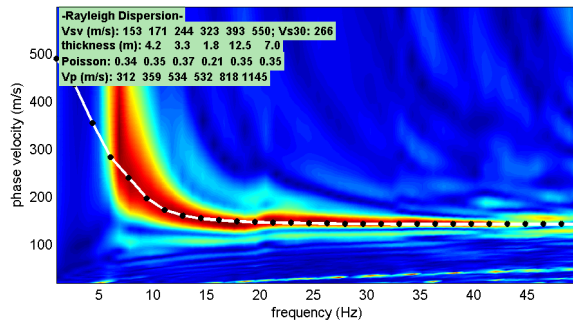
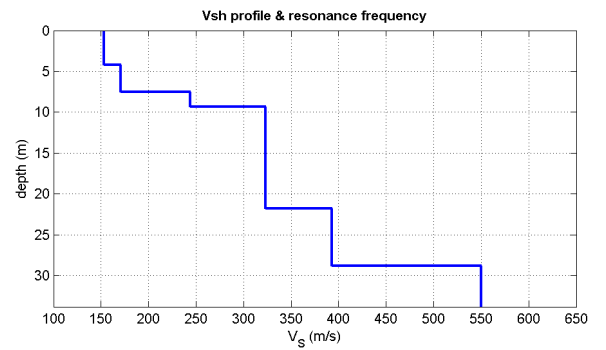
Main results

www.winmasw.com

Date: 16 4 2014

Time: 15 9

Dataset: pal2mun#6.DAT



Mean model

Vs (m/s): 153 171 244 323 393 550

Thickness (m): 4.2, 3.3, 1.8, 12.5, 7.0

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.77 1.81 1.90 1.90 2.01 2.09

Shear modulus (MPa) (approximate values): 41 53 113 198 310 631

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 312 359 534 532 818 1145

Poisson: 0.34 0.35 0.37 0.21 0.35 0.35

Vs30 (m/s): 266

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW

Surface Waves & Beyond www.winmasw.com

ALLEGATO 3

Indagini HVSr

(archivio e nuova esecuzione)

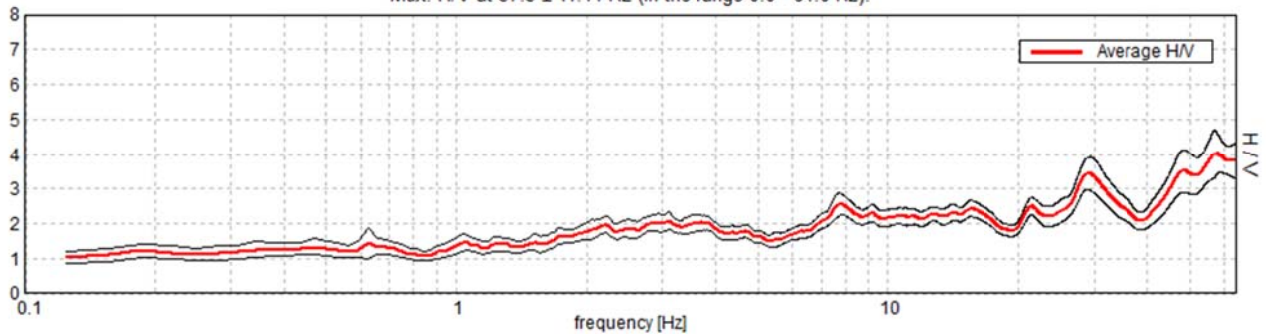
PALAGANO, A1

Instrument: TR-0007-01-05
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 04/07/16 16:04:43 End recording: 04/07/16 16:24:44
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

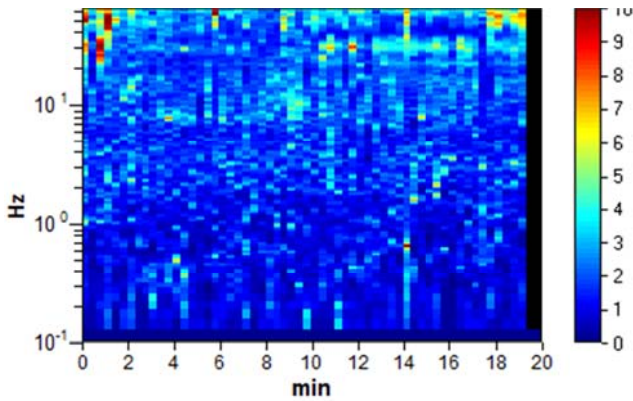
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

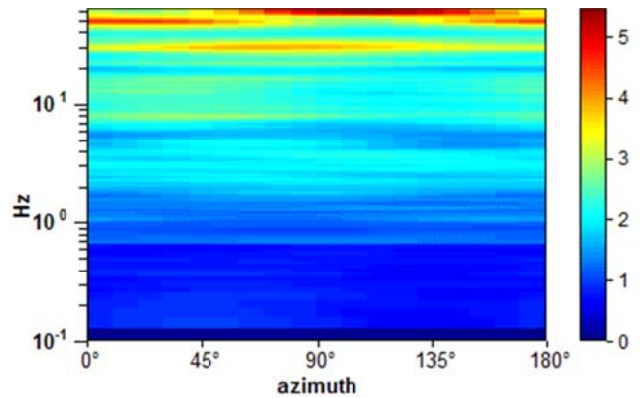
Max. H/V at 57.5 ± 11.44 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



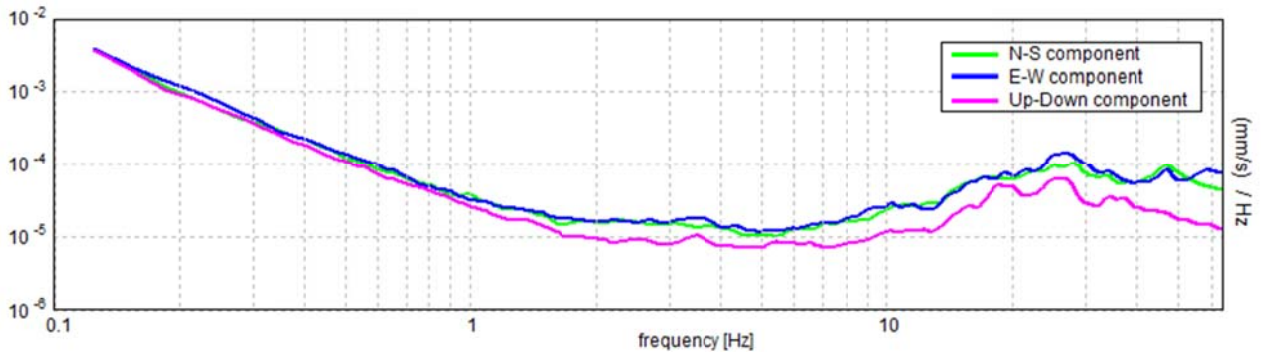
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 57.5 ± 11.44 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	57.50 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	69000.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1129 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	20.25 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	4.01 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.19904 < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	11.44465 < 2.875		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.6166 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

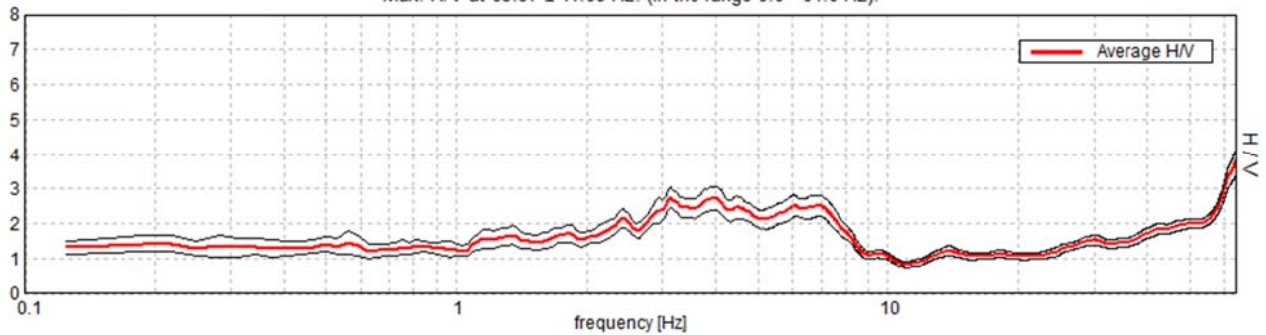
PALAGANO, A2

Instrument: TR-0007-01-05
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 04/07/16 16:31:46 End recording: 04/07/16 16:51:47
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

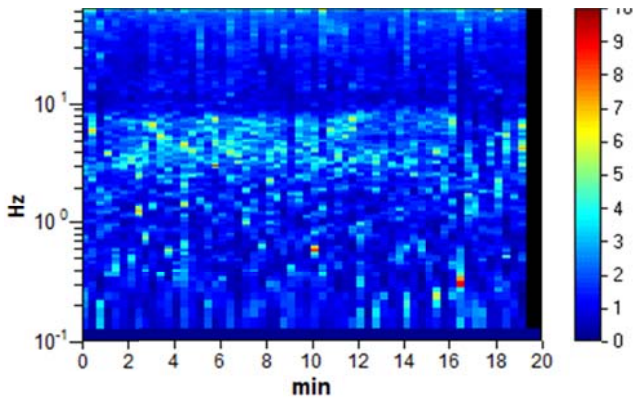
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

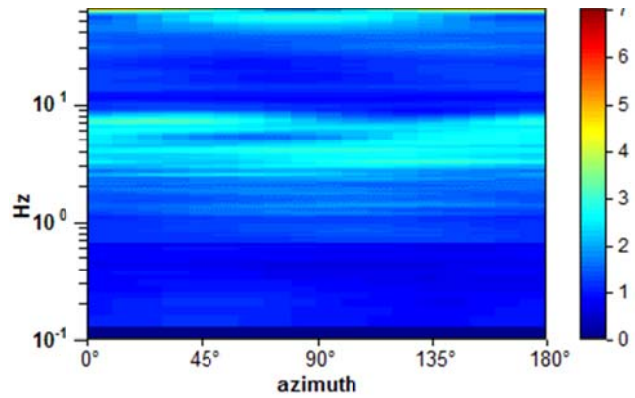
Max. H/V at 63.97 ± 11.68 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



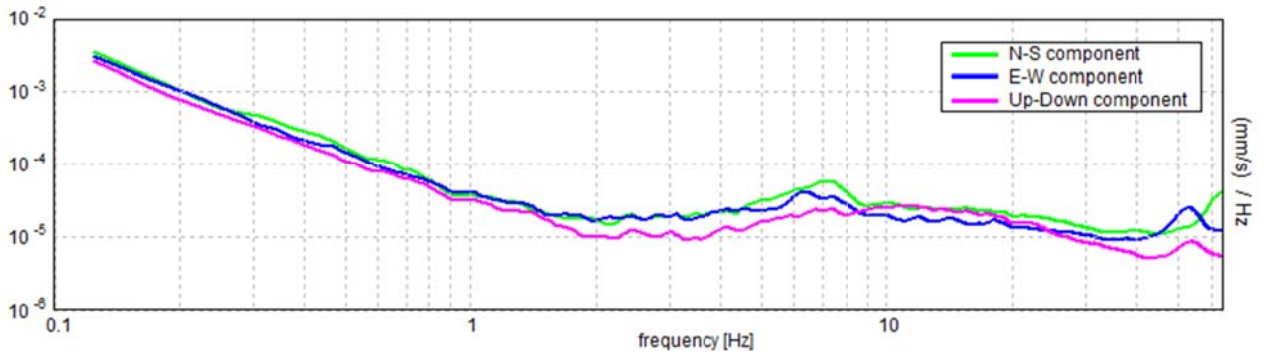
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 63.97 ± 11.68 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	63.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	76762.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1026 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	45.844 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.80 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.18257 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	11.67904 < 3.19844		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.367 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

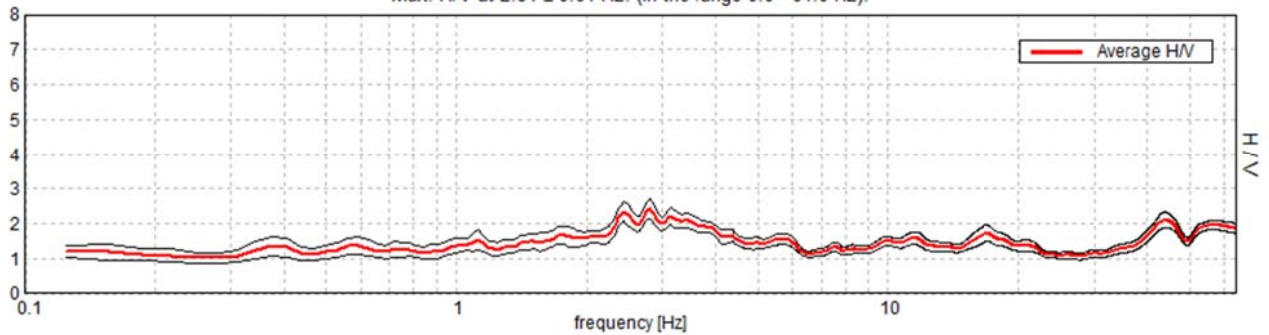
PALAGANO, A3

Instrument: TR-0007-01-05
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 04/07/16 17:00:37 End recording: 04/07/16 17:20:38
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

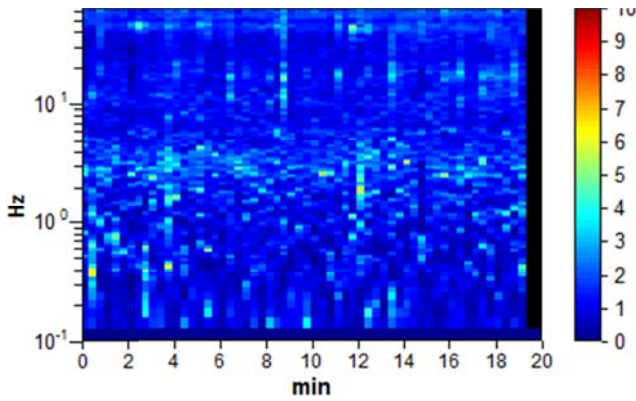
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

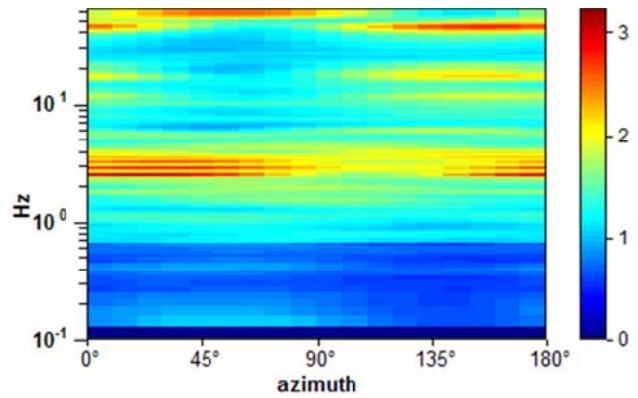
Max. H/V at 2.81 ± 0.61 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



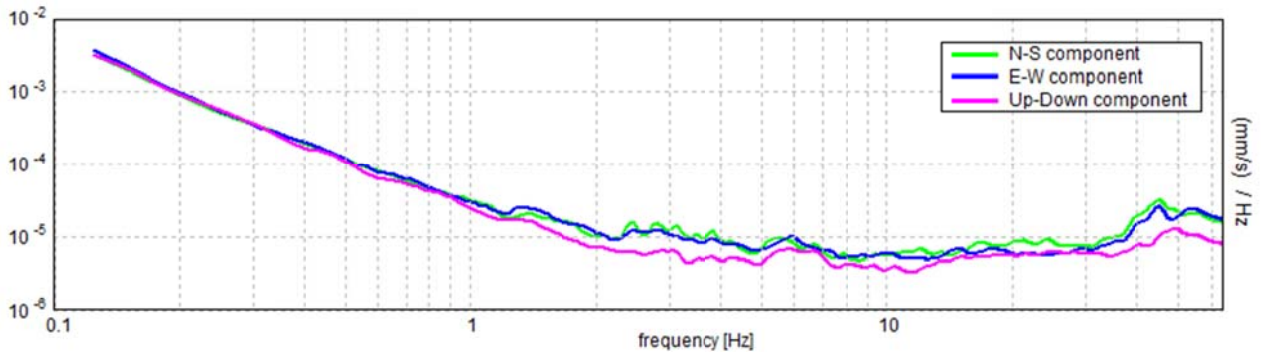
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 2.81 ± 0.61 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	2.81 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3375.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 136 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.906 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.43 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.21524 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.60536 < 0.14063$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2968 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

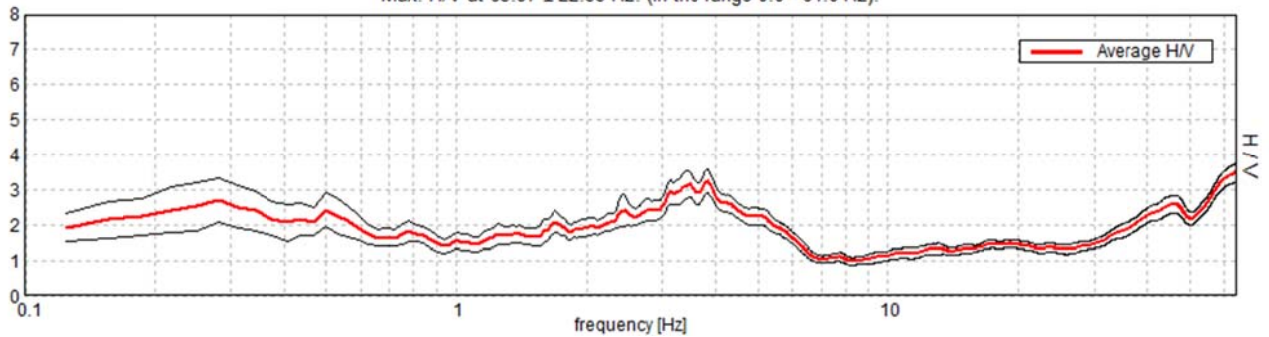
PALAGANO, A4

Instrument: TR-0007-01-05
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 04/07/16 18:14:05 End recording: 04/07/16 18:34:06
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

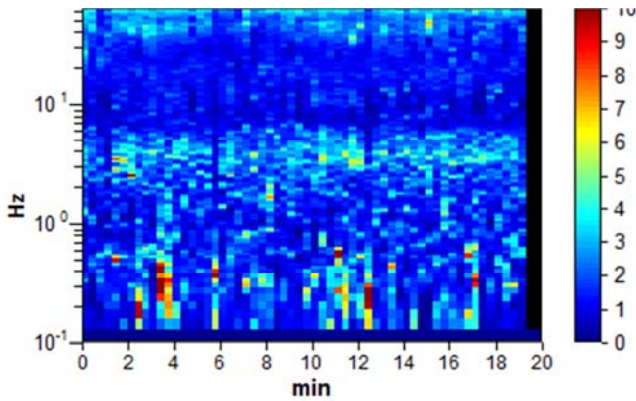
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

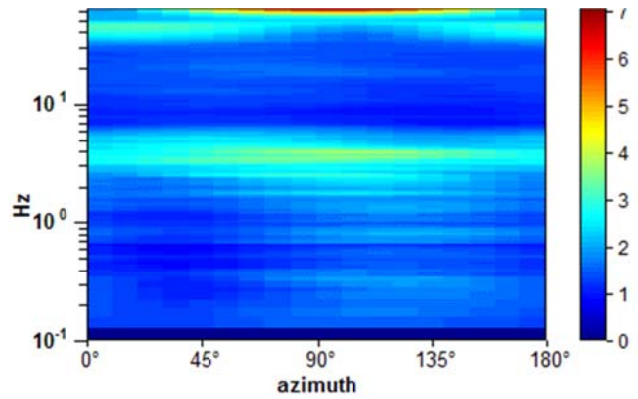
Max. H/V at 63.97 ± 22.55 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



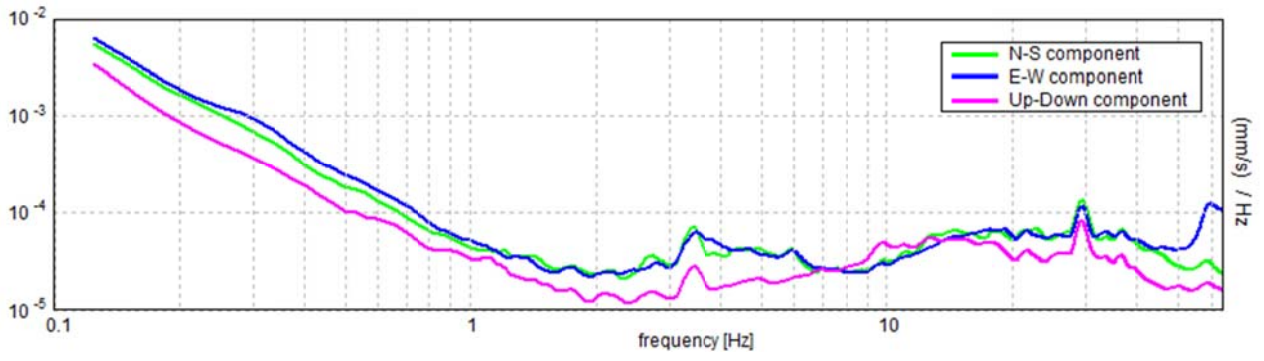
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 63.97 ± 22.55 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	63.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	76762.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1026 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	33.688 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	3.54 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.35245 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	22.5457 < 3.19844		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2833 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

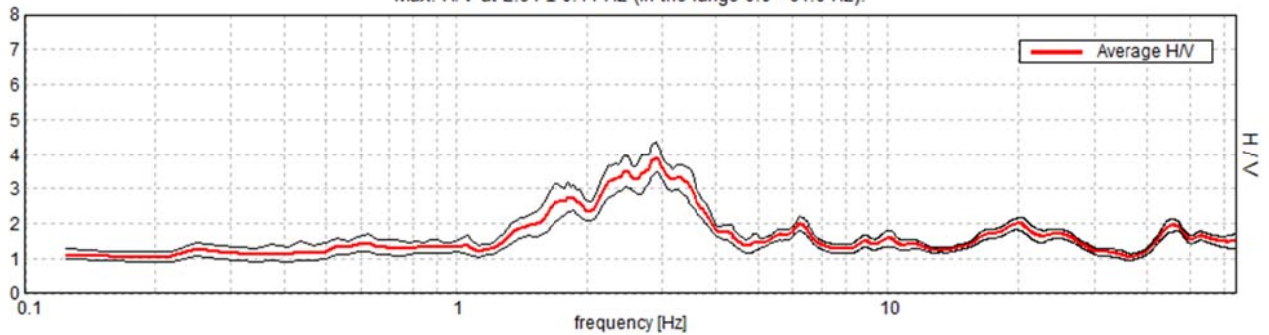
PALAGANO, A5

Instrument: TR-0007-01-05
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 04/07/16 18:50:15 End recording: 04/07/16 19:10:16
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

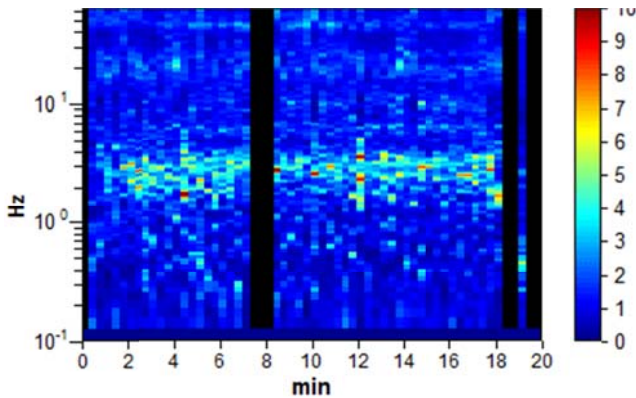
Trace length: 0h20'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

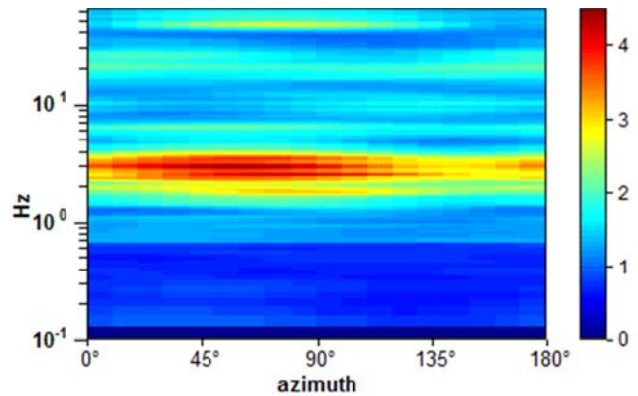
Max. H/V at 2.91 ± 0.44 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



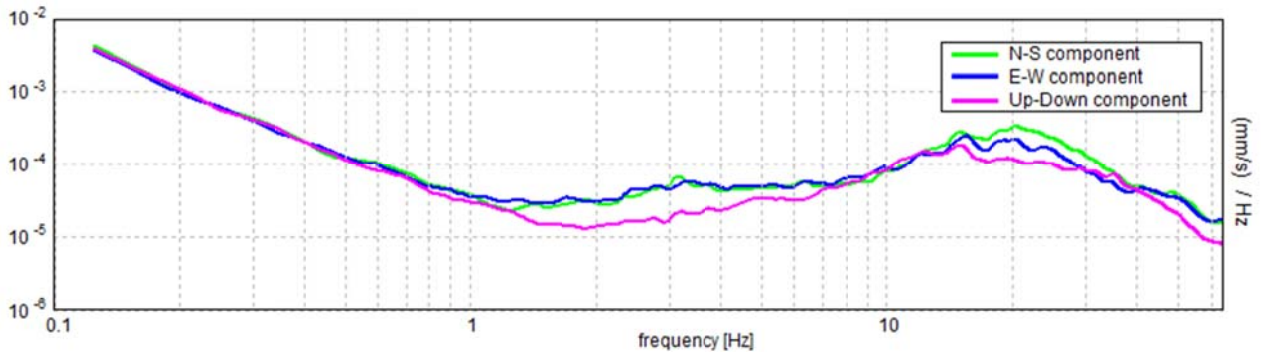
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 2.91 ± 0.44 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	2.91 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3022.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 140 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.438 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.969 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.91 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.15277 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.444 < 0.14531$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4406 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

PALAGANO, B1

Instrument: EXT- SARA SR04HS

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/07/16 15:50:19 End recording: 04/07/16 16:10:19

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 200 Hz

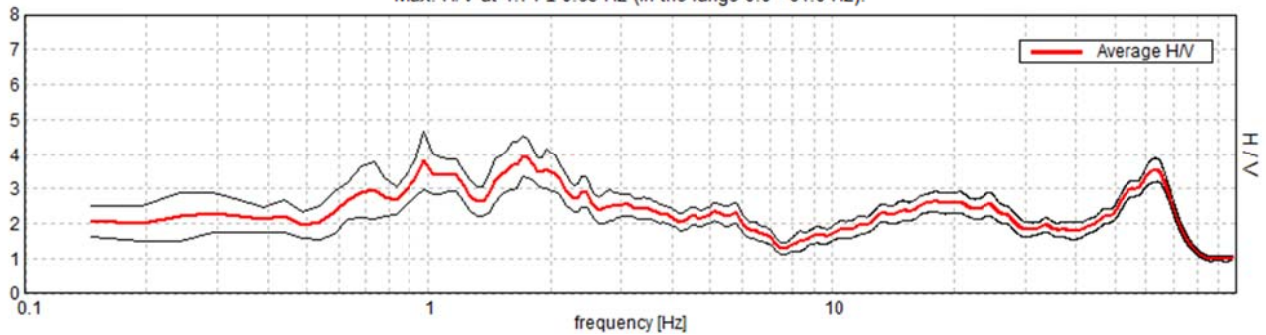
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

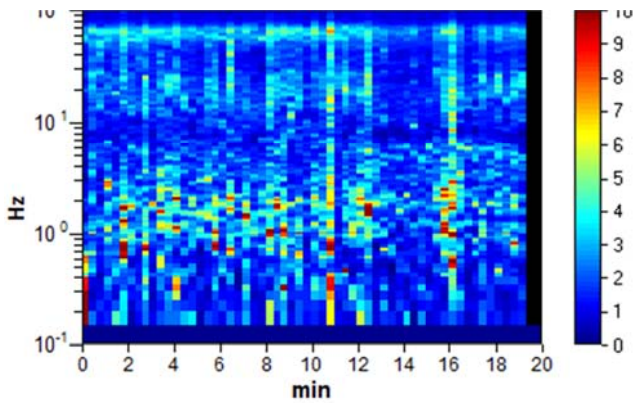
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

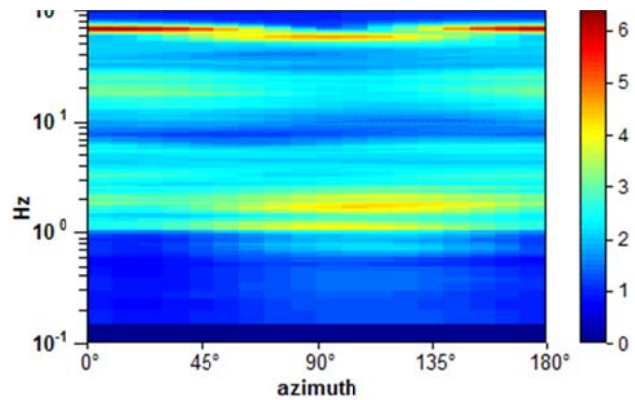
Max. H/V at 1.71 ± 0.63 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



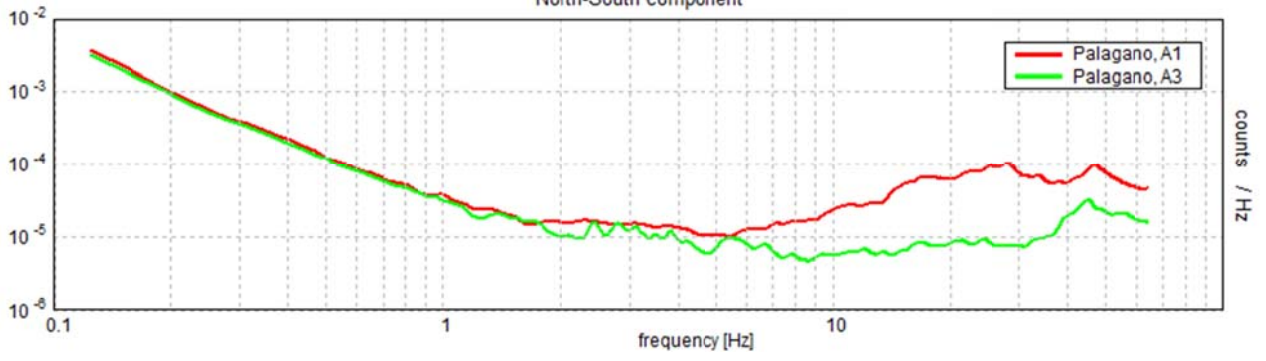
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA
North-South component



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 1.71 ± 0.63 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.71 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2050.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 54 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.488 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.104 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.93 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.37036 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.63295 < 0.1709$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5954 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

PALAGANO, B2

Instrument: EXT- SARA SR04HS

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/07/16 16:34:41 End recording: 04/07/16 16:54:41

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 200 Hz

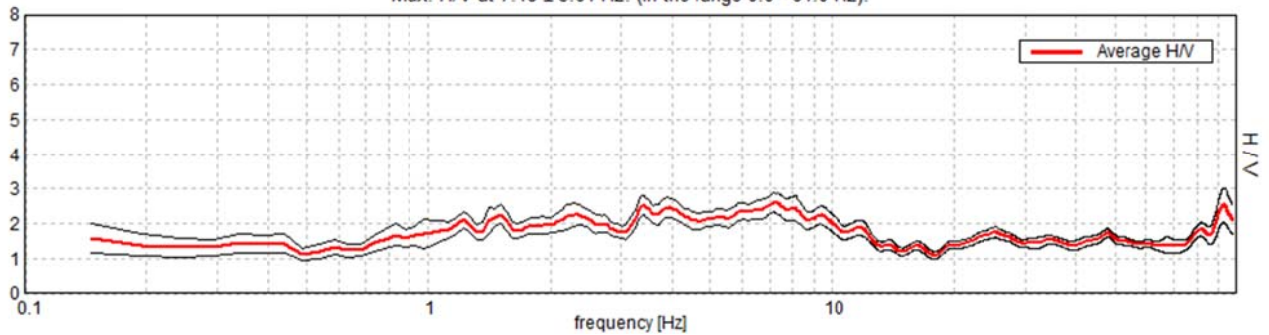
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

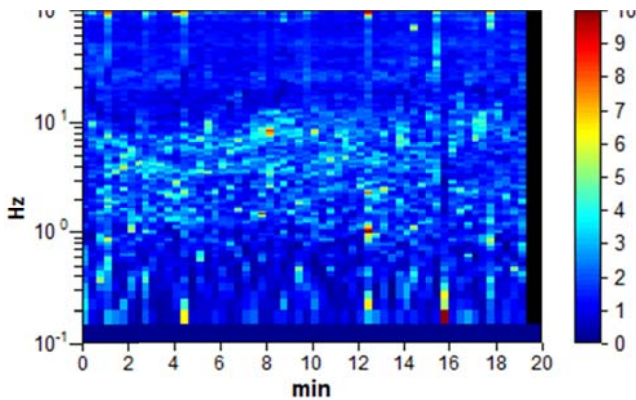
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

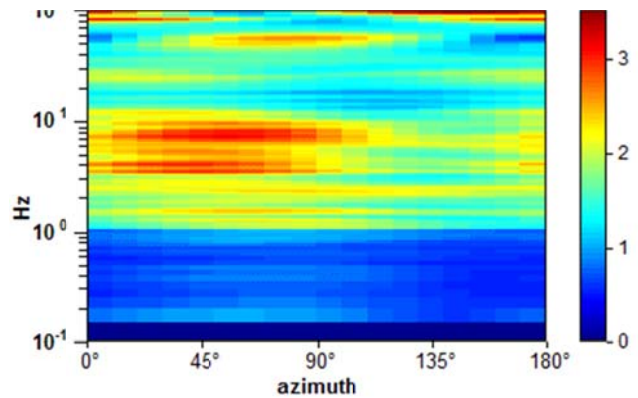
Max. H/V at 7.18 ± 3.61 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



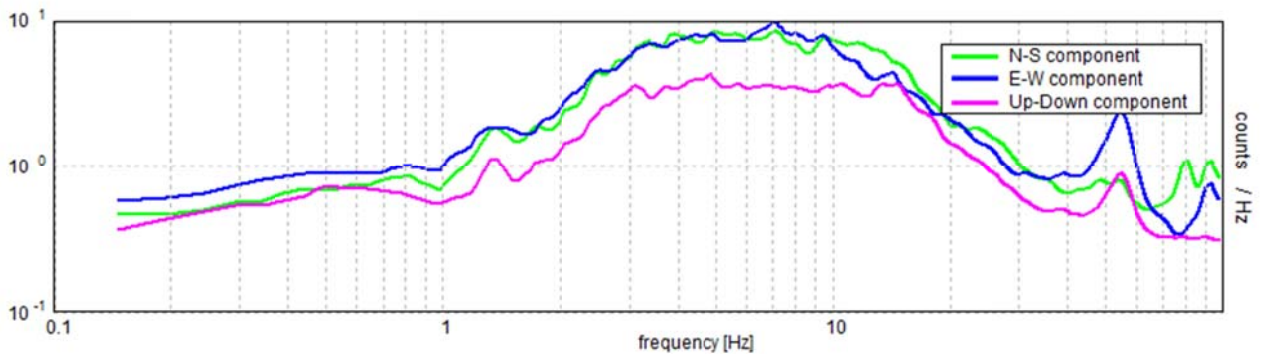
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 7.18 ± 3.61 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	7.18 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	8613.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 222 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	14.307 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.61 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.50305 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.61076 < 0.35889$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2837 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

PALAGANO, B3

Instrument: EXT- SARA SR04HS

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/07/16 17:08:12 End recording: 04/07/16 17:28:12

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)

Sampling rate: 200 Hz

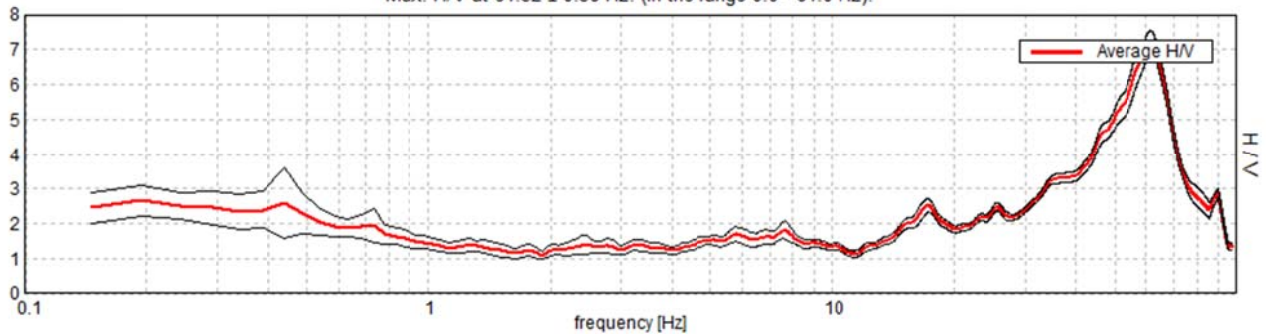
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

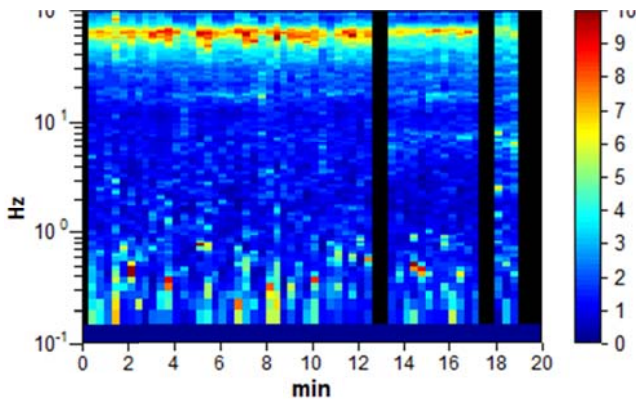
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

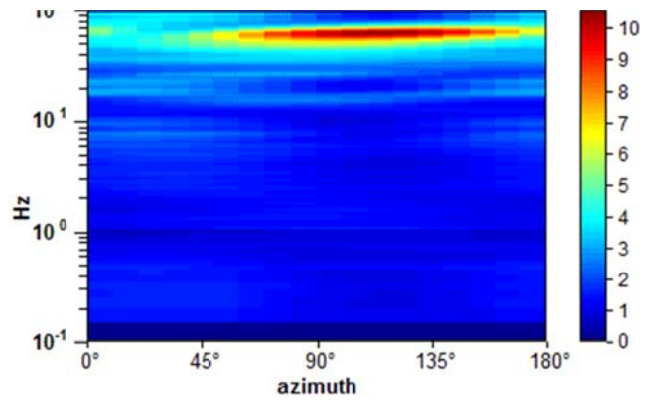
Max. H/V at 61.52 ± 0.38 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



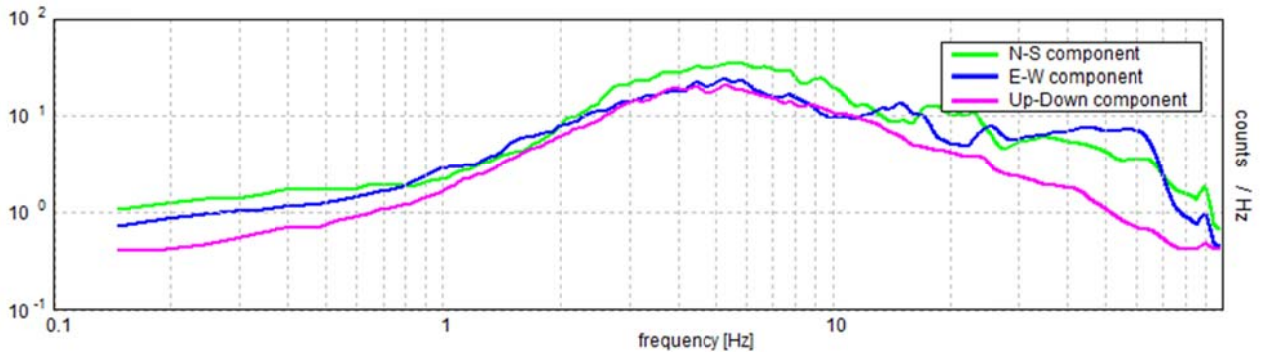
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 61.52 ± 0.38 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	61.52 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	63984.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1419 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	42.041 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	73.047 Hz	OK	
$A_0 > 2$	7.23 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0062 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.38154 < 3.07617$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3074 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

PALAGANO, B4

Instrument: EXT- SARA SR04HS

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/07/16 17:54:21 End recording: 04/07/16 18:14:21

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 200 Hz

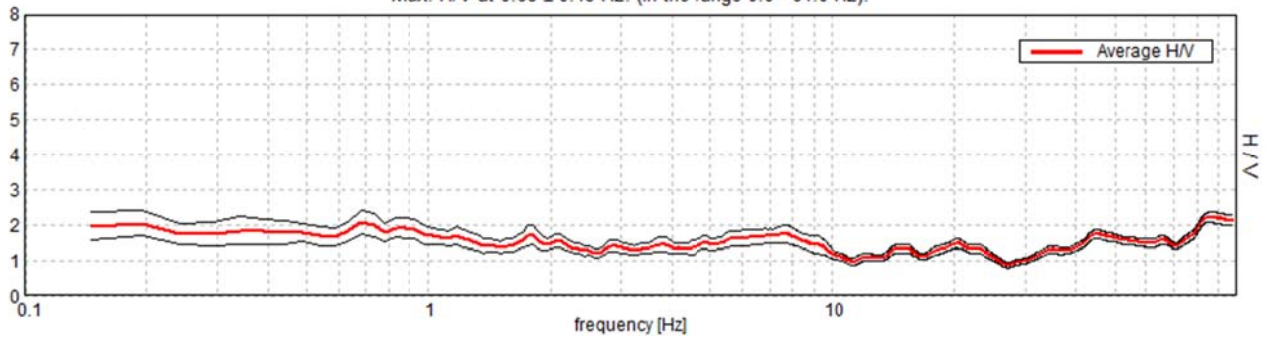
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

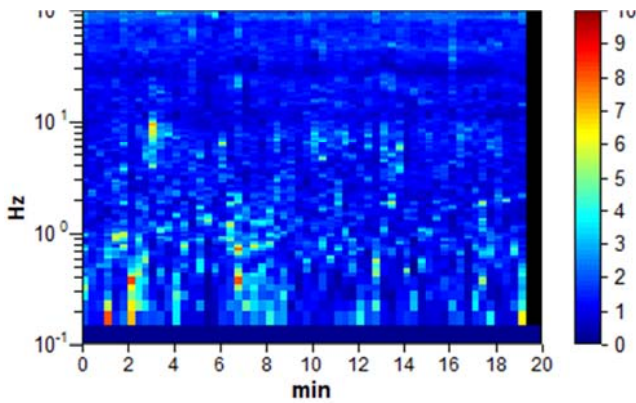
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

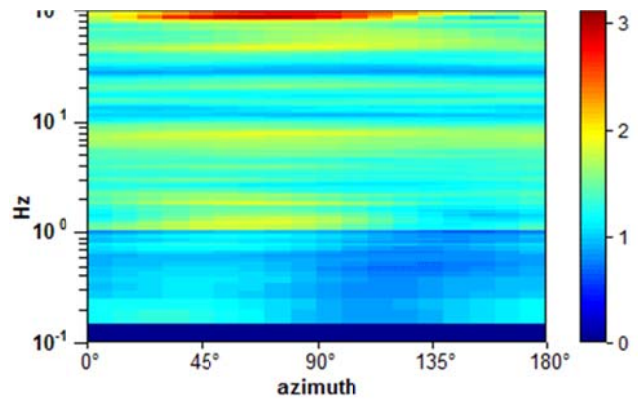
Max. H/V at 0.68 ± 0.43 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



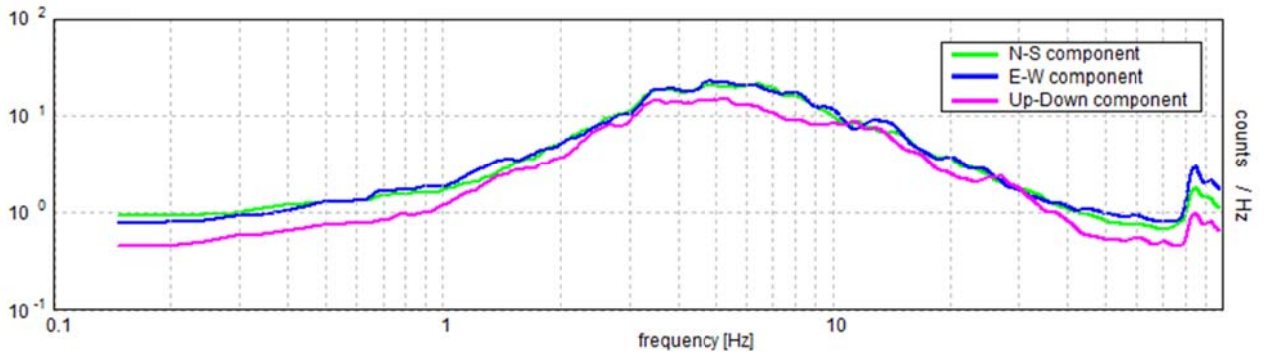
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 0.68 ± 0.43 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.68 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$820.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 22 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.07 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.6229 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.42581 < 0.10254$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.347 < 2.0$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

PALAGANO, B5

Instrument: EXT- SARA SR04HS

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 04/07/16 18:27:17 End recording: 04/07/16 18:47:17

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

Sampling rate: 200 Hz

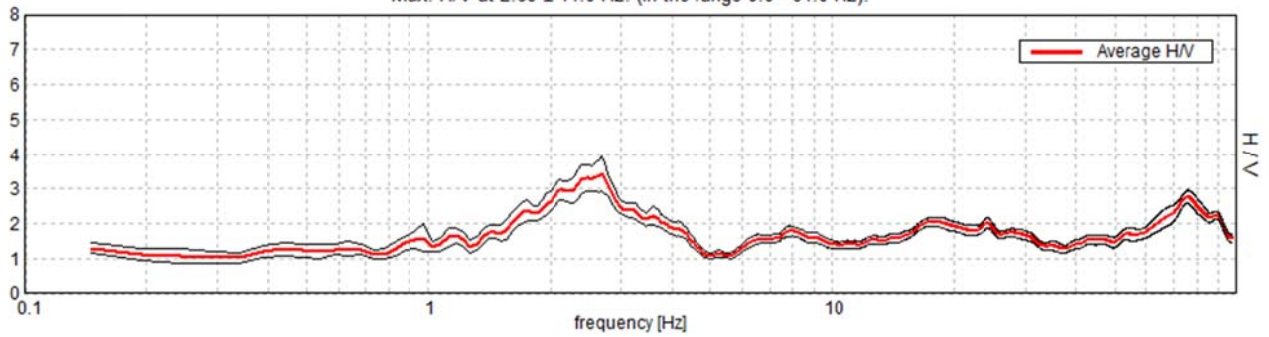
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

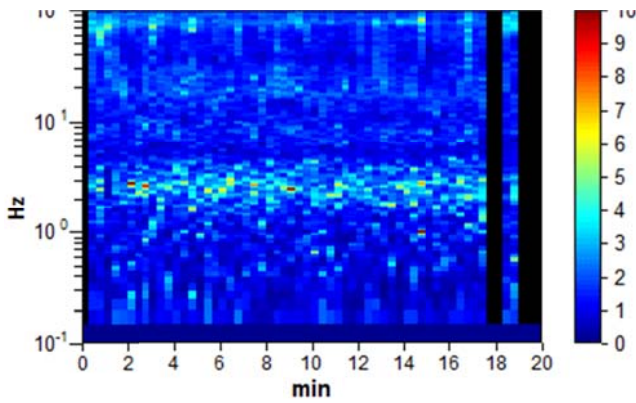
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

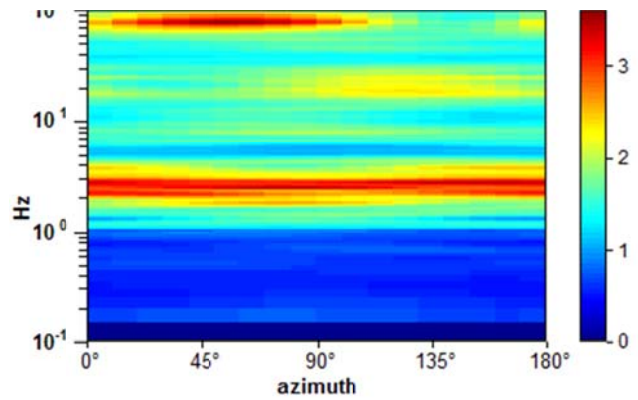
Max. H/V at 2.69 ± 14.0 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



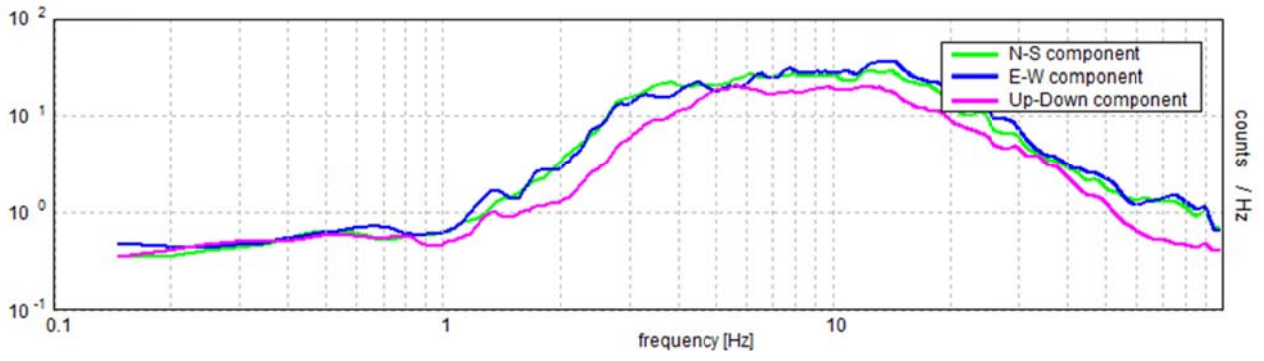
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 2.69 ± 14.0 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	2.69 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	2900.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 84 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.367 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.346 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.42 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 5.21282 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$13.99926 < 0.13428$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5012 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

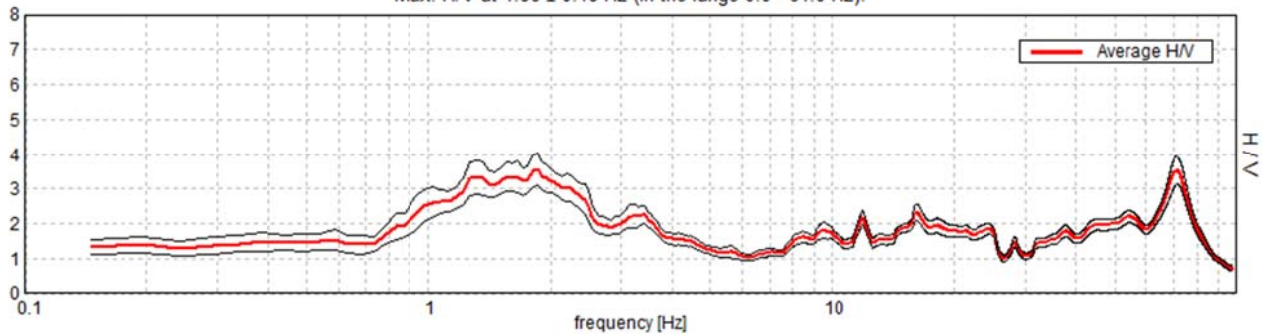
PALAGANO, OLD 1

Instrument: EXT- SARA SR04HS
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 09/08/13 11:43:27 End recording: 09/08/13 12:03:27
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

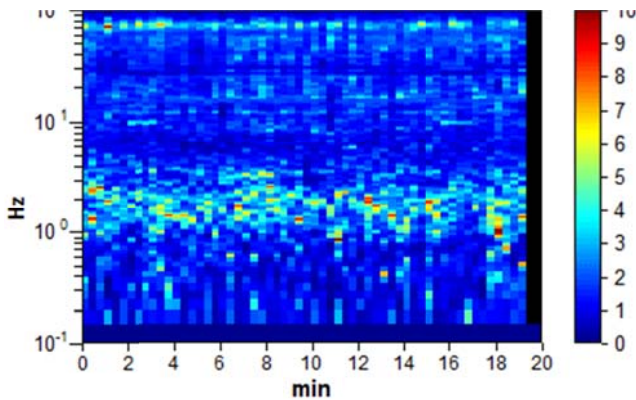
Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.
Sampling rate: 200 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

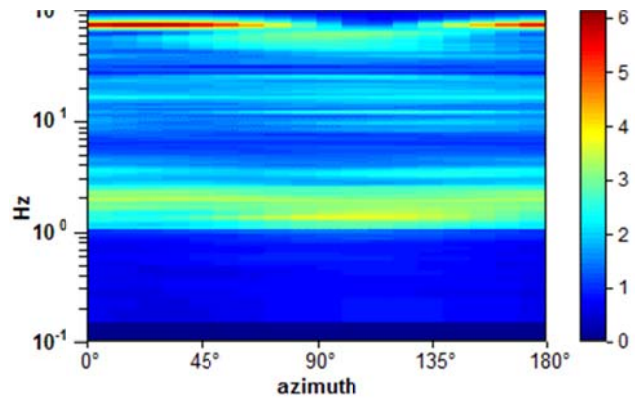
Max. H/V at 1.86 ± 0.48 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



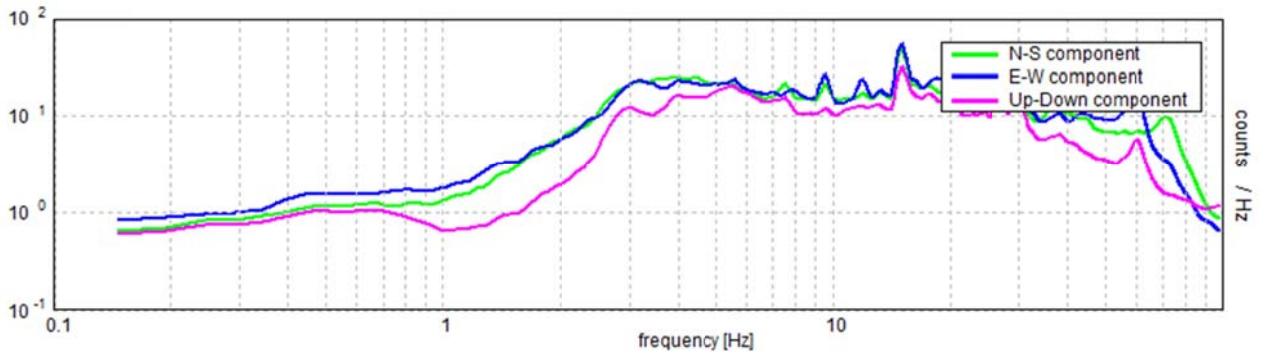
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 1.86 ± 0.48 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.86 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2226.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 58 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.781 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.76 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.54 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.25829 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.47925 < 0.18555$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4581 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

PALAGANO2,

Instrument: EXT- SARA SR04HS

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 09/08/13 11:13:39 End recording: 09/08/13 11:33:39

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 200 Hz

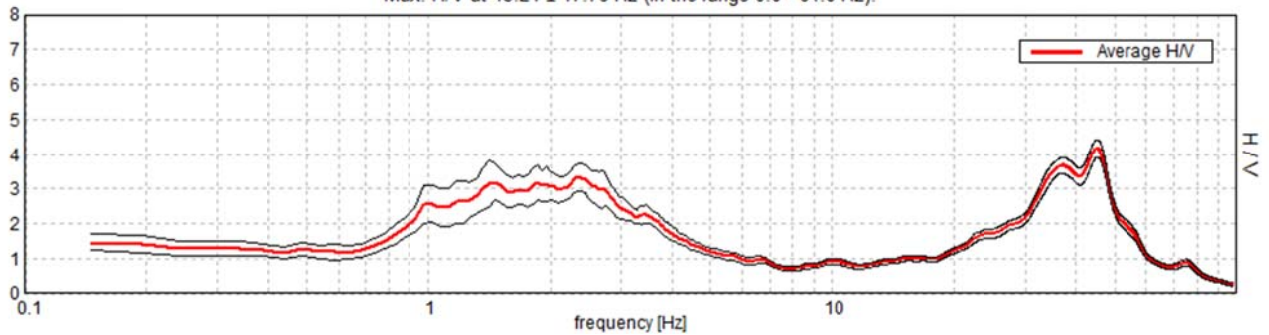
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

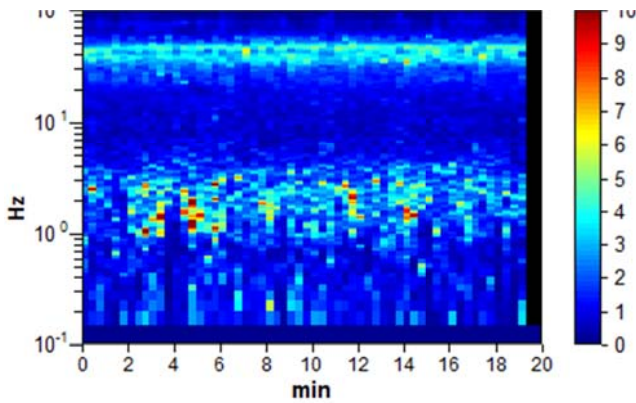
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

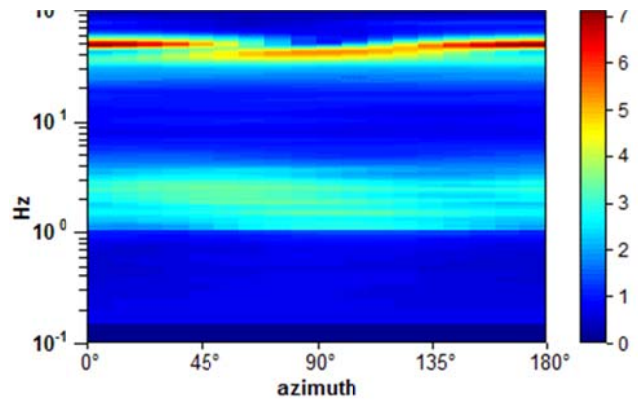
Max. H/V at 45.21 ± 17.76 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



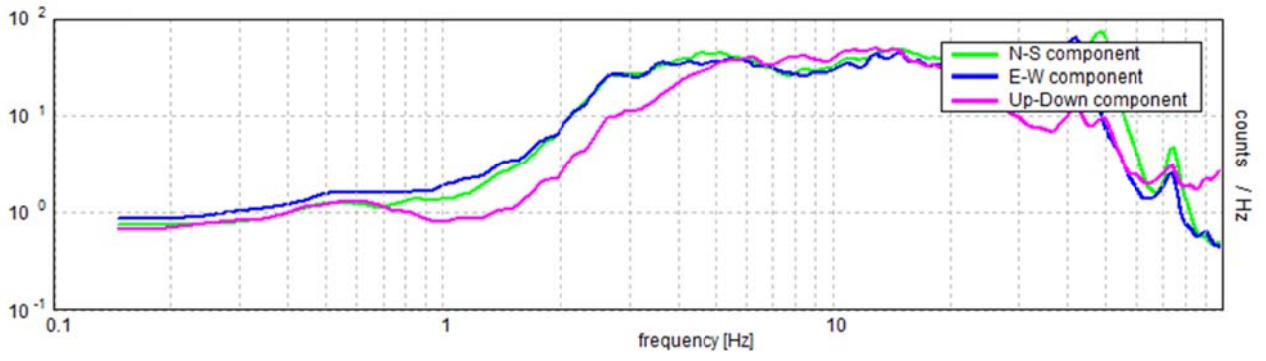
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 45.21 ± 17.76 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	45.21 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	54257.8 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1390 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	29.443 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	51.953 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.16 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.39283 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	17.76191 < 2.26074		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2576 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

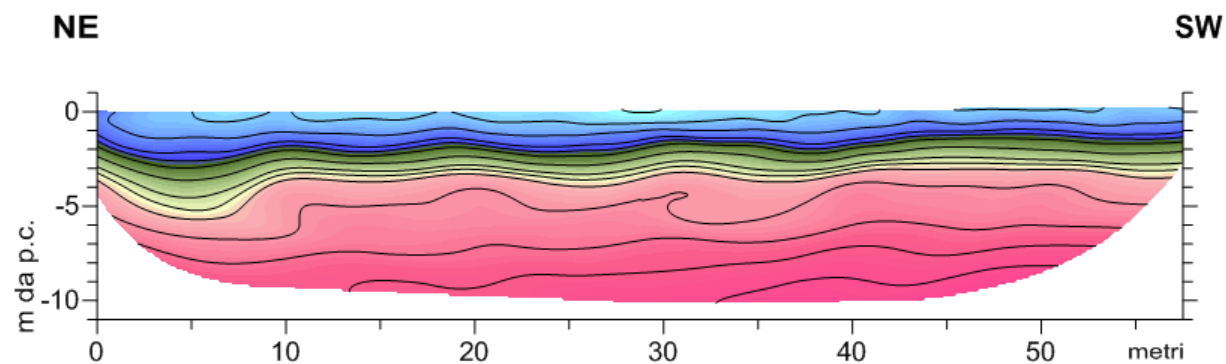
ALLEGATO 4

Tomografie sismiche a rifrazione (nuova esecuzione)

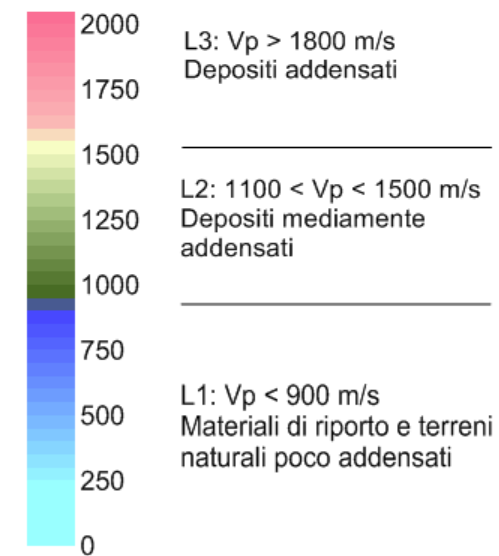
PROVINCIA DI MODENA
COMUNE DI PALAGANO

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE
ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

SEZIONE PAL1VP



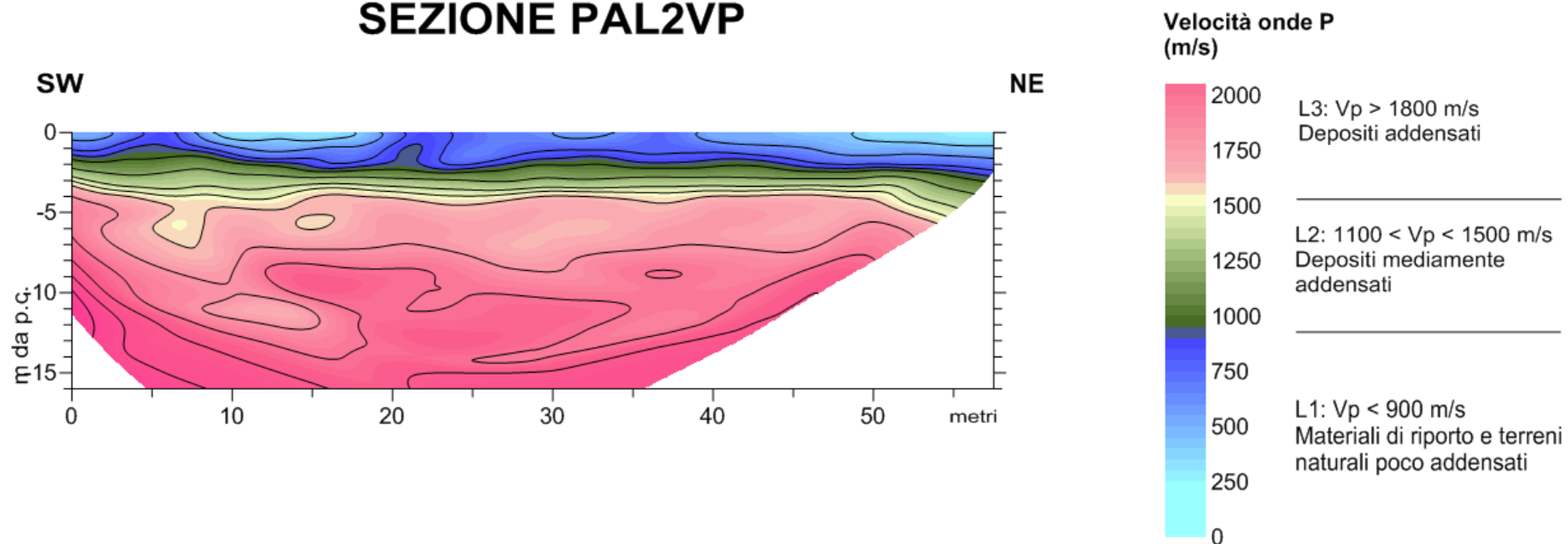
Velocità onde P
(m/s)



PROVINCIA DI MODENA
COMUNE DI PALAGANO

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE
ELABORAZIONE TOMOGRAFICA

SEZIONE PAL2VP



Palagano PAL1VP

la sezione tomografica evidenzia un sismostrato superficiale (L1) con spessore di 1,5-2,0 m in leggero aumento verso NE. L'unità sismica sottostante L2 ha uno spessore medio di 1,5 m, ed anch'essa tende ad aumentare di spessore verso NE. L'unità più profonda individuata è la L3 che, data l'immersione generale dei sismostrati, tende ad immergere verso NE.

Le interfacce L1/L2 e L2/L3 hanno andamento sostanzialmente regolare con blande ondulazioni e una blanda immersione, come detto, verso NE.

Palagano PAL2VP

a partire da piano campagna è presente un sismostrato (L1) di spessore compreso tra 1 e 3 m e spessore in leggero incremento verso NE. Il sismostrato sottostante L2 presenta modeste oscillazioni di spessore il quali si mantiene compreso tra 1 e 2 m circa. L'unità L3 interessa la maggior parte della sezione fino alla massima profondità individuata. Le interfacce tra le unità sismiche risultano ben definite da variazioni nette dei gradienti di velocità; l'andamento di tutte le interfacce appare sostanzialmente regolare.

ALLEGATO 5

**Elaborazioni propedeutiche alla valutazione della pericolosità
locale legata ad instabilità di versante sismoindotte nelle
località di Saltino, Montefiorino e Palagano (Modena)**

Relazione a cura del Prof. Dario Albarello

**(CD allegato a questa relazione)
Versione digitale: vedi cartella "Allegato 5"**

ALLEGATO 6

Report dell'analisi di stabilità pseudo-statica eseguita per questo studio tramite codice di calcolo SSAP

(superficie a FS minimo prossimo al valore soglia di 1,2 ottenuta con coefficiente sismico orizzontale k_h pari a 0,012)

Report dell'analisi di stabilità statica eseguita per questo studio tramite codice di calcolo SSAP

Report elaborazioni

SSAP 4.9.6 - Slope Stability Analysis Program (1991, 2018)

WWW.SSAP.EU

Build No. 10434

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI *, **

*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

** Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 14 aprile 2018

Localita' : Palagano

Descrizione:

Modello pendio: con_falda_ok.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

___ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) ___

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
346.88	591.92	487.15	616.51	346.88	588.18	346.88	531.49
354.59	592.52	492.45	617.48	354.59	588.52	354.59	532.52
390.00	600.00	502.89	619.40	363.98	590.42	368.30	535.99
487.15	620.51	549.69	627.99	399.70	598.13	415.79	548.00
550.95	648.50	632.78	652.50	427.40	603.91	492.97	567.38
632.68	672.49	733.34	660.49	487.15	616.51	633.00	592.52
664.69	674.83	811.90	666.73	504.60	624.16	711.93	598.78
730.00	680.00	978.72	680.26	551.18	644.57	833.81	608.47
807.96	686.46	1157.95	695.36	571.17	650.44	1158.34	635.37
872.84	691.57	1355.16	742.44	633.08	668.53	1311.51	675.36
913.32	694.79	1385.95	750.02	652.70	670.22	1663.24	774.39
962.57	698.89	1464.28	778.31	720.64	676.09	2064.40	893.61
1002.35	702.24	1485.24	785.79	802.06	683.12	2380.94	980.38
1053.13	706.52	1520.59	796.32	884.68	690.25	-	-
1116.99	711.89	1841.79	892.06	935.83	694.52	-	-
1158.07	715.35	1933.37	914.34	967.41	696.91	-	-
1214.10	727.41	2240.95	987.17	1047.17	702.96	-	-
1385.46	764.84	2262.59	998.11	1108.05	707.57	-	-
1482.13	799.75	2213.34	986.14	1142.26	710.16	-	-

1569.15	825.80	2044.00	945.94	1159.38	711.52	-	-
1759.27	882.47	1928.57	922.09	1206.91	721.85	-	-
1842.37	907.24	1843.44	904.49	1279.33	737.59	-	-
1974.11	935.08	1811.54	894.96	1358.79	754.87	-	-
2068.14	954.92	1708.72	864.03	1384.36	760.45	-	-
2183.22	981.65	1631.90	840.91	1428.62	776.43	-	-
2260.83	999.70	1552.29	816.96	1483.95	796.40	-	-
2299.05	1006.66	1500.05	801.25	1500.05	801.25	-	-
2380.94	1021.27	1483.95	796.40	1552.29	816.96	-	-
-	-	1428.62	776.43	1631.90	840.91	-	-
-	-	1384.36	760.45	1708.72	864.03	-	-
-	-	1358.79	754.87	1811.54	894.96	-	-
-	-	1279.33	737.59	1843.44	904.49	-	-
-	-	1206.91	721.85	1928.57	922.09	-	-
-	-	1159.38	711.52	2044.00	945.94	-	-
-	-	1142.26	710.16	2213.34	986.14	-	-
-	-	1108.05	707.57	2262.59	998.11	-	-
-	-	1047.17	702.96	2291.66	1003.34	-	-
-	-	967.41	696.91	2380.94	1019.27	-	-
-	-	935.83	694.52	-	-	-	-
-	-	884.68	690.25	-	-	-	-
-	-	802.06	683.12	-	-	-	-
-	-	720.64	676.09	-	-	-	-
-	-	652.70	670.22	-	-	-	-
-	-	633.08	668.53	-	-	-	-
-	-	571.17	650.44	-	-	-	-
-	-	551.18	644.57	-	-	-	-
-	-	504.60	624.16	-	-	-	-
-	-	487.15	616.51	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----
X Y (i n m)

346.88	578.96
357.27	579.81
392.69	587.28
492.38	608.60
555.41	636.26
635.01	659.63
665.72	661.87
731.07	667.04
809.01	673.51
873.87	678.61
914.40	681.83
963.66	685.94
1003.44	689.29
1054.22	693.56

1118.08 698.94
 1160.80 702.64
 1216.87 714.71
 1389.87 752.62
 1486.20 787.40
 1572.87 813.34
 1762.98 870.01
 1845.58 894.63
 1976.80 922.36
 2071.08 942.26
 2186.17 968.99
 2263.47 986.97
 2301.35 993.86
 2380.94 1008.47

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:
 Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA
 Peso unitario fluido (kN/m³): 9.81

Parametri funzione di dissipazione superficiale e pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0
 Coefficiente K 0.000800
 Pressione minima fluidi Uo_Min (kPa) 0.01
 Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00
 Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

D		fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi
0.00	STRATO 1	0.00	0.00	250.00	18.00	19.00	1000.000	0.00	0.00	0.00
0.00	STRATO 2	0.00	0.00	145.00	18.00	19.00	76.478	0.00	0.00	0.00
0.00	STRATO 3	0.00	0.00	380.00	19.00	20.00	1000.000	0.00	0.00	0.00
0.00	STRATO 4	40.00	0.00	0.00	20.00	21.00	3.055	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi` _____ Angolo di attrito interno efficace (in gradi)
 C` _____ Coesione efficace (in Kpa)

Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
 Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)
 Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)
 STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adi mensional e)
 ----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-
 sigci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)
 GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adi mensional e)
 mi _____ Indice litologico ammasso(adi mensional e)
 D _____ Fattore di disturbo ammasso(adi mensional e)
 Fattore di riduzione NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DI SATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al. (2002,2006) - non-lineare - Generalizzato secondo Lei et al. (2016)

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)
 FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
 COORDINATE X1, X2, Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 81.4 (+/-) 50%
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 346.88 2177.53
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 90.69
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 550.29 2340.26

*** TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000
 COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.
 I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

 * DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *

Fattore di sicurezza (FS)	1.2767	- Min.	-	X	Y	Lambda=	0.2339
				1369.12	761.27		
				1399.75	749.08		
				1414.36	743.60		
				1424.22	740.36		
				1432.50	738.11		

1440.56	736.48
1447.98	735.39
1455.96	734.66
1464.51	734.29
1474.66	734.23
1483.55	734.39
1491.89	734.78
1499.80	735.41
1508.00	736.33
1515.81	737.44
1523.91	738.86
1532.29	740.56
1541.48	742.67
1550.25	744.75
1558.76	746.83
1567.12	748.96
1575.48	751.15
1583.76	753.39
1592.08	755.71
1600.47	758.12
1609.01	760.64
1617.54	763.17
1626.01	765.67
1634.49	768.17
1642.90	770.66
1651.36	773.16
1659.80	775.65
1668.26	778.15
1676.68	780.64
1685.10	783.15
1693.49	785.67
1701.90	788.22
1710.28	790.79
1718.69	793.38
1727.10	795.99
1735.54	798.63
1744.00	801.30
1752.45	803.99
1760.87	806.68
1769.29	809.39
1777.68	812.11
1786.17	814.88
1794.73	817.68
1803.47	820.57
1812.43	823.55
1820.74	826.52
1828.85	829.66

1836.75	832.96
1844.98	836.65
1852.98	840.49
1861.29	844.74
1870.02	849.45
1879.68	854.91
1888.21	860.07
1896.36	865.40
1904.14	870.90
1912.33	877.13
1921.06	884.35
1931.16	893.27
1937.71	899.36
1937.71	927.39

Fattore di sicurezza (FS) 1.2782 - N. 2 -- X Y Lambda= 0.2461

1272.40	740.14
1315.70	723.81
1335.62	716.86
1348.68	713.14
1359.22	711.01
1369.95	709.95
1379.34	709.77
1389.70	710.42
1400.92	711.88
1414.76	714.35
1427.45	716.71
1439.43	719.03
1451.04	721.38
1462.46	723.79
1473.80	726.28
1485.22	728.88
1496.75	731.60
1508.54	734.46
1520.18	737.34
1531.71	740.23
1543.20	743.16
1554.66	746.12
1566.12	749.12
1577.58	752.17
1589.08	755.27
1600.63	758.43
1612.23	761.60
1623.78	764.76
1635.36	767.93
1646.86	771.08

1658.49	774.26
1670.14	777.45
1681.95	780.68
1693.86	783.94
1705.26	787.24
1716.52	790.69
1727.60	794.28
1738.96	798.16
1750.09	802.15
1761.41	806.42
1772.97	810.96
1785.12	815.93
1796.86	820.84
1808.37	825.76
1819.75	830.73
1831.17	835.84
1842.58	841.06
1854.15	846.45
1865.99	852.09
1878.34	858.09
1889.83	863.95
1901.04	869.99
1911.97	876.21
1923.29	882.97
1935.56	890.78
1949.57	900.12
1954.84	903.79
1954.84	931.01

Fattore di sicurezza (FS)

1.2818 - N.3 --

X Y

Lambda= 0.2406

1375.03	762.56
1400.68	748.00
1412.52	741.64
1420.27	738.01
1426.51	735.65
1432.86	733.95
1438.38	732.95
1444.50	732.39
1451.15	732.26
1459.46	732.53
1467.00	732.84
1474.07	733.22
1480.89	733.65
1487.65	734.16
1494.36	734.75
1501.19	735.42

1508.22	736.19
1515.63	737.07
1522.46	738.03
1529.10	739.12
1535.55	740.34
1542.23	741.78
1548.65	743.33
1555.24	745.08
1561.98	747.04
1569.17	749.28
1576.25	751.49
1583.20	753.66
1590.11	755.82
1596.92	757.95
1603.77	760.09
1610.59	762.22
1617.43	764.36
1624.21	766.49
1631.05	768.63
1637.87	770.77
1644.73	772.91
1651.54	775.05
1658.39	777.19
1665.22	779.33
1672.07	781.48
1678.86	783.61
1685.69	785.75
1692.51	787.90
1699.35	790.06
1706.16	792.22
1713.00	794.39
1719.82	796.56
1726.67	798.75
1733.49	800.94
1740.32	803.14
1747.14	805.34
1753.97	807.56
1760.77	809.78
1767.62	812.02
1774.47	814.28
1781.38	816.57
1788.32	818.88
1795.13	821.20
1801.89	823.56
1808.61	825.96
1815.38	828.44
1822.18	831.00

1829.10	833.66
1836.26	836.47
1843.82	839.51
1850.56	842.46
1857.06	845.60
1863.28	848.91
1869.89	852.73
1876.15	856.66
1882.67	861.06
1889.44	865.93
1896.92	871.60
1904.07	877.08
1911.01	882.46
1917.84	887.82
1924.63	893.21
1932.22	899.34
1932.22	926.23

Fattore di sicurezza (FS) 1.2968 - N. 4 -- X Y Lambda= 0.2365

1400.88	770.41
1425.99	755.99
1437.64	749.65
1445.30	745.99
1451.51	743.55
1457.79	741.76
1463.30	740.64
1469.40	739.92
1476.05	739.60
1484.38	739.62
1491.71	739.77
1498.54	740.04
1505.05	740.45
1511.64	741.03
1518.02	741.72
1524.59	742.58
1531.35	743.61
1538.62	744.86
1545.50	746.12
1552.19	747.43
1558.76	748.81
1565.39	750.29
1571.91	751.84
1578.50	753.49
1585.16	755.24
1592.05	757.15
1598.91	759.04

1605.69	760.91
1612.46	762.78
1619.16	764.63
1625.90	766.49
1632.62	768.34
1639.34	770.20
1646.01	772.04
1652.73	773.90
1659.45	775.75
1666.19	777.61
1672.89	779.46
1679.66	781.33
1686.43	783.20
1693.26	785.09
1700.11	786.98
1706.78	788.89
1713.40	790.87
1719.95	792.90
1726.60	795.03
1733.17	797.22
1739.81	799.51
1746.54	801.90
1753.49	804.44
1760.29	806.98
1767.00	809.52
1773.67	812.09
1780.34	814.70
1786.99	817.34
1793.65	820.03
1800.35	822.77
1807.11	825.58
1813.89	828.41
1820.63	831.21
1827.39	834.02
1834.09	836.81
1840.90	839.64
1847.75	842.49
1854.76	845.41
1861.93	848.39
1868.51	851.33
1874.94	854.43
1881.18	857.67
1887.73	861.31
1894.01	865.04
1900.51	869.14
1907.22	873.61
1914.53	878.70

1921.48	883.63
1928.24	888.53
1934.87	893.43
1941.53	898.45
1945.76	901.73
1945.76	929.09

Fattore di sicurezza (FS) 1.3071 - N.5 -- X Y Lambda= 0.2330

1346.35	756.30
1383.75	740.03
1400.92	733.05
1412.14	729.24
1421.16	726.97
1430.37	725.64
1438.40	725.15
1447.33	725.39
1457.09	726.33
1469.29	728.11
1480.21	729.84
1490.43	731.63
1500.24	733.50
1510.02	735.53
1519.59	737.68
1529.30	740.01
1539.16	742.53
1549.45	745.31
1559.60	748.07
1569.61	750.81
1579.58	753.56
1589.47	756.31
1599.39	759.08
1609.30	761.87
1619.26	764.69
1629.22	767.53
1639.16	770.38
1649.06	773.25
1658.97	776.15
1668.85	779.06
1678.81	782.02
1688.82	785.02
1698.99	788.10
1709.33	791.25
1719.18	794.41
1728.88	797.71
1738.41	801.13
1748.18	804.82

1757.71	808.60
1767.40	812.63
1777.24	816.90
1787.53	821.54
1797.70	826.14
1807.74	830.69
1817.74	835.22
1827.64	839.71
1837.60	844.24
1847.55	848.78
1857.55	853.34
1867.54	857.91
1877.45	862.49
1887.31	867.11
1897.15	871.77
1907.01	876.50
1916.85	881.27
1926.70	886.11
1936.61	891.02
1946.58	896.02
1956.58	901.04
1966.54	906.04
1971.65	908.60
1971.65	934.56

Fattore di sicurezza (FS)

1.3146 - N. 6 --

X

Y

Lambda= 0.2451

1359.21	759.11
1389.07	746.07
1402.88	740.42
1411.98	737.28
1419.36	735.32
1426.82	734.09
1433.38	733.51
1440.58	733.45
1448.36	733.89
1457.91	734.90
1466.67	735.89
1474.94	736.90
1482.97	737.94
1490.88	739.04
1498.74	740.20
1506.66	741.43
1514.69	742.75
1522.93	744.17
1530.98	745.61
1538.93	747.08

1546.82	748.60
1554.75	750.18
1562.64	751.81
1570.60	753.51
1578.67	755.29
1586.94	757.17
1594.95	759.06
1602.86	761.01
1610.69	763.02
1618.59	765.13
1626.41	767.30
1634.28	769.56
1642.23	771.92
1650.37	774.42
1658.47	776.91
1666.50	779.39
1674.52	781.87
1682.48	784.34
1690.49	786.84
1698.50	789.34
1706.56	791.87
1714.64	794.41
1722.61	796.96
1730.52	799.56
1738.40	802.20
1746.32	804.91
1754.23	807.67
1762.19	810.51
1770.26	813.44
1778.52	816.49
1786.53	819.54
1794.44	822.63
1802.26	825.78
1810.17	829.06
1818.03	832.40
1826.01	835.89
1834.19	839.56
1842.74	843.47
1850.73	847.31
1858.53	851.26
1866.14	855.31
1873.98	859.69
1881.59	864.13
1889.34	868.86
1897.23	873.88
1905.56	879.36
1913.78	884.77

1921.88	890.10
1929.95	895.41
1937.91	900.65
1937.91	927.43

Fattore di sicurezza (FS) 1.3160 - N. 7 -- X Y Lambda= 0.2370

1373.14	762.15
1405.92	746.02
1421.07	739.01
1431.01	735.06
1439.04	732.55
1447.20	730.86
1454.36	729.96
1462.33	729.64
1471.07	729.88
1482.06	730.72
1491.58	731.66
1500.41	732.76
1508.76	734.05
1517.29	735.62
1525.45	737.36
1533.84	739.39
1542.45	741.70
1551.74	744.41
1560.84	747.08
1569.76	749.68
1578.62	752.28
1587.34	754.83
1596.14	757.40
1604.92	759.97
1613.76	762.56
1622.58	765.14
1631.30	767.75
1639.96	770.40
1648.59	773.11
1657.27	775.88
1665.92	778.71
1674.64	781.62
1683.46	784.63
1692.48	787.76
1701.26	790.89
1709.94	794.06
1718.54	797.29
1727.20	800.62
1735.79	804.01
1744.42	807.49

1753.12	811.09
1762.00	814.83
1770.86	818.58
1779.66	822.29
1788.46	826.01
1797.18	829.69
1805.95	833.40
1814.70	837.09
1823.45	840.79
1832.13	844.45
1840.89	848.15
1849.63	851.84
1858.40	855.55
1867.13	859.23
1876.01	862.99
1884.97	866.77
1894.17	870.66
1903.65	874.66
1912.18	878.59
1920.47	882.77
1928.44	887.17
1936.93	892.25
1945.94	898.19
1954.94	904.58
1954.94	931.03

Fattore di sicurezza (FS) 1.3171 - N.8 -- X Y Lambda= 0.2303

1378.59	763.34
1434.47	747.00
1460.06	740.23
1476.81	736.89
1490.27	735.34
1504.06	735.18
1516.11	736.01
1529.41	738.04
1543.83	741.20
1561.57	745.98
1577.94	750.47
1593.41	754.82
1608.43	759.14
1623.15	763.48
1637.85	767.91
1652.66	772.46
1667.66	777.18
1683.01	782.09
1697.88	787.01

1712.54	792.03
1727.05	797.16
1741.73	802.52
1756.38	808.04
1771.33	813.85
1786.79	820.03
1803.19	826.75
1817.90	833.29
1832.11	840.18
1845.75	847.41
1860.17	855.67
1875.51	865.34
1893.29	877.37
1919.09	895.86
1923.33	898.99
1923.33	924.35

Fattore di sicurezza (FS) 1.3185 - N.9 -- X Y Lambda= 0.2393

1290.68	744.14
1358.08	735.25
1390.48	731.60
1412.56	729.97
1431.29	729.47
1449.31	730.01
1466.10	731.25
1483.83	733.36
1502.45	736.32
1523.73	740.40
1543.44	744.41
1562.35	748.52
1580.74	752.78
1599.21	757.33
1617.36	762.05
1635.74	767.09
1654.38	772.46
1673.74	778.28
1692.80	784.07
1711.60	789.84
1730.32	795.64
1748.95	801.48
1767.83	807.45
1786.96	813.57
1806.69	819.94
1827.27	826.65
1845.57	833.30
1863.26	840.50

1880.18 848.22
1898.29 857.33
1917.38 868.13
1939.67 881.86
1972.20 903.32
1982.15 910.09
1982.15 936.78

Fattore di sicurezza (FS) 1.3253 - N.10 -- X Y Lambda= 0.2413

1359.41 759.15
1402.82 744.59
1422.72 738.48
1435.74 735.33
1446.21 733.68
1456.93 733.10
1466.25 733.36
1476.53 734.49
1487.62 736.47
1501.23 739.58
1514.01 742.50
1526.13 745.27
1538.00 747.98
1549.49 750.61
1561.08 753.25
1572.65 755.90
1584.28 758.56
1595.90 761.21
1607.38 763.90
1618.80 766.65
1630.19 769.46
1641.63 772.35
1653.06 775.30
1664.55 778.34
1676.19 781.49
1688.06 784.78
1699.62 788.08
1711.04 791.44
1722.37 794.88
1733.79 798.46
1745.21 802.15
1756.81 806.01
1768.76 810.09
1781.32 814.49
1792.77 818.83
1803.87 823.41
1814.61 828.21

1825.83 833.63
 1836.57 839.19
 1847.63 845.30
 1858.98 851.95
 1871.22 859.48
 1883.23 866.86
 1894.99 874.09
 1906.67 881.28
 1918.16 888.35
 1931.17 896.35
 1942.60 903.38
 1942.60 928.42

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----
 # DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR FS *
 # Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.100

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilanci o(kN/m)	ESIT O
1	1.277	238003.4	186424.9	32936.0	Surpl us
2	1.278	281432.3	220186.9	39226.8	Surpl us
3	1.282	235071.6	183392.5	33339.8	Surpl us
4	1.297	229830.2	177222.7	34885.2	Surpl us
5	1.307	258825.1	198021.8	41001.1	Surpl us
6	1.315	239644.6	182299.0	39115.6	Surpl us
7	1.316	243909.0	185344.8	40029.8	Surpl us
8	1.317	229770.4	174447.5	37878.2	Surpl us
9	1.319	281102.7	213194.3	46589.0	Surpl us
10	1.325	242083.3	182668.0	41148.5	Surpl us

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 32936.0

Note: FTR --> Forza totale Resistente rispetto alla superficie di scioglimento (componente Orizzontale)
 FTA --> Forza totale Agente rispetto alla superficie di scioglimento (componente Orizzontale)

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

 TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

 X dx alpha W ru U phi ' (c' , Cu)

(m)	(m)	(°)	(kN/m)	(-)	(kPa)	(°)	(kPa)
1369.121	4.339	-21.70	104.40	0.00	0.00	0.00	250.00
1373.459	2.392	-21.70	146.85	0.00	0.00	0.00	250.00
1375.851	4.339	-21.70	434.13	0.00	0.00	0.00	380.00
1380.190	4.170	-21.70	625.08	0.00	0.00	0.00	380.00
1384.360	1.100	-21.70	198.90	0.00	0.00	0.00	380.00
1385.460	0.490	-21.70	93.53	0.00	0.00	0.00	380.00
1385.950	3.920	-21.70	872.87	0.00	0.00	0.00	380.00
1389.870	0.521	-21.70	132.66	0.00	0.00	0.00	380.00
1390.391	1.560	-21.70	421.67	0.00	0.00	0.00	380.00
1391.951	4.339	-21.70	1366.88	0.00	0.00	0.00	380.00
1396.289	3.463	-21.70	1296.23	0.00	0.00	0.00	380.00
1399.753	4.339	-20.59	1876.51	0.00	0.00	0.00	380.00
1404.091	4.339	-20.59	2153.88	0.00	0.00	0.00	380.00
1408.430	4.339	-20.59	2431.25	0.00	0.00	0.00	380.00
1412.768	1.588	-20.59	959.46	0.00	0.00	0.00	380.00
1414.357	4.339	-18.19	2801.28	0.00	0.00	0.00	380.00
1418.695	4.339	-18.19	3060.91	0.00	0.00	0.00	380.00
1423.034	1.185	-18.19	880.93	0.00	0.00	0.00	380.00
1424.218	4.339	-15.21	3380.75	0.00	0.00	0.00	380.00
1428.557	0.063	-15.21	50.96	0.00	0.00	0.00	380.00
1428.620	3.877	-15.21	3225.75	0.00	0.00	0.00	380.00
1432.497	4.339	-11.41	3822.26	0.00	0.00	0.00	380.00
1436.835	3.720	-11.41	3446.21	0.00	0.00	0.00	380.00
1440.556	4.339	-8.35	4205.55	0.00	0.00	0.00	380.00
1444.894	3.089	-8.35	3110.47	0.00	0.00	0.00	380.00
1447.983	4.339	-5.22	4522.39	0.00	0.00	0.00	380.00
1452.321	3.644	-5.22	3929.63	0.00	0.00	0.00	380.00
1455.965	4.339	-2.48	4826.70	0.00	0.00	0.00	380.00
1460.303	3.977	-2.48	4557.89	0.00	0.00	0.00	380.00
1464.280	0.232	-2.48	270.40	0.00	0.00	0.00	380.00
1464.512	4.339	-0.34	5119.59	0.00	0.00	0.00	380.00
1468.851	4.339	-0.34	5257.76	0.00	0.00	0.00	380.00
1473.189	1.473	-0.34	1817.13	0.00	0.00	0.00	380.00
1474.663	4.339	1.03	5438.34	0.00	0.00	0.00	380.00
1479.001	3.129	1.03	4001.74	0.00	0.00	0.00	380.00
1482.130	1.416	1.03	1831.61	0.00	0.00	0.00	380.00
1483.546	0.404	2.70	525.39	0.00	0.00	0.00	380.00
1483.950	1.290	2.70	1681.36	0.00	0.00	0.00	380.00
1485.240	0.960	2.70	1256.76	0.00	0.00	0.00	380.00
1486.200	4.339	2.70	5737.78	0.00	0.00	0.00	380.00
1490.539	1.347	2.70	1800.46	0.00	0.00	0.00	380.00
1491.885	4.339	4.52	5856.25	0.00	0.00	0.00	380.00
1496.224	3.581	4.52	4895.89	0.00	0.00	0.00	380.00
1499.805	0.245	6.37	337.67	0.00	0.00	0.00	380.00
1500.050	4.339	6.37	6005.55	0.00	0.00	0.00	380.00
1504.389	3.611	6.37	5052.38	0.00	0.00	0.00	380.00

1507.999	4.339	8.14	6129.16	0.00	0.00	0.00	380.00
1512.338	3.476	8.14	4952.51	0.00	0.00	0.00	380.00
1515.814	4.339	9.90	6229.28	0.00	0.00	0.00	380.00
1520.152	0.438	9.90	631.40	0.00	0.00	0.00	380.00
1520.590	3.324	9.90	4807.50	0.00	0.00	0.00	380.00
1523.914	4.339	11.52	6311.51	0.00	0.00	0.00	380.00
1528.252	4.035	11.52	5901.82	0.00	0.00	0.00	380.00
1532.287	4.339	12.91	6376.21	0.00	0.00	0.00	380.00
1536.625	4.339	12.91	6402.64	0.00	0.00	0.00	380.00
1540.964	0.521	12.91	770.52	0.00	0.00	0.00	380.00
1541.485	4.339	13.33	6430.79	0.00	0.00	0.00	380.00
1545.823	4.339	13.33	6454.32	0.00	0.00	0.00	380.00
1550.162	0.084	13.33	125.08	0.00	0.00	0.00	380.00
1550.246	2.044	13.77	3049.31	0.00	0.00	0.00	380.00
1552.290	4.339	13.77	6486.39	0.00	0.00	0.00	380.00
1556.629	2.126	13.77	3186.73	0.00	0.00	0.00	380.00
1558.755	4.339	14.23	6515.23	0.00	0.00	0.00	380.00
1563.094	4.031	14.23	6068.49	0.00	0.00	0.00	380.00
1567.124	2.026	14.70	3055.13	0.00	0.00	0.00	380.00
1569.150	3.720	14.70	5618.09	0.00	0.00	0.00	380.00
1572.870	2.608	14.70	3944.07	0.00	0.00	0.00	380.00
1575.478	4.339	15.15	6571.30	0.00	0.00	0.00	380.00
1579.816	3.941	15.15	5978.38	0.00	0.00	0.00	380.00
1583.757	4.339	15.59	6589.49	0.00	0.00	0.00	380.00
1588.096	3.987	15.59	6061.19	0.00	0.00	0.00	380.00
1592.082	4.339	16.03	6601.74	0.00	0.00	0.00	380.00
1596.421	4.048	16.03	6163.68	0.00	0.00	0.00	380.00
1600.469	4.339	16.46	6608.12	0.00	0.00	0.00	380.00
1604.808	4.199	16.46	6397.27	0.00	0.00	0.00	380.00
1609.007	4.339	16.46	6610.21	0.00	0.00	0.00	380.00
1613.345	4.196	16.46	6393.58	0.00	0.00	0.00	380.00
1617.541	4.339	16.46	6612.27	0.00	0.00	0.00	380.00
1621.880	4.135	16.46	6303.50	0.00	0.00	0.00	380.00
1626.015	4.339	16.46	6614.31	0.00	0.00	0.00	380.00
1630.353	1.547	16.46	2358.13	0.00	0.00	0.00	380.00
1631.900	2.594	16.46	3955.44	0.00	0.00	0.00	380.00
1634.494	4.339	16.46	6616.33	0.00	0.00	0.00	380.00
1638.833	4.065	16.46	6200.63	0.00	0.00	0.00	380.00
1642.898	4.339	16.46	6618.31	0.00	0.00	0.00	380.00
1647.236	4.123	16.46	6290.49	0.00	0.00	0.00	380.00
1651.359	4.339	16.46	6620.30	0.00	0.00	0.00	380.00
1655.698	4.100	16.46	6257.58	0.00	0.00	0.00	380.00
1659.798	3.442	16.47	5253.69	0.00	0.00	0.00	380.00
1663.240	4.339	16.47	6623.05	0.00	0.00	0.00	380.00
1667.579	0.683	16.47	1043.40	0.00	0.00	0.00	380.00
1668.262	4.339	16.47	6624.21	0.00	0.00	0.00	380.00
1672.600	4.077	16.47	6226.51	0.00	0.00	0.00	380.00

1676.678	4.339	16.60	6625.66	0.00	0.00	0.00	380.00
1681.016	4.081	16.60	6232.84	0.00	0.00	0.00	380.00
1685.098	4.339	16.73	6625.29	0.00	0.00	0.00	380.00
1689.436	4.056	16.73	6193.40	0.00	0.00	0.00	380.00
1693.492	4.339	16.86	6623.08	0.00	0.00	0.00	380.00
1697.831	4.064	16.86	6202.56	0.00	0.00	0.00	380.00
1701.895	4.339	16.99	6619.04	0.00	0.00	0.00	380.00
1706.234	2.486	16.99	3792.19	0.00	0.00	0.00	380.00
1708.720	1.564	16.99	2385.26	0.00	0.00	0.00	380.00
1710.284	4.339	17.13	6613.17	0.00	0.00	0.00	380.00
1714.623	4.070	17.13	6200.74	0.00	0.00	0.00	380.00
1718.693	4.339	17.26	6605.44	0.00	0.00	0.00	380.00
1723.031	4.068	17.26	6189.57	0.00	0.00	0.00	380.00
1727.100	4.339	17.39	6595.88	0.00	0.00	0.00	380.00
1731.438	4.105	17.39	6236.03	0.00	0.00	0.00	380.00
1735.543	4.339	17.52	6584.44	0.00	0.00	0.00	380.00
1739.882	4.119	17.52	6245.03	0.00	0.00	0.00	380.00
1744.001	4.339	17.63	6571.24	0.00	0.00	0.00	380.00
1748.339	4.113	17.63	6223.54	0.00	0.00	0.00	380.00
1752.453	4.339	17.73	6556.54	0.00	0.00	0.00	380.00
1756.791	2.479	17.73	3742.41	0.00	0.00	0.00	380.00
1759.270	1.598	17.73	2410.72	0.00	0.00	0.00	380.00
1760.868	2.112	17.84	3185.49	0.00	0.00	0.00	380.00
1762.980	4.339	17.84	6536.07	0.00	0.00	0.00	380.00
1767.319	1.969	17.84	2963.36	0.00	0.00	0.00	380.00
1769.287	4.339	17.95	6522.75	0.00	0.00	0.00	380.00
1773.626	4.054	17.95	6085.71	0.00	0.00	0.00	380.00
1777.680	4.339	18.06	6503.63	0.00	0.00	0.00	380.00
1782.018	4.152	18.06	6213.90	0.00	0.00	0.00	380.00
1786.170	4.339	18.17	6482.74	0.00	0.00	0.00	380.00
1790.508	4.217	18.17	6291.05	0.00	0.00	0.00	380.00
1794.726	4.339	18.27	6460.16	0.00	0.00	0.00	380.00
1799.064	4.339	18.27	6448.12	0.00	0.00	0.00	380.00
1803.403	0.064	18.27	95.02	0.00	0.00	0.00	380.00
1803.467	4.339	18.37	6435.54	0.00	0.00	0.00	380.00
1807.805	3.735	18.37	5529.52	0.00	0.00	0.00	380.00
1811.540	0.895	18.37	1323.25	0.00	0.00	0.00	380.00
1812.435	4.339	19.70	6404.22	0.00	0.00	0.00	380.00
1816.773	3.965	19.70	5832.97	0.00	0.00	0.00	380.00
1820.738	4.339	21.16	6355.53	0.00	0.00	0.00	380.00
1825.077	3.777	21.16	5505.48	0.00	0.00	0.00	380.00
1828.853	4.339	22.68	6287.06	0.00	0.00	0.00	380.00
1833.192	3.556	22.68	5119.43	0.00	0.00	0.00	380.00
1836.748	4.339	24.15	6199.20	0.00	0.00	0.00	380.00
1841.086	0.704	24.15	999.96	0.00	0.00	0.00	380.00
1841.790	0.580	24.15	823.23	0.00	0.00	0.00	380.00
1842.370	1.070	24.15	1515.17	0.00	0.00	0.00	380.00

1843.440	1.540	24.15	2171.03	0.00	0.00	0.00	380.00
1844.980	0.600	25.64	843.30	0.00	0.00	0.00	380.00
1845.580	4.339	25.64	6037.42	0.00	0.00	0.00	380.00
1849.919	3.062	25.64	4200.50	0.00	0.00	0.00	380.00
1852.981	4.339	27.07	5858.91	0.00	0.00	0.00	380.00
1857.319	3.976	27.07	5269.61	0.00	0.00	0.00	380.00
1861.295	4.339	28.37	5637.07	0.00	0.00	0.00	380.00
1865.633	4.339	28.37	5513.28	0.00	0.00	0.00	380.00
1869.972	0.044	28.37	54.84	0.00	0.00	0.00	380.00
1870.016	4.339	29.46	5383.57	0.00	0.00	0.00	380.00
1874.354	4.339	29.46	5250.42	0.00	0.00	0.00	380.00
1878.693	0.986	29.46	1174.46	0.00	0.00	0.00	380.00
1879.678	4.339	31.19	5079.37	0.00	0.00	0.00	380.00
1884.017	4.194	31.19	4769.53	0.00	0.00	0.00	380.00
1888.211	4.339	33.17	4778.34	0.00	0.00	0.00	380.00
1892.550	3.814	33.17	4063.38	0.00	0.00	0.00	380.00
1896.364	0.779	35.25	813.39	0.00	0.00	0.00	380.00
1897.143	4.339	35.25	4421.71	0.00	0.00	0.00	380.00
1901.481	2.663	35.25	2621.66	0.00	0.00	0.00	380.00
1904.144	4.339	37.23	4110.55	0.00	0.00	0.00	380.00
1908.483	3.852	37.23	3476.24	0.00	0.00	0.00	380.00
1912.335	4.339	39.62	3707.78	0.00	0.00	0.00	380.00
1916.673	4.339	39.62	3475.60	0.00	0.00	0.00	380.00
1921.012	0.045	39.62	34.70	0.00	0.00	0.00	380.00
1921.056	4.339	41.44	3230.69	0.00	0.00	0.00	380.00
1925.395	3.175	41.44	2204.08	0.00	0.00	0.00	380.00
1928.570	2.591	41.44	1698.39	0.00	0.00	0.00	380.00
1931.161	2.209	42.95	1374.29	0.00	0.00	0.00	380.00
1933.370	4.339	42.95	2494.84	0.00	0.00	0.00	380.00

 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
 dx(m) : Larghezza concio
 α (°) : Angolo pendenza base concio
 W(kN/m) : Forza peso concio
 ru (-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
 ϕ' (°) : Angolo di attrito efficace base concio
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X	ht	yt	yt'	E(x)	T(x)	E'
---	----	----	-----	------	------	----

rho(x)	FS_FEM	FS_p-qFEM							
(--)	(m)	(--)	(m)	(--)	(m)	(--)	(kN/m)	(kN/m)	(kN)
1369.121	0.043	2.051	0.000	761.271	-0.242	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	1.4033780616E+003	
1373.459	0.043	2.106	0.535	760.080	-0.242	4.0739780834E+003	9.0525116483E+000	4.7467600109E+002	
1375.851	0.043	1.896	1.052	759.645	-0.255	4.5970175852E+003	1.6165465844E+001	3.2047480154E+002	
1380.190	0.048	1.229	1.499	758.366	-0.245	6.7885189321E+003	7.7930864511E+001	4.4723716391E+002	
1384.360	0.075	1.075	2.354	757.562	-0.182	8.4216255425E+003	1.7909818952E+002	3.4550124110E+002	
1385.460	0.080	1.061	2.635	757.405	-0.135	8.7883051926E+003	2.0710621634E+002	3.0160926762E+002	
1385.950	0.081	1.057	2.771	757.346	-0.121	8.9291666591E+003	2.1860338415E+002	2.9130911340E+002	
1389.870	0.092	1.047	3.857	756.872	-0.120	1.0191418325E+004	3.2933994315E+002	3.1563265427E+002	
1390.391	0.093	1.048	4.008	756.816	-0.117	1.0355374597E+004	3.4464936914E+002	3.2952643074E+002	
1391.951	0.098	1.056	4.441	756.628	-0.128	1.0938345955E+004	3.9846466340E+002	3.9415739506E+002	
1396.289	0.118	1.105	5.600	756.061	-0.135	1.2895493588E+004	5.9451153459E+002	5.1832939001E+002	
1399.753	0.141	1.152	6.492	755.575	-0.132	1.4876475935E+004	8.1946624915E+002	5.8215692801E+002	
1404.091	0.171	1.240	7.575	755.029	-0.111	1.7457433337E+004	1.1551338803E+003	5.6979326996E+002	
1408.430	0.195	1.392	8.790	754.613	-0.086	1.9820583434E+004	1.5041945537E+003	5.3523377810E+002	
1412.768	0.216	1.630	10.091	754.284	-0.079	2.2101667441E+004	1.8768336404E+003	5.1108919880E+002	
1414.357	0.223	1.743	10.551	754.148	-0.079	2.2904920356E+004	2.0163658704E+003	5.0749834151E+002	
1418.695	0.245	2.113	11.642	753.813	-0.067	2.5127872359E+004	2.4237533199E+003	5.1334244227E+002	
1423.034	0.265	2.545	12.819	753.565	-0.054	2.7359202904E+004	2.8660245356E+003	4.9647414329E+002	
1424.218	0.270	2.689	13.160	753.517	-0.033	2.7941591013E+004	2.9871256371E+003	5.0224382955E+002	
1428.557	0.295	3.257	14.203	753.381	-0.031	3.0289625395E+004	3.4980482722E+003	5.7935774282E+002	
1428.620	0.295	3.265	14.220	753.380	0.000	3.0326238728E+004	3.5063218235E+003	5.7945900394E+002	
1432.497	0.318	3.842	15.276	753.382	0.016	3.2464684885E+004	4.0130720503E+003	5.3179873930E+002	
			1.299						

1436.835	16.279	753.510	0.038	3.4675830800E+004	4.5958119730E+003	4.8398350094E+002
0.345	4.443	1.394				
1440.556	17.210	753.690	0.069	3.6394404858E+004	5.0927941305E+003	4.3853395121E+002
0.365	4.707	1.488				
1444.894	18.226	754.069	0.094	3.8178404973E+004	5.6663970416E+003	3.9964538592E+002
0.388	4.603	1.604				
1447.983	18.997	754.387	0.113	3.9387354594E+004	6.0579744760E+003	3.7415619237E+002
0.402	4.324	1.689				
1452.321	19.914	754.908	0.123	4.0905434104E+004	6.5704045435E+003	3.4606916328E+002
0.419	3.861	1.803				
1455.965	20.709	755.370	0.133	4.2154634495E+004	6.9795362637E+003	3.5854204200E+002
0.432	3.456	1.898				
1460.303	21.494	755.967	0.139	4.3791261517E+004	7.4942532767E+003	3.6514123309E+002
0.449	3.038	2.010				
1464.280	22.228	756.529	0.141	4.5199244678E+004	7.9529655379E+003	3.4733707952E+002
0.464	2.787	2.109				
1464.512	22.271	756.562	0.143	4.5279898645E+004	7.9799358843E+003	3.4674809555E+002
0.464	2.774	2.115				
1468.851	22.918	757.184	0.141	4.6768392826E+004	8.4703724739E+003	3.2666557673E+002
0.480	2.598	2.219				
1473.189	23.544	757.784	0.139	4.8114382330E+004	8.9335656774E+003	2.9665236783E+002
0.493	2.480	2.309				
1474.663	23.759	757.990	0.138	4.8544696103E+004	9.0838061210E+003	2.8304094972E+002
0.497	2.451	2.337				
1479.001	24.278	758.588	0.141	4.9657757438E+004	9.4877673125E+003	2.4472342997E+002
0.506	2.381	2.412				
1482.130	24.676	759.042	0.146	5.0396687816E+004	9.7642102055E+003	2.2665426104E+002
0.512	2.342	2.454				
1483.546	24.859	759.250	0.146	5.0711419739E+004	9.8871083050E+003	2.2062887525E+002
0.515	2.327	2.470				
1483.950	24.896	759.307	0.140	5.0800454879E+004	9.9211486600E+003	2.1952706099E+002
0.516	2.323	2.475				
1485.240	25.016	759.487	0.144	5.1081121176E+004	1.0026451550E+004	2.0908923940E+002
0.519	2.310	2.488				
1486.200	25.113	759.630	0.152	5.1275787480E+004	1.0101069744E+004	2.0208968573E+002
0.521	2.301	2.493				
1490.539	25.574	760.295	0.154	5.2139071600E+004	1.0432710374E+004	1.9141136968E+002
0.529	2.257	2.512				
1491.885	25.719	760.503	0.161	5.2393694363E+004	1.0530772327E+004	1.8699887911E+002
0.532	2.244	2.516				
1496.224	26.083	761.211	0.169	5.3176165333E+004	1.0836478342E+004	1.7349438567E+002
0.539	2.198	2.518				
1499.805	26.432	761.843	0.178	5.3777129815E+004	1.1078206850E+004	1.4911856374E+002
0.545	2.158	2.511				
1500.050	26.452	761.890	0.199	5.3813417834E+004	1.1093678540E+004	1.4771035437E+002
0.545	2.156	2.510				
1504.389	26.835	762.757	0.206	5.4444646308E+004	1.1359809944E+004	1.3940040566E+002

0. 552	2. 104	2. 490					
1507. 999		27. 202	763. 527	0. 230	5. 4929704571E+004	1. 1570296750E+004	1. 2600183036E+002
0. 557	2. 057	2. 466					
1512. 338		27. 643	764. 589	0. 251	5. 5432961668E+004	1. 1802364557E+004	1. 0626619981E+002
0. 562	1. 999	2. 432					
1515. 814		28. 043	765. 486	0. 264	5. 5775199996E+004	1. 1972985516E+004	9. 1177335404E+001
0. 566	1. 957	2. 400					
1520. 152		28. 451	766. 652	0. 269	5. 6131276467E+004	1. 2165612030E+004	7. 5659837351E+001
0. 571	1. 907	2. 355					
1520. 590		28. 495	766. 772	0. 283	5. 6164127123E+004	1. 2184467597E+004	7. 4254463786E+001
0. 571	1. 903	2. 350					
1523. 914		28. 859	767. 716	0. 287	5. 6391801752E+004	1. 2317429222E+004	6. 3724598011E+001
0. 574	1. 867	2. 314					
1528. 252		29. 228	768. 970	0. 277	5. 6641215736E+004	1. 2471769180E+004	5. 2242533550E+001
0. 578	1. 816	2. 264					
1532. 287		29. 475	770. 038	0. 265	5. 6832314620E+004	1. 2601111831E+004	4. 1638558367E+001
0. 581	1. 776	2. 218					
1536. 625		29. 633	771. 191	0. 263	5. 6986253317E+004	1. 2723197184E+004	3. 0584551958E+001
0. 584	1. 737	2. 168					
1540. 964		29. 767	772. 320	0. 261	5. 7097697384E+004	1. 2829582003E+004	1. 8974518520E+001
0. 586	1. 702	2. 120					
1541. 485		29. 786	772. 458	0. 247	5. 7107161607E+004	1. 2841116954E+004	1. 7620716015E+001
0. 587	1. 698	2. 115					
1545. 823		29. 822	773. 522	0. 244	5. 7163813841E+004	1. 2925195379E+004	7. 0173367618E+000
0. 588	1. 665	2. 073					
1550. 162		29. 845	774. 572	0. 242	5. 7168051177E+004	1. 2979982886E+004	-1. 0437788279E+001
0. 589	1. 634	2. 034					
1550. 246		29. 846	774. 594	0. 239	5. 7167156694E+004	1. 2980802679E+004	-1. 0707489880E+001
0. 589	1. 634	2. 033					
1552. 290		29. 832	775. 080	0. 244	5. 7142831685E+004	1. 2998727127E+004	-1. 3772854364E+001
0. 589	1. 621	2. 015					
1556. 629		29. 836	776. 148	0. 249	5. 7065823604E+004	1. 3025409431E+004	-2. 1923084255E+001
0. 588	1. 596	1. 978					
1558. 755		29. 853	776. 687	0. 257	5. 7014854487E+004	1. 3034040279E+004	-2. 6888892025E+001
0. 587	1. 584	1. 961					
1563. 094		29. 877	777. 811	0. 254	5. 6872347448E+004	1. 3038303013E+004	-3. 6997582417E+001
0. 586	1. 560	1. 927					
1567. 124		29. 853	778. 810	0. 249	5. 6707676844E+004	1. 3030900927E+004	-4. 5494065057E+001
0. 584	1. 537	1. 896					
1569. 150		29. 831	779. 319	0. 257	5. 6610793249E+004	1. 3022888560E+004	-5. 0893340953E+001
0. 583	1. 525	1. 880					
1572. 870		29. 824	780. 288	0. 264	5. 6400517428E+004	1. 2999350526E+004	-5. 9990001889E+001
0. 581	1. 506	1. 852					
1575. 478		29. 843	780. 990	0. 279	5. 6237753622E+004	1. 2978103583E+004	-6. 5160485466E+001
0. 579	1. 493	1. 832					
1579. 816		29. 901	782. 223	0. 294	5. 5935260625E+004	1. 2933573374E+004	-7. 3569307478E+001
0. 576	1. 470	1. 799					

1583.757	30.035	783.424	0.304	5.5631543583E+004	1.2883225307E+004	-8.1098088323E+001
0.573 1.451	1.770					
1588.096	30.140	784.740	0.321	5.5260429729E+004	1.2816200057E+004	-8.8273235340E+001
0.570 1.432	1.738					
1592.082	30.380	786.093	0.335	5.4898514333E+004	1.2748056400E+004	-9.3106772536E+001
0.566 1.414	1.709					
1596.421	30.572	787.531	0.330	5.4483608103E+004	1.2667246227E+004	-9.8104599254E+001
0.562 1.396	1.677					
1600.469	30.740	788.863	0.320	5.4077125578E+004	1.2585884302E+004	-1.0234141112E+002
0.558 1.380	1.649					
1604.808	30.810	790.214	0.304	5.3624138290E+004	1.2492395490E+004	-1.0547435510E+002
0.554 1.364	1.620					
1609.007	30.814	791.459	0.296	5.3176884502E+004	1.2398219686E+004	-1.0759497597E+002
0.550 1.349	1.592					
1613.345	30.819	792.745	0.296	5.2705191809E+004	1.2296783812E+004	-1.1035019897E+002
0.545 1.335	1.566					
1617.541	30.823	793.989	0.296	5.2235592680E+004	1.2193518836E+004	-1.1319461555E+002
0.540 1.323	1.541					
1621.880	30.828	795.275	0.296	5.1738798820E+004	1.2082681175E+004	-1.1760600904E+002
0.535 1.311	1.516					
1626.015	30.832	796.502	0.297	5.1240254331E+004	1.1970424058E+004	-1.2086523047E+002
0.530 1.301	1.493					
1630.353	30.837	797.788	0.297	5.0714485203E+004	1.1851214462E+004	-1.2204617209E+002
0.525 1.291	1.471					
1631.900	30.838	798.246	0.297	5.0525254912E+004	1.1808029878E+004	-1.2260194513E+002
0.523 1.288	1.464					
1634.494	30.841	799.016	0.297	5.0206139086E+004	1.1735090465E+004	-1.2200184435E+002
0.520 1.282	1.451					
1638.833	30.846	800.302	0.297	4.9684221888E+004	1.1615317468E+004	-1.2013193475E+002
0.514 1.273	1.431					
1642.898	30.850	801.508	0.297	4.9196483463E+004	1.1503067512E+004	-1.1936811952E+002
0.509 1.264	1.413					
1647.236	30.854	802.794	0.295	4.8681416601E+004	1.1384225339E+004	-1.1928696509E+002
0.504 1.254	1.393					
1651.359	30.841	804.000	0.290	4.8187375389E+004	1.1269948835E+004	-1.1940257397E+002
0.499 1.245	1.376					
1655.698	30.804	805.245	0.287	4.7671279168E+004	1.1150306567E+004	-1.1834219433E+002
0.493 1.237	1.357					
1659.798	30.770	806.422	0.286	4.7188435155E+004	1.1038144219E+004	-1.1641541893E+002
0.488 1.228	1.339					
1663.240	30.733	807.402	0.292	4.6791626388E+004	1.0945798838E+004	-1.1591883448E+002
0.484 1.222	1.324					
1667.579	30.745	808.696	0.303	4.6285249236E+004	1.0827684963E+004	-1.1920824876E+002
0.479 1.215	1.307					
1668.262	30.770	808.924	0.320	4.6203510161E+004	1.0808584904E+004	-1.1927659858E+002
0.478 1.214	1.304					
1672.600	30.868	810.304	0.309	4.5694954026E+004	1.0689567893E+004	-1.1989037375E+002

0. 472	1. 207	1. 287					
1676. 678		30. 884	811. 525	0. 299	4. 5195871089E+004	1. 0572443432E+004	-1. 2500003081E+002
0. 467	1. 199	1. 271					
1681. 016		30. 884	812. 819	0. 298	4. 4641558993E+004	1. 0442001292E+004	-1. 2877821880E+002
0. 461	1. 191	1. 254					
1685. 098		30. 884	814. 035	0. 299	4. 4112094051E+004	1. 0317025574E+004	-1. 3042801292E+002
0. 456	1. 182	1. 238					
1689. 436		30. 880	815. 335	0. 300	4. 3543015493E+004	1. 0182281951E+004	-1. 3132994356E+002
0. 450	1. 173	1. 222					
1693. 492		30. 876	816. 550	0. 300	4. 3009701903E+004	1. 0055572556E+004	-1. 3158032663E+002
0. 444	1. 164	1. 208					
1697. 831		30. 867	817. 856	0. 301	4. 2438375167E+004	9. 9193782570E+003	-1. 3181852447E+002
0. 438	1. 155	1. 193					
1701. 895		30. 859	819. 080	0. 299	4. 1902147402E+004	9. 7907891057E+003	-1. 3206601869E+002
0. 433	1. 148	1. 179					
1706. 234		30. 822	820. 370	0. 295	4. 1328600664E+004	9. 6525396466E+003	-1. 3209064458E+002
0. 427	1. 141	1. 164					
1708. 720		30. 788	821. 096	0. 295	4. 1000318709E+004	9. 5731713364E+003	-1. 3290268587E+002
0. 424	1. 137	1. 155					
1710. 284		30. 781	821. 566	0. 285	4. 0791562974E+004	9. 5225138979E+003	-1. 3357605134E+002
0. 421	1. 134	1. 150					
1714. 623		30. 653	822. 776	0. 288	4. 0210556826E+004	9. 3813924805E+003	-1. 3386502678E+002
0. 415	1. 127	1. 134					
1718. 693		30. 615	823. 991	0. 313	3. 9665906685E+004	9. 2487045236E+003	-1. 3498032850E+002
0. 410	1. 120	1. 120					
1723. 031		30. 685	825. 409	0. 327	3. 9074904034E+004	9. 1044704052E+003	-1. 3671922196E+002
0. 404	1. 112	1. 105					
1727. 100		30. 752	826. 741	0. 317	3. 8516813487E+004	8. 9680096135E+003	-1. 3946277125E+002
0. 398	1. 105	1. 092					
1731. 438		30. 731	828. 078	0. 308	3. 7901213996E+004	8. 8175497017E+003	-1. 4189222136E+002
0. 391	1. 097	1. 079					
1735. 543		30. 706	829. 339	0. 308	3. 7318712503E+004	8. 6750014696E+003	-1. 4179777916E+002
0. 385	1. 088	1. 066					
1739. 882		30. 675	830. 678	0. 309	3. 6703955772E+004	8. 5243622899E+003	-1. 4196283713E+002
0. 379	1. 079	1. 054					
1744. 001		30. 646	831. 949	0. 309	3. 6118190816E+004	8. 3805124432E+003	-1. 4211508254E+002
0. 373	1. 072	1. 043					
1748. 339		30. 612	833. 293	0. 310	3. 5502077829E+004	8. 2286533738E+003	-1. 4188106861E+002
0. 367	1. 065	1. 031					
1752. 453		30. 580	834. 568	0. 310	3. 4918963462E+004	8. 0847093658E+003	-1. 3992220092E+002
0. 361	1. 059	1. 020					
1756. 791		30. 542	835. 918	0. 310	3. 4320312629E+004	7. 9363140742E+003	-1. 4734895858E+002
0. 354	1. 053	1. 008					
1759. 270		30. 511	836. 679	0. 289	3. 3941803697E+004	7. 8430885855E+003	-1. 5801277907E+002
0. 350	1. 050	1. 002					
1760. 868		30. 416	837. 095	0. 276	3. 3683878439E+004	7. 7797900673E+003	-1. 6254500206E+002
0. 348	1. 048	0. 998					

1762.980	30.346	837.704	0.287	3.3337438573E+004	7.6947435280E+003	-1.6352442697E+002
0.344	1.046	0.993				
1767.319	30.192	838.948	0.287	3.2632302689E+004	7.5215534854E+003	-1.6442454587E+002
0.337	1.041	0.983				
1769.287	30.127	839.516	0.304	3.2306863152E+004	7.4415908059E+003	-1.6489183213E+002
0.333	1.039	0.979				
1773.626	30.072	840.867	0.312	3.1595232836E+004	7.2668996067E+003	-1.6440341631E+002
0.326	1.034	0.970				
1777.680	30.026	842.134	0.314	3.0927373393E+004	7.1025238673E+003	-1.6484166415E+002
0.319	1.029	0.962				
1782.018	29.978	843.500	0.316	3.0211806773E+004	6.9256608234E+003	-1.6665327362E+002
0.312	1.024	0.954				
1786.170	29.938	844.813	0.318	2.9513068165E+004	6.7486547458E+003	-1.7087780771E+002
0.304	1.019	0.947				
1790.508	29.901	846.200	0.323	2.8760020825E+004	6.5573510384E+003	-1.7348177294E+002
0.296	1.013	0.940				
1794.726	29.890	847.572	0.326	2.8028744438E+004	6.3709678799E+003	-1.7344163907E+002
0.288	1.008	0.934				
1799.064	29.871	848.986	0.346	2.7276050339E+004	6.1790174468E+003	-1.7334920994E+002
0.280	1.002	0.929				
1803.403	30.031	850.579	0.366	2.6524589907E+004	5.9868151123E+003	-1.7863945251E+002
0.272	0.996	0.925				
1803.467	30.030	850.599	0.319	2.6513152665E+004	5.9838989143E+003	-1.7865433947E+002
0.272	0.996	0.924				
1807.805	29.971	851.981	0.319	2.5757249017E+004	5.7897027930E+003	-1.7495948228E+002
0.263	0.987	0.921				
1811.540	29.920	853.170	0.319	2.5101501095E+004	5.6191020276E+003	-1.8532108410E+002
0.256	0.978	0.919				
1812.435	29.908	853.455	0.331	2.4933614576E+004	5.5754842641E+003	-1.8736564228E+002
0.254	0.976	0.918				
1816.773	29.804	854.905	0.334	2.4126775044E+004	5.3647253023E+003	-1.8848521997E+002
0.245	0.960	0.917				
1820.738	29.708	856.229	0.343	2.3370341646E+004	5.1659687567E+003	-1.9142630945E+002
0.237	0.943	0.917				
1825.077	29.554	857.754	0.351	2.2536779865E+004	4.9469029447E+003	-1.9313617033E+002
0.228	0.927	0.918				
1828.853	29.419	859.082	0.338	2.1804027910E+004	4.7547442606E+003	-1.9462995671E+002
0.220	0.914	0.919				
1833.192	29.021	860.497	0.315	2.0956540750E+004	4.5334836867E+003	-1.9672937031E+002
0.212	0.902	0.922				
1836.748	28.607	861.569	0.307	2.0252925533E+004	4.3500367242E+003	-2.0092747880E+002
0.204	0.894	0.925				
1841.086	28.016	862.924	0.313	1.9365003285E+004	4.1177832247E+003	-2.0810696201E+002
0.195	0.887	0.929				
1841.790	27.922	863.145	0.309	1.9218195635E+004	4.0793368877E+003	-2.0719340930E+002
0.194	0.887	0.930				
1842.370	27.837	863.321	0.303	1.9098727488E+004	4.0479761095E+003	-2.0551064560E+002

0. 192	0. 886	0. 931					
1843. 440		27. 682	863. 645	0. 304	1. 8879756725E+004	3. 9906681553E+003	-2. 0710934227E+002
0. 190	0. 885	0. 932					
1844. 980		27. 461	864. 115	0. 306	1. 8555408091E+004	3. 9051607592E+003	-2. 0783410294E+002
0. 187	0. 883	0. 935					
1845. 580		27. 358	864. 300	0. 303	1. 8431308956E+004	3. 8723590277E+003	-2. 0720529980E+002
0. 186	0. 883	0. 936					
1849. 919		26. 586	865. 610	0. 308	1. 7517582837E+004	3. 6322377928E+003	-2. 0944901452E+002
0. 177	0. 879	0. 944					
1852. 981		26. 083	866. 577	0. 327	1. 6878696907E+004	3. 4641000873E+003	-2. 0389051711E+002
0. 171	0. 878	0. 950					
1857. 319		25. 322	868. 034	0. 341	1. 6023252343E+004	3. 2366630728E+003	-2. 0276490039E+002
0. 163	0. 877	0. 961					
1861. 295		24. 672	869. 416	0. 359	1. 5196782728E+004	3. 0199273104E+003	-2. 1484907980E+002
0. 155	0. 878	0. 972					
1865. 633		23. 934	871. 019	0. 378	1. 4231697183E+004	2. 7706168432E+003	-2. 3200974856E+002
0. 145	0. 881	0. 987					
1869. 972		23. 266	872. 694	0. 386	1. 3183629540E+004	2. 5096452312E+003	-2. 5741226747E+002
0. 135	0. 886	1. 004					
1870. 016		23. 261	872. 712	0. 404	1. 3172386426E+004	2. 5069160893E+003	-2. 5746691036E+002
0. 135	0. 886	1. 004					
1874. 354		22. 561	874. 463	0. 419	1. 2100518946E+004	2. 2445596647E+003	-2. 4727888680E+002
0. 124	0. 896	1. 025					
1878. 693		21. 997	876. 349	0. 447	1. 1026742623E+004	1. 9894674734E+003	-2. 5604506227E+002
0. 112	0. 907	1. 047					
1879. 678		21. 932	876. 841	0. 505	1. 0772415265E+004	1. 9307579261E+003	-2. 6123159060E+002
0. 110	0. 910	1. 052					
1884. 017		21. 501	879. 037	0. 494	9. 5771080837E+003	1. 6642849094E+003	-2. 9586309652E+002
0. 097	0. 925	1. 078					
1888. 211		20. 978	881. 053	0. 476	8. 2536120232E+003	1. 3875854011E+003	-3. 0739807112E+002
0. 084	0. 942	1. 111					
1892. 550		20. 187	883. 098	0. 459	6. 9564961686E+003	1. 1265419241E+003	-2. 6376062316E+002
0. 070	0. 964	1. 144					
1896. 364		19. 387	884. 792	0. 443	6. 0685218865E+003	9. 4771717389E+002	-2. 3415231146E+002
0. 061	0. 989	1. 176					
1897. 143		19. 179	885. 134	0. 460	5. 8859714610E+003	9. 1205582685E+002	-2. 3466354587E+002
0. 059	0. 994	1. 183					
1901. 481		18. 124	887. 146	0. 484	4. 8622032908E+003	7. 1725125586E+002	-2. 4364607453E+002
0. 049	1. 027	1. 231					
1904. 144		17. 617	888. 521	0. 514	4. 2008222165E+003	6. 0057282580E+002	-2. 3956523046E+002
0. 043	1. 050	1. 263					
1908. 483		16. 545	890. 746	0. 506	3. 2236027743E+003	4. 3794175412E+002	-2. 0861697142E+002
0. 043	1. 089	1. 321					
1912. 335		15. 542	892. 669	0. 550	2. 4769211398E+003	3. 1984807959E+002	-1. 9955044390E+002
0. 043	1. 129	1. 379					
1916. 673		14. 534	895. 253	0. 576	1. 5833433323E+003	1. 9255318082E+002	-1. 8351834955E+002
0. 043	1. 188	1. 462					

1921.012	13.357	897.668	0.555	8.8452878254E+002	1.0096051959E+002	-8.8937627014E+001
0.043	1.242	1.535				
1921.056	13.337	897.685	0.500	8.8057517529E+002	1.0043967979E+002	-8.8351145224E+001
0.043	1.242	1.535				
1925.395	11.683	899.861	0.537	4.3055306995E+002	4.5693736717E+001	-9.3247937687E+001
0.043	1.280	1.584				
1928.570	10.739	901.720	0.590	1.5883768614E+002	1.5917254952E+001	-7.2719699653E+001
0.043	1.293	1.603				
1931.161	9.997	903.264	0.567	-2.3959094097E+000	-2.2833940753E-001	-4.4384292144E+001
0.043	1.254	1.561				
1933.370	9.116	904.439	0.567	-6.6840116600E+001	-6.0705335629E+000	-1.4134761192E+001
0.043	1.032	1.284				

 LEGENDA SIMBOLI

X(m)	:	Ascissa sinistra concio
ht(m)	:	Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
yt(m)	:	coordinata Y linea di trust
yt' (-)	:	gradiente pendenza locale linea di trust
E(x) (kN/m)	:	Forza Normale interconcio
T(x) (kN/m)	:	Forza Tangenziale interconcio
E' (kN)	:	derivata Forza normale interconcio
Rho(x) (-)	:	fattore mobilitazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al. (2003)
FS_FEM(x) (-)	:	fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
FS_SRM(x) (-)	:	fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
1369.121	4.339	4.669	-21.697	-8.266	-38.598	250.915	1171.599
1373.459	2.392	2.574	-21.697	-21.090	-54.290	251.304	646.919
1375.851	4.339	4.669	-21.697	-34.372	-160.495	386.243	1803.488
1380.190	4.170	4.488	-21.697	-51.485	-231.087	390.638	1753.357
1384.360	1.100	1.184	-21.697	-62.112	-73.532	391.166	463.090
1385.460	0.490	0.527	-21.697	-65.564	-34.576	390.290	205.823
1385.950	3.920	4.219	-21.697	-76.487	-322.690	392.388	1655.441
1389.870	0.521	0.561	-21.697	-87.486	-49.042	392.890	220.239
1390.391	1.560	1.679	-21.697	-92.844	-155.889	395.127	663.436
1391.951	4.339	4.669	-21.697	-108.222	-505.323	399.816	1866.865
1396.289	3.463	3.727	-21.697	-128.563	-479.204	408.484	1522.581
1399.753	4.339	4.635	-20.590	-142.391	-659.916	412.517	1911.831
1404.091	4.339	4.635	-20.590	-163.437	-757.457	413.815	1917.844
1408.430	4.339	4.635	-20.590	-184.484	-854.999	416.099	1928.430

1412. 768	1. 588	1. 697	-20. 590	-198. 860	-337. 413	416. 921	707. 406
1414. 357	4. 339	4. 567	-18. 187	-191. 462	-874. 342	415. 547	1897. 660
1418. 695	4. 339	4. 567	-18. 187	-209. 207	-955. 376	418. 591	1911. 560
1423. 034	1. 185	1. 247	-18. 187	-220. 502	-274. 958	418. 698	522. 102
1424. 218	4. 339	4. 496	-15. 209	-197. 263	-886. 887	418. 059	1879. 583
1428. 557	0. 063	0. 065	-15. 209	-204. 316	-13. 368	422. 351	27. 633
1428. 620	3. 877	4. 018	-15. 209	-210. 629	-846. 225	422. 243	1696. 409
1432. 497	4. 339	4. 426	-11. 414	-170. 902	-756. 418	413. 264	1829. 125
1436. 835	3. 720	3. 795	-11. 414	-179. 703	-681. 999	413. 085	1567. 719
1440. 556	4. 339	4. 385	-8. 345	-139. 203	-610. 398	404. 239	1772. 564
1444. 894	3. 089	3. 122	-8. 345	-144. 619	-451. 457	403. 243	1258. 800
1447. 983	4. 339	4. 357	-5. 217	-94. 391	-411. 218	393. 654	1714. 978
1452. 321	3. 644	3. 659	-5. 217	-97. 661	-357. 320	392. 981	1437. 833
1455. 965	4. 339	4. 343	-2. 478	-48. 064	-208. 719	386. 543	1678. 593
1460. 303	3. 977	3. 980	-2. 478	-49. 516	-197. 096	386. 362	1537. 884
1464. 280	0. 232	0. 233	-2. 478	-50. 252	-11. 693	386. 399	89. 910
1464. 512	4. 339	4. 339	-0. 338	-6. 966	-30. 222	380. 852	1652. 359
1468. 851	4. 339	4. 339	-0. 338	-7. 154	-31. 037	380. 805	1652. 153
1473. 189	1. 473	1. 474	-0. 338	-7. 280	-10. 727	380. 768	561. 069
1474. 663	4. 339	4. 339	1. 034	22. 624	98. 170	377. 855	1639. 593
1479. 001	3. 129	3. 129	1. 034	23. 086	72. 237	377. 964	1182. 656
1482. 130	1. 416	1. 416	1. 034	23. 353	33. 063	378. 000	535. 166
1483. 546	0. 404	0. 405	2. 697	61. 048	24. 718	374. 950	151. 816
1483. 950	1. 290	1. 291	2. 697	61. 252	79. 103	375. 102	484. 419
1485. 240	0. 960	0. 961	2. 697	61. 522	59. 127	375. 337	360. 723
1486. 200	4. 339	4. 343	2. 697	62. 152	269. 946	375. 414	1630. 542
1490. 539	1. 347	1. 348	2. 697	62. 826	84. 706	375. 632	506. 451
1491. 885	4. 339	4. 352	4. 521	106. 069	461. 616	372. 931	1623. 016
1496. 224	3. 581	3. 592	4. 521	107. 440	385. 916	373. 228	1340. 605
1499. 805	0. 245	0. 247	6. 371	151. 711	37. 471	371. 126	91. 663
1500. 050	4. 339	4. 365	6. 371	152. 661	666. 435	371. 363	1621. 176
1504. 389	3. 611	3. 633	6. 371	154. 307	560. 662	371. 793	1350. 883
1507. 999	4. 339	4. 383	8. 138	197. 959	867. 583	370. 431	1623. 465
1512. 338	3. 476	3. 511	8. 138	199. 672	701. 027	371. 218	1303. 308
1515. 814	4. 339	4. 404	9. 905	243. 299	1071. 527	370. 395	1631. 278
1520. 152	0. 438	0. 445	9. 905	244. 309	108. 611	370. 686	164. 793
1520. 590	3. 324	3. 374	9. 905	245. 105	826. 961	371. 346	1252. 887
1523. 914	4. 339	4. 428	11. 518	284. 622	1260. 212	371. 114	1643. 171
1528. 252	4. 035	4. 118	11. 518	286. 189	1178. 411	371. 993	1531. 716
1532. 287	4. 339	4. 451	12. 910	320. 066	1424. 623	372. 176	1656. 568
1536. 625	4. 339	4. 451	12. 910	321. 392	1430. 527	373. 182	1661. 046
1540. 964	0. 521	0. 534	12. 910	322. 135	172. 156	373. 843	199. 790
1541. 485	4. 339	4. 459	13. 328	332. 495	1482. 461	374. 450	1669. 522
1545. 823	4. 339	4. 459	13. 328	333. 712	1487. 887	376. 384	1678. 143
1550. 162	0. 084	0. 086	13. 328	334. 332	28. 834	377. 203	32. 532
1550. 246	2. 044	2. 105	13. 775	344. 944	726. 054	377. 411	794. 394
1552. 290	4. 339	4. 467	13. 775	345. 745	1544. 435	378. 184	1689. 342

1556.629	2.126	2.189	13.775	346.556	758.774	378.802	829.375
1558.755	4.339	4.476	14.233	357.888	1601.870	379.701	1699.505
1563.094	4.031	4.158	14.233	358.801	1492.031	380.559	1582.509
1567.124	2.026	2.094	14.698	370.132	775.159	381.239	798.420
1569.150	3.720	3.846	14.698	370.645	1425.445	381.983	1469.047
1572.870	2.608	2.696	14.698	371.203	1000.706	382.553	1031.303
1575.478	4.339	4.495	15.147	382.012	1717.013	383.305	1722.822
1579.816	3.941	4.083	15.147	382.587	1562.091	384.113	1568.322
1583.757	4.339	4.504	15.595	393.280	1771.462	385.107	1734.648
1588.096	3.987	4.139	15.595	393.692	1629.438	385.651	1596.156
1592.082	4.339	4.514	16.033	403.916	1823.314	386.312	1743.848
1596.421	4.048	4.212	16.033	404.158	1702.329	386.811	1629.263
1600.469	4.339	4.524	16.457	413.814	1872.026	387.474	1752.869
1604.808	4.199	4.379	16.457	413.879	1812.294	387.778	1698.004
1609.007	4.339	4.524	16.458	413.973	1872.755	388.110	1755.757
1613.345	4.196	4.375	16.458	414.037	1811.384	388.537	1699.823
1617.541	4.339	4.524	16.459	414.130	1873.481	388.862	1759.172
1621.880	4.135	4.312	16.459	414.194	1785.994	389.417	1679.156
1626.015	4.339	4.524	16.461	414.286	1874.197	389.532	1762.214
1630.353	1.547	1.613	16.461	414.330	668.187	389.687	628.446
1631.900	2.594	2.705	16.461	414.361	1120.793	389.755	1054.237
1634.494	4.339	4.524	16.462	414.441	1874.910	389.578	1762.433
1638.833	4.065	4.239	16.462	414.503	1757.111	389.580	1651.458
1642.898	4.339	4.524	16.463	414.594	1875.614	389.504	1762.110
1647.236	4.123	4.299	16.463	414.656	1782.708	389.617	1675.059
1651.359	4.339	4.524	16.464	414.746	1876.315	389.569	1762.414
1655.698	4.100	4.276	16.464	414.808	1773.514	389.492	1665.277
1659.798	3.442	3.589	16.466	414.891	1489.104	389.310	1397.292
1663.240	4.339	4.524	16.466	414.947	1877.236	389.447	1761.875
1667.579	0.683	0.713	16.466	414.983	295.741	389.698	277.722
1668.262	4.339	4.524	16.467	415.047	1877.703	389.520	1762.217
1672.600	4.077	4.252	16.467	415.108	1764.971	389.969	1658.084
1676.678	4.339	4.527	16.599	418.079	1892.710	390.508	1767.891
1681.016	4.081	4.259	16.599	418.082	1780.495	390.702	1663.891
1685.098	4.339	4.530	16.730	420.993	1907.217	390.931	1771.025
1689.436	4.056	4.236	16.730	420.938	1782.891	390.994	1656.063
1693.492	4.339	4.533	16.863	423.788	1921.216	391.126	1773.142
1697.831	4.064	4.247	16.863	423.674	1799.230	391.213	1661.379
1701.895	4.339	4.537	16.995	426.451	1934.647	391.371	1775.502
1706.234	2.486	2.600	16.995	426.310	1108.400	391.391	1017.610
1708.720	1.564	1.636	16.995	426.226	697.177	391.556	640.468
1710.284	4.339	4.540	17.127	428.985	1947.521	391.687	1778.193
1714.623	4.070	4.259	17.127	428.750	1826.064	391.713	1668.322
1718.693	4.339	4.543	17.259	431.373	1959.756	392.025	1780.996
1723.031	4.068	4.260	17.259	431.076	1836.372	392.133	1670.475
1727.100	4.339	4.546	17.390	433.608	1971.314	392.628	1785.005
1731.438	4.105	4.302	17.390	433.247	1863.767	392.643	1689.094

1735. 543	4. 339	4. 550	17. 520	435. 680	1982. 147	392. 725	1786. 722
1739. 882	4. 119	4. 319	17. 520	435. 256	1879. 973	392. 800	1696. 594
1744. 001	4. 339	4. 552	17. 626	437. 110	1989. 824	392. 896	1788. 553
1748. 339	4. 113	4. 316	17. 626	436. 634	1884. 540	392. 893	1695. 751
1752. 453	4. 339	4. 555	17. 733	438. 433	1997. 034	392. 668	1788. 581
1756. 791	2. 479	2. 602	17. 733	438. 006	1139. 889	393. 930	1025. 182
1759. 270	1. 598	1. 677	17. 733	437. 751	734. 273	394. 674	662. 017
1760. 868	2. 112	2. 219	17. 840	439. 801	975. 932	394. 990	876. 496
1762. 980	4. 339	4. 558	17. 840	439. 357	2002. 444	394. 863	1799. 656
1767. 319	1. 969	2. 068	17. 840	438. 922	907. 879	395. 120	817. 279
1769. 287	4. 339	4. 560	17. 948	440. 746	2009. 993	395. 070	1801. 689
1773. 626	4. 054	4. 261	17. 948	440. 114	1875. 320	395. 176	1683. 841
1777. 680	4. 339	4. 563	18. 058	441. 780	2015. 966	395. 338	1804. 035
1782. 018	4. 152	4. 367	18. 058	441. 084	1926. 155	396. 041	1729. 456
1786. 170	4. 339	4. 566	18. 165	442. 626	2021. 067	396. 675	1811. 252
1790. 508	4. 217	4. 439	18. 165	441. 868	1961. 305	396. 713	1760. 875
1794. 726	4. 339	4. 569	18. 272	443. 307	2025. 411	396. 816	1813. 001
1799. 064	4. 339	4. 569	18. 272	442. 481	2021. 639	396. 838	1813. 102
1803. 403	0. 064	0. 067	18. 272	442. 062	29. 792	397. 320	26. 777
1803. 467	4. 339	4. 572	18. 374	443. 740	2028. 588	397. 095	1815. 345
1807. 805	3. 735	3. 935	18. 374	442. 920	1742. 996	397. 446	1564. 043
1811. 540	0. 895	0. 943	18. 374	442. 450	417. 109	398. 619	375. 788
1812. 435	4. 339	4. 608	19. 703	468. 542	2159. 193	399. 685	1841. 880
1816. 773	3. 965	4. 211	19. 703	466. 960	1966. 594	400. 314	1685. 913
1820. 738	4. 339	4. 652	21. 161	493. 151	2294. 235	401. 701	1868. 791
1825. 077	3. 777	4. 050	21. 161	490. 720	1987. 381	401. 866	1627. 529
1828. 853	4. 339	4. 702	22. 684	515. 632	2424. 635	403. 167	1895. 797
1833. 192	3. 556	3. 854	22. 684	512. 264	1974. 334	403. 435	1554. 890
1836. 748	4. 339	4. 755	24. 155	533. 509	2536. 743	405. 518	1928. 168
1841. 086	0. 704	0. 771	24. 155	530. 678	409. 188	406. 048	313. 090
1841. 790	0. 580	0. 636	24. 155	529. 957	336. 871	405. 774	257. 933
1842. 370	1. 070	1. 173	24. 155	528. 719	620. 016	405. 530	475. 556
1843. 440	1. 540	1. 687	24. 155	526. 467	888. 395	406. 472	685. 908
1844. 980	0. 600	0. 666	25. 639	548. 026	364. 900	407. 214	271. 141
1845. 580	4. 339	4. 812	25. 639	542. 857	2612. 417	407. 564	1961. 341
1849. 919	3. 062	3. 397	25. 639	535. 094	1817. 574	407. 344	1383. 642
1852. 981	4. 339	4. 872	27. 071	547. 243	2666. 328	407. 121	1983. 610
1857. 319	3. 976	4. 465	27. 071	537. 136	2398. 147	408. 204	1822. 504
1861. 295	4. 339	4. 930	28. 365	543. 178	2678. 128	410. 669	2024. 798
1865. 633	4. 339	4. 930	28. 365	531. 250	2619. 319	412. 104	2031. 871
1869. 972	0. 044	0. 050	28. 365	525. 226	26. 055	413. 369	20. 506
1870. 016	4. 339	4. 983	29. 458	531. 346	2647. 519	413. 058	2058. 129
1874. 354	4. 339	4. 983	29. 458	518. 204	2582. 039	412. 142	2053. 568
1878. 693	0. 986	1. 132	29. 458	510. 140	577. 572	412. 556	467. 089
1879. 678	4. 339	5. 072	31. 190	518. 671	2630. 478	414. 738	2103. 376
1884. 017	4. 194	4. 903	31. 190	503. 766	2470. 020	417. 311	2046. 121
1888. 211	4. 339	5. 183	33. 174	504. 433	2614. 651	415. 181	2152. 029

1892.550	3.814	4.557	33.174	487.905	2223.434	407.413	1856.623
1896.364	0.779	0.954	35.255	492.345	469.501	407.558	388.647
1897.143	4.339	5.313	35.255	480.388	2552.271	407.019	2162.470
1901.481	2.663	3.261	35.255	464.027	1513.261	406.365	1325.218
1904.144	4.339	5.449	37.228	456.402	2486.839	403.053	2196.150
1908.483	3.852	4.837	37.228	434.753	2103.090	398.855	1929.436
1912.335	4.339	5.632	39.620	419.799	2364.449	398.400	2243.922
1916.673	4.339	5.632	39.620	393.510	2216.383	393.239	2214.856
1921.012	0.045	0.058	39.620	380.230	22.129	387.286	22.539
1921.056	4.339	5.787	41.435	369.448	2137.981	387.993	2245.298
1925.395	3.175	4.235	41.435	344.412	1458.600	385.940	1634.473
1928.570	2.591	3.456	41.435	325.198	1123.948	383.947	1326.993
1931.161	2.209	3.018	42.947	310.284	936.324	381.684	1151.784
1933.370	4.339	5.927	42.947	286.784	1699.773	379.109	2246.983

 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
 dx(m) : Larghezza concio
 dl (m) : lunghezza base concio
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio
 TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
 TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
 TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
 TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

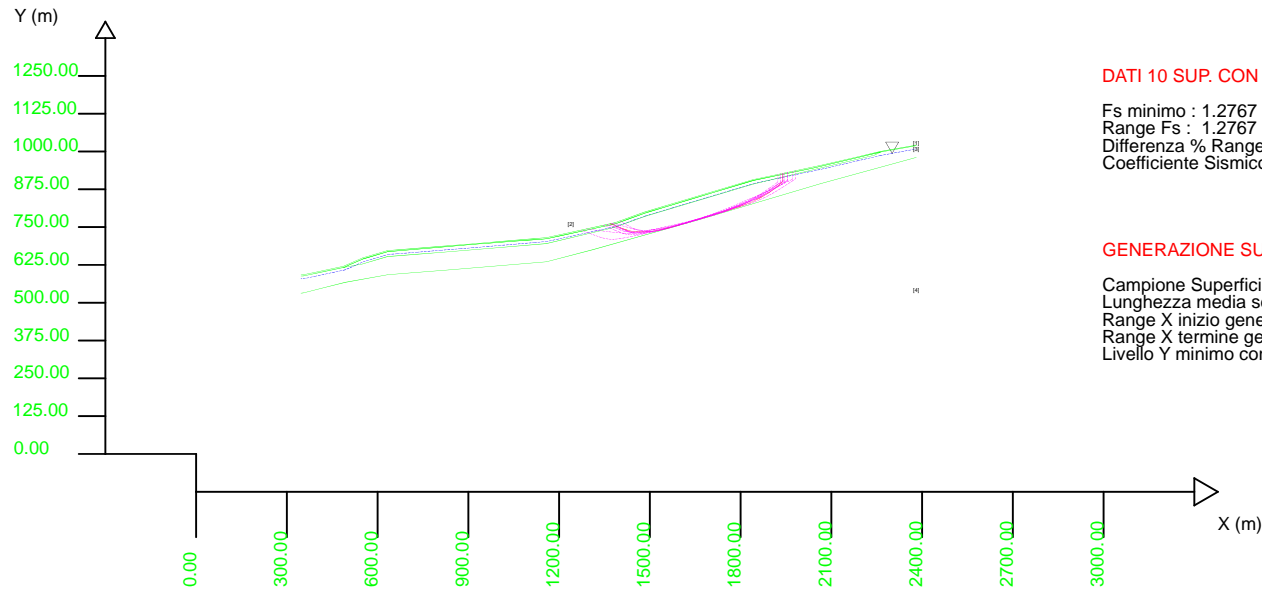
SSAP 4.9.6 (2018) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Data : 6/7/2018
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI ..	mi ..	D ..
1	0	0	250.00	18.00	19.00	0	0	0	0
2	0	0	145.00	18.00	19.00	0	0	0	0
3	0	0	380.00	19.00	20.00	0	0	0	0
4	40.00	0	0	20.00	21.00	0	0	0	0

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



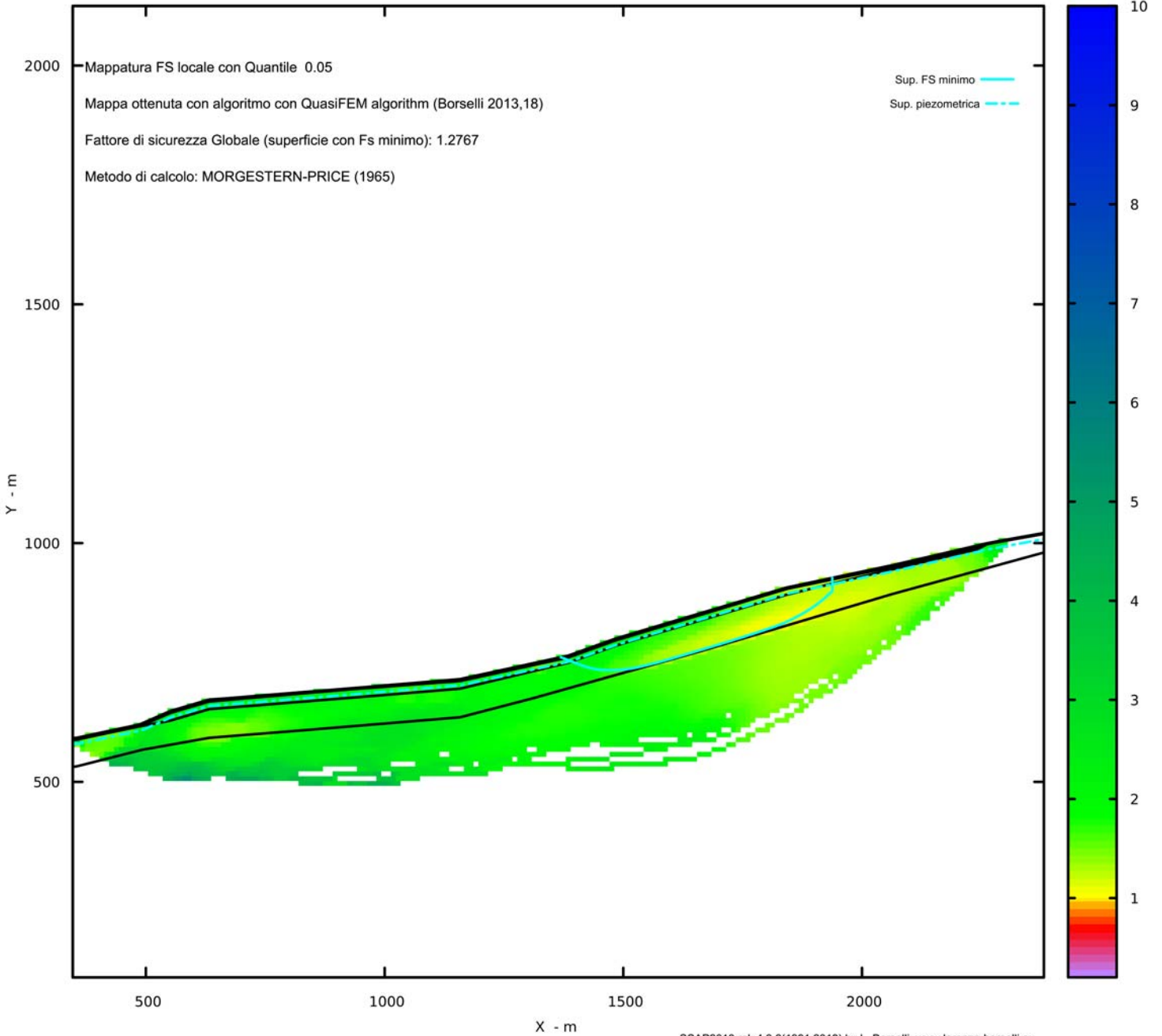
DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.2767
 Range Fs : 1.2767 1.3253
 Differenza % Range Fs : 3.67
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

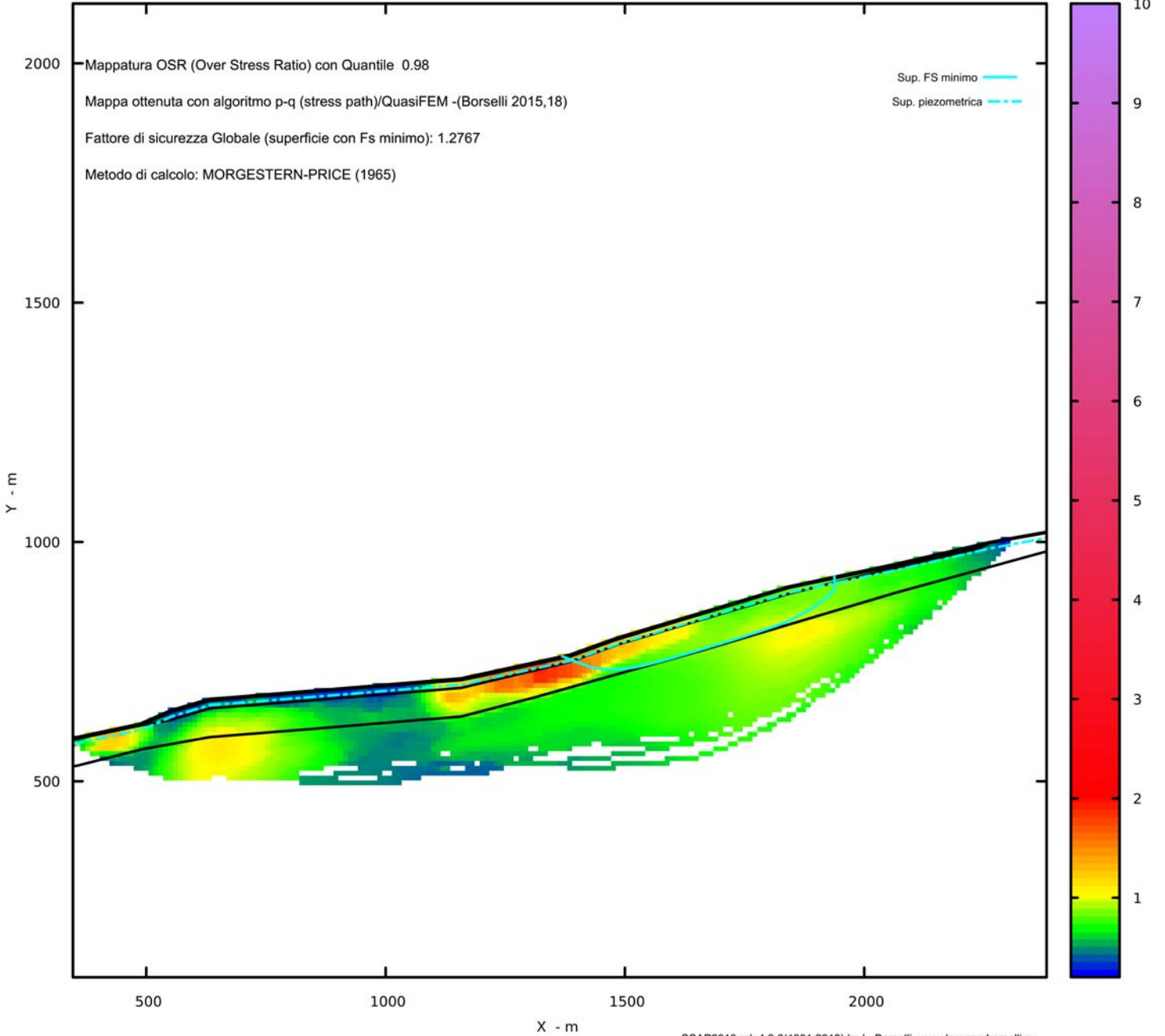
GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
 Lunghezza media segmenti (m) : 81.4
 Range X inizio generazione : 346.9 - 2177.5
 Range X termine generazione : 550.3 - 2340.3
 Livello Y minimo considerato : 90.7

MAPPA FS LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)



MAPPA OSR(Over stress ratio) LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)



Report elaborazioni

SSAP 4.9.6 - Slope Stability Analysis Program (1991,2018)

WWW.SSAP.EU

Build No. 10321

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI *,**

*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

** Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 25 marzo 2018

Localita' : Palagano

Descrizione:

Modello pendio: con_falda_ok.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

___ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) ___

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
346.88	591.92	487.15	616.51	346.88	588.18	346.88	531.49
354.59	592.52	492.45	617.48	354.59	588.52	354.59	532.52
390.00	600.00	502.89	619.40	363.98	590.42	368.30	535.99
487.15	620.51	549.69	627.99	399.70	598.13	415.79	548.00
550.95	648.50	632.78	652.50	427.40	603.91	492.97	567.38
632.68	672.49	733.34	660.49	487.15	616.51	633.00	592.52
664.69	674.83	811.90	666.73	504.60	624.16	711.93	598.78
730.00	680.00	978.72	680.26	551.18	644.57	833.81	608.47
807.96	686.46	1157.95	695.36	571.17	650.44	1158.34	635.37
872.84	691.57	1355.16	742.44	633.08	668.53	1311.51	675.36
913.32	694.79	1385.95	750.02	652.70	670.22	1663.24	774.39
962.57	698.89	1464.28	778.31	720.64	676.09	2064.40	893.61
1002.35	702.24	1485.24	785.79	802.06	683.12	2380.94	980.38
1053.13	706.52	1520.59	796.32	884.68	690.25	-	-
1116.99	711.89	1841.79	892.06	935.83	694.52	-	-
1158.07	715.35	1933.37	914.34	967.41	696.91	-	-

1214.10	727.41	2240.95	987.17	1047.17	702.96	-	-
1385.46	764.84	2262.59	998.11	1108.05	707.57	-	-
1482.13	799.75	2213.34	986.14	1142.26	710.16	-	-
1569.15	825.80	2044.00	945.94	1159.38	711.52	-	-
1759.27	882.47	1928.57	922.09	1206.91	721.85	-	-
1842.37	907.24	1843.44	904.49	1279.33	737.59	-	-
1974.11	935.08	1811.54	894.96	1358.79	754.87	-	-
2068.14	954.92	1708.72	864.03	1384.36	760.45	-	-
2183.22	981.65	1631.90	840.91	1428.62	776.43	-	-
2260.83	999.70	1552.29	816.96	1483.95	796.40	-	-
2299.05	1006.66	1500.05	801.25	1500.05	801.25	-	-
2380.94	1021.27	1483.95	796.40	1552.29	816.96	-	-
-	-	1428.62	776.43	1631.90	840.91	-	-
-	-	1384.36	760.45	1708.72	864.03	-	-
-	-	1358.79	754.87	1811.54	894.96	-	-
-	-	1279.33	737.59	1843.44	904.49	-	-
-	-	1206.91	721.85	1928.57	922.09	-	-
-	-	1159.38	711.52	2044.00	945.94	-	-
-	-	1142.26	710.16	2213.34	986.14	-	-
-	-	1108.05	707.57	2262.59	998.11	-	-
-	-	1047.17	702.96	2291.66	1003.34	-	-
-	-	967.41	696.91	2380.94	1019.27	-	-
-	-	935.83	694.52	-	-	-	-
-	-	884.68	690.25	-	-	-	-
-	-	802.06	683.12	-	-	-	-
-	-	720.64	676.09	-	-	-	-
-	-	652.70	670.22	-	-	-	-
-	-	633.08	668.53	-	-	-	-
-	-	571.17	650.44	-	-	-	-
-	-	551.18	644.57	-	-	-	-
-	-	504.60	624.16	-	-	-	-
-	-	487.15	616.51	-	-	-	-

----- SUP FALDA -----
X Y (in m)

346.88	578.96
357.27	579.81
392.69	587.28
492.38	608.60
555.41	636.26
635.01	659.63
665.72	661.87
731.07	667.04

809.01 673.51
 873.87 678.61
 914.40 681.83
 963.66 685.94
 1003.44 689.29
 1054.22 693.56
 1118.08 698.94
 1160.80 702.64
 1216.87 714.71
 1389.87 752.62
 1486.20 787.40
 1572.87 813.34
 1762.98 870.01
 1845.58 894.63
 1976.80 922.36
 2071.08 942.26
 2186.17 968.99
 2263.47 986.97
 2301.35 993.86
 2380.94 1008.47

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:
 Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA
 Peso unitario fluido (kN/m³): 9.81

Parametri funzione di dissipazione superficiale e pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0
 Coefficiente K 0.000800
 Pressione minima fluidi Uo_Min (kPa) 0.01
 Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00
 Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

D		fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi
0.00	STRATO 1	0.00	0.00	250.00	18.00	19.00	1000.000	0.00	0.00	0.00

0.00	STRATO	2	0.00	0.00	145.00	18.00	19.00	76.478	0.00	0.00	0.00
0.00	STRATO	3	0.00	0.00	380.00	19.00	20.00	1000.000	0.00	0.00	0.00
0.00	STRATO	4	40.00	0.00	0.00	20.00	21.00	3.055	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: ϕ _____ Angolo di attrito interno efficace (in gradi)
 C _____ Coesione efficace (in Kpa)
 C_u _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
 γ_{vol} _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m³)
 $\gamma_{vol,sat}$ _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m³)
STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)
---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002) -
 σ_{ci} _____ Resistenza Compressione Uniaassiale Roccia Intatta (in MPa)
GSI _____ Geological Strength Index ammasso (adimensionale)
 m_i _____ Indice litologico ammasso (adimensionale)
 D _____ Fattore di disturbo ammasso (adimensionale)
Fattore di riduzione NTC2008 $\gamma_{PHI}=1.25$ e $\gamma_C=1.25$ - DISATTIVATO (solo per ROCCE)
Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al. (2002, 2006) - non-lineare - Generalizzato secondo Carranza-Torres (2004)

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----
*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI
METODO DI RICERCA: CONVEX RANDOM - Chen (1992)
FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
COORDINATE X1, X2, Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 81.4 (+/-) 50%
INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (X_{min} .. X_{max}): 346.88 2177.53
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Y_{min}): 90.69
INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (X_{min} .. X_{max}): 550.29 2340.26
*** TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----
METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO K_h : 0.0120
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO K_v (assunto Positivo): 0.0060
COEFFICIENTE $c=K_v/K_h$ UTILIZZATO : 0.5000
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.
I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR F_s *

Fattore di sicurezza (FS)	1.2120	-	Min.	-	X	Y	Lambda=	0.2591
					1178.72	719.79		
					1220.14	698.38		
					1238.89	689.28		
					1250.95	684.35		
					1260.45	681.45		
					1270.35	679.70		
					1278.74	679.06		
					1288.27	679.31		
					1298.80	680.44		
					1312.36	682.64		
					1324.49	684.74		
					1335.78	686.83		
					1346.63	688.97		
					1357.33	691.22		
					1367.87	693.58		
					1378.53	696.09		
					1389.32	698.76		
					1400.47	701.66		
					1411.49	704.54		
					1422.37	707.41		
					1433.22	710.31		
					1444.00	713.21		
					1454.81	716.15		
					1465.60	719.11		
					1476.43	722.10		
					1487.26	725.13		
					1498.13	728.17		
					1508.98	731.20		
					1519.84	734.25		
					1530.64	737.28		
					1541.52	740.33		
					1552.38	743.39		
					1563.30	746.46		
					1574.19	749.53		
					1585.00	752.63		
					1595.75	755.77		
					1606.49	758.96		

1617.26	762.20
1628.01	765.50
1638.79	768.85
1649.65	772.28
1660.62	775.81
1671.51	779.34
1682.32	782.88
1693.12	786.46
1703.90	790.07
1714.77	793.75
1725.74	797.50
1736.96	801.37
1748.51	805.40
1759.21	809.41
1769.66	813.62
1779.83	818.03
1790.41	822.94
1800.65	828.00
1811.20	833.54
1822.10	839.58
1833.94	846.43
1845.06	853.06
1855.85	859.71
1866.42	866.42
1877.11	873.43
1888.90	881.46
1902.19	890.80
1902.19	919.88

Fattore di sicurezza (FS) 1.2336 - N. 2 -- X Y Lambda= 0.2622

1328.49	752.40
1370.18	736.91
1389.25	730.38
1401.68	726.96
1411.64	725.09
1421.87	724.28
1430.74	724.33
1440.56	725.23
1451.20	726.96
1464.39	729.77
1476.65	732.41
1488.23	734.93
1499.53	737.42

1510.52	739.88
1521.52	742.37
1532.51	744.88
1543.55	747.44
1554.60	750.02
1565.68	752.62
1576.72	755.22
1587.79	757.84
1598.79	760.44
1609.87	763.07
1620.95	765.71
1632.10	768.38
1643.26	771.05
1654.26	773.77
1665.19	776.53
1676.08	779.37
1687.03	782.29
1698.00	785.30
1709.09	788.42
1720.43	791.69
1732.19	795.16
1743.18	798.63
1753.91	802.27
1764.40	806.08
1775.22	810.28
1785.84	814.67
1796.84	819.48
1808.38	824.80
1821.10	830.91
1832.16	836.71
1842.71	842.81
1852.70	849.18
1863.37	856.61
1874.61	865.30
1887.75	876.25
1905.98	892.41
1905.98	920.68

Fattore di sicurezza (FS) 1.2385 - N. 3 -- X Y Lambda= 0.2615

1289.87	743.96
1325.64	725.51
1341.85	717.67
1352.28	713.41

1360.50	710.90
1369.06	709.38
1376.33	708.80
1384.55	709.00
1393.62	709.95
1405.24	711.80
1415.74	713.55
1425.54	715.28
1434.98	717.04
1444.25	718.86
1453.44	720.75
1462.72	722.74
1472.13	724.85
1481.81	727.11
1491.26	729.38
1500.59	731.68
1509.85	734.04
1519.13	736.47
1528.36	738.95
1537.64	741.51
1546.99	744.16
1556.49	746.92
1565.94	749.68
1575.32	752.44
1584.70	755.21
1594.03	757.98
1603.40	760.79
1612.79	763.61
1622.26	766.48
1631.78	769.38
1641.12	772.29
1650.39	775.27
1659.59	778.30
1668.88	781.43
1678.08	784.62
1687.33	787.91
1696.65	791.29
1706.13	794.81
1715.61	798.33
1725.02	801.83
1734.44	805.33
1743.78	808.80
1753.19	812.29
1762.59	815.78

1772.04	819.30
1781.48	822.80
1790.81	826.33
1800.08	829.90
1809.33	833.51
1818.63	837.21
1828.02	841.01
1837.59	844.95
1847.53	849.10
1858.05	853.57
1867.20	857.88
1875.98	862.51
1884.30	867.44
1893.31	873.34
1902.73	880.27
1913.82	889.16
1923.45	897.43
1923.45	924.38

Fattore di sicurezza (FS) 1.2505 - N. 4 -- X Y Lambda= 0.2587

1344.97	756.00
1383.27	744.61
1401.30	739.67
1413.37	736.99
1423.38	735.40
1433.27	734.60
1442.21	734.41
1451.84	734.81
1462.07	735.77
1474.19	737.40
1485.42	739.01
1496.11	740.64
1506.52	742.32
1516.85	744.10
1527.08	745.95
1537.42	747.93
1547.91	750.02
1558.73	752.28
1569.24	754.55
1579.60	756.88
1589.88	759.28
1600.21	761.78
1610.45	764.34

1620.76	767.00
1631.15	769.77
1641.75	772.68
1652.30	775.60
1662.76	778.50
1673.21	781.42
1683.59	784.33
1694.01	787.27
1704.41	790.21
1714.83	793.18
1725.22	796.16
1735.67	799.15
1746.10	802.14
1756.56	805.14
1766.96	808.12
1777.54	811.15
1788.20	814.20
1799.13	817.33
1810.35	820.55
1820.54	823.79
1830.46	827.30
1840.03	831.06
1850.15	835.42
1859.82	839.97
1869.90	845.10
1880.42	850.83
1892.11	857.55
1902.88	863.99
1913.26	870.44
1923.34	876.98
1933.60	883.90
1944.82	891.86
1957.55	901.23
1962.32	904.86
1962.32	932.59

Fattore di sicurezza (FS) 1.2607 - N. 5 -- X Y Lambda= 0.2524

1260.36	737.52
1312.93	721.61
1337.23	714.91
1353.26	711.45
1366.30	709.65
1379.47	709.07

1391.12	709.42
1403.89	710.77
1417.64	713.08
1434.39	716.68
1449.78	720.11
1464.34	723.49
1478.46	726.90
1492.39	730.41
1506.18	734.01
1520.06	737.76
1534.06	741.67
1548.35	745.80
1562.62	749.92
1576.78	754.00
1590.94	758.09
1604.97	762.14
1619.12	766.23
1633.26	770.31
1647.48	774.41
1661.68	778.51
1675.69	782.66
1689.63	786.87
1703.51	791.16
1717.47	795.58
1731.60	800.15
1746.03	804.92
1761.11	810.01
1777.20	815.54
1790.91	820.93
1803.96	826.88
1816.21	833.34
1829.65	841.36
1843.55	850.92
1860.06	863.47
1884.53	883.56
1894.18	891.77
1894.18	918.19

Fattore di sicurezza (FS) 1.2647 - N. 6 -- X Y Lambda= 0.2554

1397.10	769.04
1424.86	753.45
1437.65	746.65
1446.01	742.79

1452.75	740.29
1459.60	738.51
1465.57	737.49
1472.23	736.94
1479.54	736.88
1488.77	737.28
1496.87	737.77
1504.39	738.38
1511.55	739.13
1518.78	740.07
1525.79	741.14
1532.99	742.40
1540.40	743.85
1548.37	745.58
1555.94	747.29
1563.31	749.05
1570.55	750.87
1577.85	752.80
1585.04	754.79
1592.31	756.88
1599.68	759.09
1607.29	761.47
1614.78	763.83
1622.19	766.19
1629.56	768.57
1636.90	770.97
1644.24	773.39
1651.59	775.84
1658.96	778.32
1666.36	780.85
1673.78	783.38
1681.18	785.91
1688.58	788.44
1695.94	790.96
1703.34	793.50
1710.72	796.03
1718.11	798.58
1725.44	801.10
1732.84	803.65
1740.21	806.19
1747.62	808.75
1754.98	811.29
1762.38	813.85
1769.77	816.40

1777.18	818.96
1784.54	821.51
1791.92	824.08
1799.28	826.66
1806.65	829.26
1814.01	831.86
1821.46	834.52
1829.00	837.23
1836.74	840.02
1844.74	842.92
1851.97	845.79
1858.99	848.85
1865.76	852.09
1872.92	855.82
1879.73	859.66
1886.81	863.96
1894.16	868.70
1902.25	874.20
1909.94	879.51
1917.41	884.75
1924.73	890.00
1932.05	895.33
1937.59	899.46
1937.59	927.36

Fattore di sicurezza (FS) 1.2652 - N.7 -- X Y Lambda= 0.2638

1280.36	741.88
1314.45	730.56
1330.74	725.50
1341.77	722.57
1351.06	720.59
1360.07	719.26
1368.39	718.47
1377.29	718.08
1386.75	718.10
1397.85	718.52
1407.77	719.09
1417.15	719.84
1426.15	720.78
1435.35	721.98
1444.21	723.35
1453.28	724.98
1462.54	726.85

1472.45	729.06
1482.19	731.24
1491.75	733.37
1501.27	735.50
1510.65	737.59
1520.09	739.70
1529.52	741.80
1538.98	743.91
1548.40	746.02
1557.78	748.15
1567.13	750.30
1576.48	752.49
1585.83	754.71
1595.22	756.98
1604.65	759.29
1614.19	761.66
1623.88	764.11
1633.26	766.58
1642.53	769.13
1651.71	771.76
1661.00	774.54
1670.21	777.40
1679.55	780.41
1689.08	783.60
1699.02	787.03
1708.49	790.44
1717.78	793.92
1726.91	797.48
1736.19	801.25
1745.33	805.10
1754.62	809.16
1764.08	813.44
1773.99	818.06
1783.51	822.61
1792.87	827.19
1802.10	831.83
1811.41	836.62
1820.66	841.49
1830.03	846.56
1839.61	851.84
1849.59	857.46
1859.02	862.97
1868.26	868.57
1877.32	874.27

1886.59	880.32
1896.75	887.26
1906.82	894.39
1906.82	920.86

Fattore di sicurezza (FS) 1.2771 - N. 8 -- X Y Lambda= 0.2470

1369.30	761.31
1422.11	749.06
1447.01	743.85
1463.73	741.19
1477.63	739.81
1491.33	739.48
1503.80	739.90
1517.22	741.14
1531.53	743.19
1548.47	746.29
1563.87	749.33
1578.48	752.45
1592.60	755.71
1606.78	759.23
1620.68	762.92
1634.82	766.92
1649.25	771.24
1664.44	776.01
1679.11	780.74
1693.51	785.50
1707.75	790.33
1722.03	795.31
1736.40	800.44
1751.06	805.81
1766.30	811.52
1782.51	817.71
1796.65	823.74
1810.22	830.23
1823.08	837.14
1836.96	845.40
1851.50	855.15
1868.57	867.63
1893.62	887.24
1901.26	893.42
1901.26	919.69

Fattore di sicurezza (FS) 1.2792 - N.9 -- X Y Lambda= 0.2567

1372.49	762.01
1407.77	745.44
1423.99	738.29
1434.61	734.33
1443.15	731.89
1451.86	730.33
1459.47	729.62
1467.95	729.56
1477.25	730.15
1488.94	731.46
1499.21	732.80
1508.76	734.26
1517.86	735.85
1527.06	737.69
1535.96	739.67
1545.08	741.91
1554.44	744.40
1564.45	747.27
1574.09	750.10
1583.51	752.95
1592.81	755.83
1602.10	758.79
1611.36	761.80
1620.68	764.92
1630.11	768.14
1639.76	771.51
1649.20	774.88
1658.53	778.28
1667.79	781.72
1677.10	785.26
1686.34	788.84
1695.62	792.50
1704.96	796.26
1714.43	800.15
1723.91	804.03
1733.33	807.89
1742.76	811.76
1752.11	815.60
1761.55	819.47
1770.99	823.34
1780.51	827.25
1790.06	831.16
1799.38	835.09

1808.61	839.08
1817.78	843.15
1827.06	847.38
1836.30	851.70
1845.67	856.19
1855.26	860.90
1865.28	865.93
1874.67	870.85
1883.84	875.88
1892.80	881.04
1902.02	886.59
1912.07	892.99
1916.36	895.84
1916.36	922.88

Fattore di sicurezza (FS) 1.2801 - N. 10 -- X Y Lambda= 0.2378

1399.35	769.85
1442.57	749.57
1461.87	741.15
1474.10	736.81
1483.55	734.53
1493.61	733.53
1501.97	733.63
1511.57	734.83
1522.26	737.10
1536.13	740.85
1548.84	744.32
1560.71	747.58
1572.21	750.76
1583.32	753.86
1594.46	757.00
1605.60	760.17
1616.80	763.37
1628.03	766.61
1639.21	769.87
1650.32	773.16
1661.42	776.48
1672.52	779.83
1683.70	783.25
1694.98	786.74
1706.47	790.34
1718.27	794.07
1729.32	797.81

1740.13 801.73
 1750.70 805.83
 1761.63 810.35
 1772.21 814.98
 1783.01 819.99
 1794.02 825.37
 1805.70 831.32
 1817.22 837.20
 1828.55 842.97
 1839.83 848.73
 1850.95 854.40
 1862.16 860.12
 1873.33 865.82
 1884.55 871.55
 1895.72 877.25
 1906.86 882.97
 1917.96 888.73
 1929.05 894.53
 1940.15 900.37
 1944.61 902.75
 1944.61 928.85

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----
 # DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR F_s *
 # Analisi Deficit in riferimento a F_s (progetto) = 1.100

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESIT0
1	1.212	303227.7	250182.4	28027.0	Surplus
2	1.234	241602.6	195858.3	26158.4	Surplus
3	1.239	265113.8	214058.3	29649.6	Surplus
4	1.250	253626.6	202824.0	30520.1	Surplus
5	1.261	264239.3	209591.0	33689.2	Surplus
6	1.265	228976.7	181058.0	29812.9	Surplus
7	1.265	258871.4	204607.4	33803.3	Surplus
8	1.277	223042.7	174643.5	30934.9	Surplus
9	1.279	230067.9	179857.3	32224.9	Surplus
10	1.280	232278.9	181453.8	32679.7	Surplus

Esi to analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 26158.4

Note: FTR --> Forza totale e Resistente rispetto alla superficie

di scioglimento (componente Orizzontale)
 FTA --> Forza totale Agente rispetto alla superficie
 di scioglimento (componente Orizzontale)

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN
 per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c', Cu) (kPa)
1178.719	5.544	-27.34	203.80	0.00	0.00	0.00	250.00
1184.263	5.574	-27.34	627.22	0.00	0.00	0.00	380.00
1189.837	5.574	-27.34	1062.12	0.00	0.00	0.00	380.00
1195.411	1.467	-27.34	351.74	0.00	0.00	0.00	380.00
1196.878	5.574	-27.34	1622.90	0.00	0.00	0.00	380.00
1202.452	2.039	-27.34	707.93	0.00	0.00	0.00	380.00
1204.490	2.420	-27.34	919.75	0.00	0.00	0.00	380.00
1206.910	5.574	-27.34	2446.86	0.00	0.00	0.00	380.00
1212.484	1.616	-27.34	795.07	0.00	0.00	0.00	380.00
1214.100	2.770	-27.34	1452.46	0.00	0.00	0.00	380.00
1216.870	3.265	-27.34	1857.92	0.00	0.00	0.00	380.00
1220.135	5.574	-25.88	3526.06	0.00	0.00	0.00	380.00
1225.709	5.574	-25.88	3965.80	0.00	0.00	0.00	380.00
1231.283	5.574	-25.88	4405.55	0.00	0.00	0.00	380.00
1236.857	2.037	-25.88	1719.98	0.00	0.00	0.00	380.00
1238.894	5.574	-22.23	4982.16	0.00	0.00	0.00	380.00
1244.468	5.574	-22.23	5374.19	0.00	0.00	0.00	380.00
1250.042	0.909	-22.23	913.82	0.00	0.00	0.00	380.00
1250.951	5.574	-16.99	5797.90	0.00	0.00	0.00	380.00
1256.525	3.921	-16.99	4274.58	0.00	0.00	0.00	380.00
1260.446	5.574	-10.05	6315.69	0.00	0.00	0.00	380.00
1266.020	4.326	-10.05	5072.35	0.00	0.00	0.00	380.00
1270.346	5.574	-4.38	6723.52	0.00	0.00	0.00	380.00
1275.920	2.825	-4.38	3478.42	0.00	0.00	0.00	380.00
1278.745	0.585	1.52	726.01	0.00	0.00	0.00	380.00
1279.330	5.574	1.52	6981.72	0.00	0.00	0.00	380.00
1284.904	3.363	1.52	4270.59	0.00	0.00	0.00	380.00
1288.267	5.574	6.14	7148.67	0.00	0.00	0.00	380.00
1293.841	4.961	6.14	6421.39	0.00	0.00	0.00	380.00
1298.802	5.574	9.23	7262.52	0.00	0.00	0.00	380.00
1304.376	5.574	9.23	7297.47	0.00	0.00	0.00	380.00

1309.950	1.560	9.23	2048.73	0.00	0.00	0.00	380.00
1311.510	0.846	9.23	1112.06	0.00	0.00	0.00	380.00
1312.356	5.574	9.80	7344.32	0.00	0.00	0.00	380.00
1317.930	5.574	9.80	7372.89	0.00	0.00	0.00	380.00
1323.504	0.985	9.80	1306.26	0.00	0.00	0.00	380.00
1324.489	5.574	10.47	7402.75	0.00	0.00	0.00	380.00
1330.063	5.574	10.47	7423.80	0.00	0.00	0.00	380.00
1335.637	0.143	10.47	191.31	0.00	0.00	0.00	380.00
1335.780	5.574	11.17	7441.42	0.00	0.00	0.00	380.00
1341.354	5.272	11.17	7050.06	0.00	0.00	0.00	380.00
1346.626	5.574	11.91	7462.71	0.00	0.00	0.00	380.00
1352.200	2.960	11.91	3965.56	0.00	0.00	0.00	380.00
1355.160	2.171	11.91	2908.98	0.00	0.00	0.00	380.00
1357.331	1.459	12.59	1955.03	0.00	0.00	0.00	380.00
1358.790	5.574	12.59	7467.08	0.00	0.00	0.00	380.00
1364.364	3.507	12.59	4696.60	0.00	0.00	0.00	380.00
1367.871	5.574	13.26	7458.28	0.00	0.00	0.00	380.00
1373.445	5.083	13.26	6791.95	0.00	0.00	0.00	380.00
1378.528	5.574	13.92	7433.86	0.00	0.00	0.00	380.00
1384.102	0.258	13.92	344.30	0.00	0.00	0.00	380.00
1384.360	1.100	13.92	1464.82	0.00	0.00	0.00	380.00
1385.460	0.490	13.92	652.65	0.00	0.00	0.00	380.00
1385.950	3.368	13.92	4499.48	0.00	0.00	0.00	380.00
1389.318	0.552	14.54	740.13	0.00	0.00	0.00	380.00
1389.870	5.574	14.54	7504.75	0.00	0.00	0.00	380.00
1395.444	5.028	14.54	6823.78	0.00	0.00	0.00	380.00
1400.471	5.574	14.67	7625.05	0.00	0.00	0.00	380.00
1406.045	5.441	14.67	7503.64	0.00	0.00	0.00	380.00
1411.487	5.574	14.80	7747.05	0.00	0.00	0.00	380.00
1417.060	5.312	14.80	7439.99	0.00	0.00	0.00	380.00
1422.373	5.574	14.93	7864.58	0.00	0.00	0.00	380.00
1427.947	0.673	14.93	953.96	0.00	0.00	0.00	380.00
1428.620	4.601	14.93	6542.33	0.00	0.00	0.00	380.00
1433.221	5.574	15.07	7978.63	0.00	0.00	0.00	380.00
1438.795	5.210	15.07	7509.62	0.00	0.00	0.00	380.00
1444.005	5.574	15.20	8088.95	0.00	0.00	0.00	380.00
1449.579	5.228	15.20	7637.84	0.00	0.00	0.00	380.00
1454.807	5.574	15.34	8196.43	0.00	0.00	0.00	380.00
1460.381	3.899	15.34	5766.30	0.00	0.00	0.00	380.00
1464.280	1.320	15.34	1958.04	0.00	0.00	0.00	380.00
1465.600	5.574	15.47	8300.81	0.00	0.00	0.00	380.00
1471.174	5.254	15.47	7873.24	0.00	0.00	0.00	380.00
1476.428	5.574	15.60	8402.51	0.00	0.00	0.00	380.00
1482.002	0.128	15.60	193.43	0.00	0.00	0.00	380.00

1482.130	1.820	15.60	2753.24	0.00	0.00	0.00	380.00
1483.950	1.290	15.60	1952.48	0.00	0.00	0.00	380.00
1485.240	0.960	15.60	1453.52	0.00	0.00	0.00	380.00
1486.200	1.056	15.60	1598.92	0.00	0.00	0.00	380.00
1487.256	5.574	15.62	8449.17	0.00	0.00	0.00	380.00
1492.830	5.304	15.62	8051.45	0.00	0.00	0.00	380.00
1498.133	1.917	15.64	2912.10	0.00	0.00	0.00	380.00
1500.050	5.574	15.64	8477.53	0.00	0.00	0.00	380.00
1505.624	3.352	15.64	5104.61	0.00	0.00	0.00	380.00
1508.976	5.574	15.66	8496.96	0.00	0.00	0.00	380.00
1514.550	5.294	15.66	8081.91	0.00	0.00	0.00	380.00
1519.844	0.746	15.67	1139.02	0.00	0.00	0.00	380.00
1520.590	5.574	15.67	8521.80	0.00	0.00	0.00	380.00
1526.164	4.481	15.67	6859.14	0.00	0.00	0.00	380.00
1530.645	5.574	15.69	8542.93	0.00	0.00	0.00	380.00
1536.219	5.303	15.69	8138.86	0.00	0.00	0.00	380.00
1541.522	5.574	15.71	8565.36	0.00	0.00	0.00	380.00
1547.096	5.194	15.71	7992.37	0.00	0.00	0.00	380.00
1552.290	0.092	15.71	142.10	0.00	0.00	0.00	380.00
1552.382	5.574	15.73	8587.33	0.00	0.00	0.00	380.00
1557.956	5.340	15.73	8236.98	0.00	0.00	0.00	380.00
1563.296	5.574	15.75	8609.00	0.00	0.00	0.00	380.00
1568.870	0.280	15.75	433.17	0.00	0.00	0.00	380.00
1569.150	3.720	15.75	5751.91	0.00	0.00	0.00	380.00
1572.870	1.316	15.75	2035.82	0.00	0.00	0.00	380.00
1574.186	5.574	16.00	8627.76	0.00	0.00	0.00	380.00
1579.760	5.236	16.00	8111.93	0.00	0.00	0.00	380.00
1584.996	5.574	16.26	8640.09	0.00	0.00	0.00	380.00
1590.570	5.184	16.26	8038.79	0.00	0.00	0.00	380.00
1595.754	5.574	16.52	8646.47	0.00	0.00	0.00	380.00
1601.328	5.165	16.52	8013.34	0.00	0.00	0.00	380.00
1606.493	5.574	16.78	8646.93	0.00	0.00	0.00	380.00
1612.067	5.192	16.78	8052.35	0.00	0.00	0.00	380.00
1617.258	5.574	17.03	8641.46	0.00	0.00	0.00	380.00
1622.832	5.177	17.03	8021.84	0.00	0.00	0.00	380.00
1628.009	3.891	17.29	6024.74	0.00	0.00	0.00	380.00
1631.900	5.574	17.29	8624.34	0.00	0.00	0.00	380.00
1637.474	1.316	17.29	2035.69	0.00	0.00	0.00	380.00
1638.790	5.574	17.55	8612.71	0.00	0.00	0.00	380.00
1644.364	5.284	17.55	8153.94	0.00	0.00	0.00	380.00
1649.648	5.574	17.79	8589.35	0.00	0.00	0.00	380.00
1655.222	5.397	17.79	8303.17	0.00	0.00	0.00	380.00
1660.619	2.621	17.97	4027.86	0.00	0.00	0.00	380.00
1663.240	5.574	17.97	8552.63	0.00	0.00	0.00	380.00

1668.814	2.695	17.97	4129.33	0.00	0.00	0.00	380.00
1671.509	5.574	18.15	8527.30	0.00	0.00	0.00	380.00
1677.083	5.240	18.15	8000.07	0.00	0.00	0.00	380.00
1682.323	5.574	18.33	8490.30	0.00	0.00	0.00	380.00
1687.897	5.222	18.33	7935.07	0.00	0.00	0.00	380.00
1693.119	5.574	18.51	8449.14	0.00	0.00	0.00	380.00
1698.692	5.203	18.51	7867.00	0.00	0.00	0.00	380.00
1703.896	4.824	18.70	7274.87	0.00	0.00	0.00	380.00
1708.720	5.574	18.70	8382.06	0.00	0.00	0.00	380.00
1714.294	0.477	18.70	716.02	0.00	0.00	0.00	380.00
1714.771	5.574	18.88	8353.70	0.00	0.00	0.00	380.00
1720.345	5.399	18.88	8066.05	0.00	0.00	0.00	380.00
1725.744	5.574	19.05	8298.86	0.00	0.00	0.00	380.00
1731.318	5.574	19.05	8269.39	0.00	0.00	0.00	380.00
1736.892	0.070	19.05	103.11	0.00	0.00	0.00	380.00
1736.961	5.574	19.22	8238.51	0.00	0.00	0.00	380.00
1742.535	5.574	19.22	8206.97	0.00	0.00	0.00	380.00
1748.109	0.402	19.22	590.62	0.00	0.00	0.00	380.00
1748.511	5.574	20.53	8165.12	0.00	0.00	0.00	380.00
1754.085	5.124	20.53	7464.24	0.00	0.00	0.00	380.00
1759.209	0.061	21.95	88.60	0.00	0.00	0.00	380.00
1759.270	3.710	21.95	5374.76	0.00	0.00	0.00	380.00
1762.980	5.574	21.95	8020.40	0.00	0.00	0.00	380.00
1768.554	1.106	21.95	1583.51	0.00	0.00	0.00	380.00
1769.660	5.574	23.44	7932.28	0.00	0.00	0.00	380.00
1775.234	4.594	23.44	6474.65	0.00	0.00	0.00	380.00
1779.828	5.574	24.88	7768.40	0.00	0.00	0.00	380.00
1785.402	5.012	24.88	6896.70	0.00	0.00	0.00	380.00
1790.414	5.574	26.31	7562.21	0.00	0.00	0.00	380.00
1795.988	4.659	26.31	6227.29	0.00	0.00	0.00	380.00
1800.647	5.574	27.70	7327.46	0.00	0.00	0.00	380.00
1806.221	4.979	27.70	6424.93	0.00	0.00	0.00	380.00
1811.199	0.341	28.97	435.54	0.00	0.00	0.00	380.00
1811.540	5.574	28.97	7040.29	0.00	0.00	0.00	380.00
1817.114	4.990	28.97	6167.28	0.00	0.00	0.00	380.00
1822.104	5.574	30.07	6729.64	0.00	0.00	0.00	380.00
1827.678	5.574	30.07	6554.04	0.00	0.00	0.00	380.00
1833.252	0.686	30.07	794.56	0.00	0.00	0.00	380.00
1833.938	5.574	30.81	6351.38	0.00	0.00	0.00	380.00
1839.512	2.278	30.81	2542.62	0.00	0.00	0.00	380.00
1841.790	0.580	30.81	642.26	0.00	0.00	0.00	380.00
1842.370	1.070	30.81	1178.66	0.00	0.00	0.00	380.00
1843.440	1.618	30.81	1765.61	0.00	0.00	0.00	380.00
1845.058	0.522	31.61	565.43	0.00	0.00	0.00	380.00

1845.580	5.574	31.61	5898.35	0.00	0.00	0.00	380.00
1851.154	4.701	31.61	4777.83	0.00	0.00	0.00	380.00
1855.855	5.574	32.43	5426.11	0.00	0.00	0.00	380.00
1861.428	4.989	32.43	4632.18	0.00	0.00	0.00	380.00
1866.418	5.574	33.25	4917.11	0.00	0.00	0.00	380.00
1871.992	5.123	33.25	4274.34	0.00	0.00	0.00	380.00
1877.115	5.574	34.28	4375.77	0.00	0.00	0.00	380.00
1882.689	5.574	34.28	4081.67	0.00	0.00	0.00	380.00
1888.262	0.633	34.28	445.25	0.00	0.00	0.00	380.00
1888.896	5.574	35.09	3747.63	0.00	0.00	0.00	380.00
1894.470	2.673	35.09	1688.26	0.00	0.00	0.00	380.00
1897.143	5.050	35.09	2996.83	0.00	0.00	0.00	380.00

 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
 dx(m) : Larghezza concio
 alpha(°) : Angolo pendenza base concio
 W(kN/m) : Forza peso concio
 ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale
 U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
 phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X FS_FEM (m) (--)	ht FS_p-qFEM (m) (--)	yt (m)	yt' (--)	E(x) (kN/m)	T(x) (kN/m)	E' (kN)	rho(x) (--)
1178.719 2.278	0.000 1.547	719.795	-0.359	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	0.040
1184.263 2.278	1.020 2.351	717.948	-0.359	6.4096300436E+001	1.4815348444E-001	3.8778900119E+002	0.040
1189.837 0.932	1.759 0.962	715.805	-0.350	4.3337949249E+003	4.0459486884E+001	6.7832187255E+002	0.040
1195.411 0.777	2.877 0.793	714.041	-0.311	7.6258528127E+003	1.7864886888E+002	5.8817879902E+002	0.053
1196.878 0.769	3.210 0.782	713.616	-0.283	8.4875557629E+003	2.3911990764E+002	5.9187892083E+002	0.064
1202.452	4.526	712.050	-0.265	1.1878617848E+004	5.5783055704E+002	5.4075182384E+002	0.111

0. 775	0. 774							
1204. 490	5. 130	711. 601	-0. 213	1. 2930615804E+004	6. 7798449866E+002	5. 1430632400E+002		0. 124
0. 784	0. 778							
1206. 910	5. 881	711. 100	-0. 213	1. 4170225829E+004	8. 2891590023E+002	5. 3705581768E+002		0. 137
0. 799	0. 786							
1212. 484	7. 559	709. 897	-0. 212	1. 7481814200E+004	1. 2669502494E+003	5. 8373330752E+002		0. 173
0. 853	0. 814							
1214. 100	8. 076	709. 579	-0. 214	1. 8420332306E+004	1. 4023885504E+003	6. 3022395452E+002		0. 182
0. 872	0. 824							
1216. 870	8. 889	708. 959	-0. 218	2. 0401084500E+004	1. 6983044328E+003	7. 1805601759E+002		0. 204
0. 903	0. 845							
1220. 135	9. 883	708. 265	-0. 201	2. 2757192692E+004	2. 0776617021E+003	7. 2206212351E+002		0. 229
0. 945	0. 871							
1225. 709	11. 502	707. 180	-0. 183	2. 6786533346E+004	2. 7954181100E+003	7. 3399531895E+002		0. 271
1. 061	0. 918							
1231. 283	13. 251	706. 226	-0. 167	3. 0939582362E+004	3. 6244141060E+003	7. 3885226431E+002		0. 314
1. 240	0. 968							
1236. 857	15. 046	705. 316	-0. 163	3. 5023066985E+004	4. 5277134044E+003	6. 7821925006E+002		0. 355
1. 491	1. 017							
1238. 894	15. 705	704. 987	-0. 149	3. 6364277911E+004	4. 8438528724E+003	6. 4391942182E+002		0. 366
1. 610	1. 033							
1244. 468	17. 178	704. 182	-0. 135	3. 9733512067E+004	5. 6778730319E+003	5. 9505621749E+002		0. 397
1. 974	1. 075							
1250. 042	18. 760	703. 486	-0. 122	4. 2997810471E+004	6. 5408991166E+003	5. 2726261443E+002		0. 424
2. 424	1. 115							
1250. 951	19. 037	703. 391	-0. 088	4. 3468538857E+004	6. 6700136845E+003	5. 1624352368E+002		0. 428
2. 487	1. 121							
1256. 525	20. 267	702. 918	-0. 070	4. 6294887399E+004	7. 4670801667E+003	4. 7973059857E+002		0. 452
2. 799	1. 162							
1260. 446	21. 275	702. 728	-0. 030	4. 8100402094E+004	8. 0541876032E+003	4. 3705822447E+002		0. 470
2. 904	1. 194							
1266. 020	22. 166	702. 632	-0. 006	5. 0350767052E+004	8. 8570218149E+003	3. 8509530331E+002		0. 496
2. 919	1. 242							
1270. 346	22. 974	702. 672	0. 030	5. 1954147839E+004	9. 4579830234E+003	3. 5288400813E+002		0. 515
2. 835	1. 277							
1275. 920	23. 661	702. 933	0. 053	5. 3793645422E+004	1. 0182709039E+004	3. 0453518420E+002		0. 539
2. 688	1. 319							
1278. 745	24. 066	703. 121	0. 067	5. 4617541001E+004	1. 0516296469E+004	2. 8019999094E+002		0. 549
2. 602	1. 338							
1279. 330	24. 091	703. 162	0. 091	5. 4780120811E+004	1. 0584157609E+004	2. 7678864448E+002		0. 552
2. 587	1. 341							
1284. 904	24. 465	703. 684	0. 101	5. 6267331053E+004	1. 1193819616E+004	2. 7454082094E+002		0. 573
2. 473	1. 370							
1288. 267	24. 754	704. 063	0. 122	5. 7206318954E+004	1. 1544956168E+004	2. 9533876635E+002		0. 585

2. 428	1. 384							
1293. 841	24. 870	704. 778	0. 134	5. 9001582079E+004	1. 2162664787E+004	3. 1035393193E+002		0. 611
2. 372	1. 401							
1298. 802	25. 037	705. 478	0. 153	6. 0489543564E+004	1. 2652142055E+004	2. 8927212514E+002		0. 630
2. 357	1. 412							
1304. 376	25. 040	706. 387	0. 171	6. 2035284491E+004	1. 3153333118E+004	2. 5937606734E+002		0. 652
2. 351	1. 421							
1309. 950	25. 128	707. 381	0. 180	6. 3381000770E+004	1. 3597535545E+004	2. 3149182211E+002		0. 670
2. 354	1. 427							
1311. 510	25. 161	707. 667	0. 182	6. 3737799324E+004	1. 3713494614E+004	2. 1914533284E+002		0. 675
2. 355	1. 428							
1312. 356	25. 176	707. 820	0. 186	6. 3918795198E+004	1. 3773859448E+004	2. 1068257822E+002		0. 678
2. 355	1. 428							
1317. 930	25. 255	708. 862	0. 189	6. 4972774040E+004	1. 4128227936E+004	1. 7780155102E+002		0. 692
2. 349	1. 430							
1323. 504	25. 359	709. 928	0. 192	6. 5900880829E+004	1. 4432114484E+004	1. 4584263234E+002		0. 705
2. 332	1. 430							
1324. 489	25. 379	710. 118	0. 196	6. 6040976734E+004	1. 4478577084E+004	1. 3946166337E+002		0. 706
2. 329	1. 430							
1330. 063	25. 443	711. 211	0. 212	6. 6732310445E+004	1. 4712004416E+004	1. 1458447574E+002		0. 716
2. 314	1. 430							
1335. 637	25. 683	712. 482	0. 228	6. 7318334786E+004	1. 4904363671E+004	9. 3615750341E+001		0. 723
2. 301	1. 429							
1335. 780	25. 692	712. 517	0. 237	6. 7331719243E+004	1. 4908747180E+004	9. 3199692808E+001		0. 723
2. 301	1. 429							
1341. 354	25. 911	713. 837	0. 232	6. 7825301110E+004	1. 5069214673E+004	8. 1971627667E+001		0. 730
2. 298	1. 428							
1346. 626	26. 064	715. 031	0. 224	6. 8224617954E+004	1. 5201291780E+004	6. 6742887318E+001		0. 735
2. 300	1. 428							
1352. 200	26. 125	716. 267	0. 220	6. 8543568372E+004	1. 5314059281E+004	5. 0888327249E+001		0. 740
2. 307	1. 429							
1355. 160	26. 145	716. 912	0. 216	6. 8684260376E+004	1. 5367651705E+004	4. 5139094954E+001		0. 742
2. 312	1. 429							
1357. 331	26. 149	717. 374	0. 219	6. 8778461334E+004	1. 5404661090E+004	4. 1446724795E+001		0. 744
2. 317	1. 430							
1358. 790	26. 157	717. 707	0. 224	6. 8837025646E+004	1. 5426767643E+004	3. 7333628297E+001		0. 745
2. 319	1. 431							
1364. 364	26. 153	718. 948	0. 218	6. 8985341858E+004	1. 5495906760E+004	2. 2175228768E+001		0. 749
2. 328	1. 436							
1367. 871	26. 105	719. 683	0. 209	6. 9053326152E+004	1. 5533907250E+004	1. 6549363842E+001		0. 751
2. 332	1. 439							
1373. 445	25. 957	720. 849	0. 219	6. 9120445376E+004	1. 5586946923E+004	6. 7039914696E+000		0. 754
2. 335	1. 446							
1378. 528	25. 929	722. 018	0. 226	6. 9129779497E+004	1. 5626444075E+004	-2. 8503485267E+000		0. 757

2. 333	1. 453							
1384. 102	25. 784	723. 255	0. 222	6. 9085245742E+004	1. 5661356043E+004	-9. 2625091331E+000		0. 761
2. 324	1. 463							
1384. 360	25. 777	723. 312	0. 222	6. 9082836252E+004	1. 5663071272E+004	-1. 0194159372E+001		0. 761
2. 324	1. 463							
1385. 460	25. 749	723. 557	0. 224	6. 9067537830E+004	1. 5669583764E+004	-1. 4518242334E+001		0. 761
2. 322	1. 465							
1385. 950	25. 739	723. 668	0. 231	6. 9060290617E+004	1. 5672558257E+004	-1. 5155015123E+001		0. 761
2. 320	1. 466							
1389. 318	25. 684	724. 448	0. 233	6. 9000809118E+004	1. 5696123174E+004	-2. 0839432500E+001		0. 757
2. 310	1. 474							
1389. 870	25. 674	724. 581	0. 237	6. 8989012535E+004	1. 5699829917E+004	-2. 1733752531E+001		0. 757
2. 308	1. 475							
1395. 444	25. 547	725. 899	0. 247	6. 8846871634E+004	1. 5734631396E+004	-2. 8143195033E+001		0. 752
2. 276	1. 490							
1400. 471	25. 540	727. 195	0. 271	6. 8693399658E+004	1. 5766693027E+004	-3. 2930837314E+001		0. 748
2. 235	1. 506							
1406. 045	25. 656	728. 770	0. 296	6. 8494987589E+004	1. 5803457791E+004	-3. 7786626028E+001		0. 744
2. 180	1. 526							
1411. 487	25. 917	730. 455	0. 316	6. 8277746673E+004	1. 5856343680E+004	-4. 3071728212E+001		0. 740
2. 118	1. 547							
1417. 060	26. 235	732. 247	0. 328	6. 8019700010E+004	1. 5907766340E+004	-4. 8294351023E+001		0. 737
2. 047	1. 572							
1422. 373	26. 615	734. 030	0. 339	6. 7753023041E+004	1. 5953248923E+004	-5. 2021567473E+001		0. 733
1. 976	1. 598							
1427. 947	27. 040	735. 942	0. 347	6. 7452403723E+004	1. 5999484795E+004	-5. 6815532579E+001		0. 730
1. 918	1. 626							
1428. 620	27. 115	736. 196	0. 416	6. 7413917189E+004	1. 6004821146E+004	-5. 7259624790E+001		0. 729
1. 912	1. 629							
1433. 221	27. 828	738. 136	0. 444	6. 7147443111E+004	1. 6040038554E+004	-5. 9259303102E+001		0. 727
1. 862	1. 650							
1438. 795	28. 906	740. 715	0. 388	6. 6808066456E+004	1. 6073194903E+004	-6. 2614564083E+001		0. 723
1. 806	1. 675							
1444. 005	29. 108	742. 320	0. 308	6. 6473435714E+004	1. 6097895090E+004	-6. 6655313860E+001		0. 719
1. 755	1. 697							
1449. 579	29. 307	744. 034	0. 307	6. 6087440562E+004	1. 6114519785E+004	-7. 0449819332E+001		0. 715
1. 699	1. 719							
1454. 807	29. 494	745. 641	0. 308	6. 5713247063E+004	1. 6123393031E+004	-7. 2665106855E+001		0. 711
1. 639	1. 737							
1460. 381	29. 688	747. 364	0. 309	6. 5301739653E+004	1. 6124106707E+004	-7. 6790639720E+001		0. 706
1. 588	1. 751							
1464. 280	29. 824	748. 569	0. 309	6. 4994225097E+004	1. 6112733095E+004	-8. 0425927155E+001		0. 702
1. 557	1. 757							
1465. 600	29. 869	748. 976	0. 310	6. 4887363392E+004	1. 6104660868E+004	-8. 1087563813E+001		0. 701

1. 548	1. 759							
1471. 174	30. 058	750. 707	0. 310	6. 4432269987E+004	1. 6061067501E+004	-8. 2246040910E+001		0. 694
1. 514	1. 764							
1476. 428	30. 235	752. 338	0. 296	6. 3997158015E+004	1. 6011474288E+004	-8. 2983202808E+001		0. 688
1. 487	1. 766							
1482. 002	30. 249	753. 908	0. 281	6. 3533597043E+004	1. 5952263852E+004	-8. 3125751665E+001		0. 681
1. 463	1. 765							
1482. 130	30. 247	753. 942	0. 237	6. 3522964421E+004	1. 5950836635E+004	-8. 3227749244E+001		0. 681
1. 462	1. 765							
1483. 950	30. 166	754. 369	0. 230	6. 3368824191E+004	1. 5929392258E+004	-8. 4843701109E+001		0. 680
1. 455	1. 764							
1485. 240	30. 094	754. 658	0. 224	6. 3259237507E+004	1. 5912786929E+004	-8. 5167906181E+001		0. 679
1. 450	1. 763							
1486. 200	30. 041	754. 872	0. 224	6. 3177321297E+004	1. 5900352231E+004	-8. 5377114481E+001		0. 678
1. 446	1. 763							
1487. 256	29. 983	755. 109	0. 228	6. 3087131226E+004	1. 5886496471E+004	-8. 5884038152E+001		0. 677
1. 442	1. 762							
1492. 830	29. 702	756. 387	0. 233	6. 2595051509E+004	1. 5806894919E+004	-8. 6505377393E+001		0. 673
1. 420	1. 755							
1498. 133	29. 479	757. 647	0. 244	6. 2145210582E+004	1. 5734281824E+004	-8. 3430420647E+001		0. 669
1. 398	1. 747							
1500. 050	29. 447	758. 150	0. 267	6. 1986271844E+004	1. 5708590408E+004	-8. 3168057292E+001		0. 667
1. 390	1. 743							
1505. 624	29. 384	759. 648	0. 272	6. 1518854996E+004	1. 5629242575E+004	-8. 4804324859E+001		0. 663
1. 370	1. 729							
1508. 976	29. 373	760. 575	0. 284	6. 1232653811E+004	1. 5576948660E+004	-8. 6104253595E+001		0. 660
1. 357	1. 719							
1514. 550	29. 421	762. 185	0. 306	6. 0745944214E+004	1. 5484319288E+004	-8. 8508488434E+001		0. 655
1. 335	1. 702							
1519. 844	29. 658	763. 906	0. 326	6. 0271374873E+004	1. 5390924319E+004	-9. 1493316931E+001		0. 650
1. 311	1. 685							
1520. 590	29. 695	764. 152	0. 337	6. 0202963911E+004	1. 5377238718E+004	-9. 1994982151E+001		0. 650
1. 309	1. 683							
1526. 164	30. 017	766. 038	0. 344	5. 9680182031E+004	1. 5270243615E+004	-9. 5353972466E+001		0. 644
1. 291	1. 663							
1530. 645	30. 333	767. 612	0. 360	5. 9247293140E+004	1. 5179687029E+004	-9. 9088351211E+001		0. 640
1. 278	1. 646							
1536. 219	30. 809	769. 653	0. 331	5. 8677803593E+004	1. 5057608002E+004	-1. 0209302140E+002		0. 634
1. 261	1. 623							
1541. 522	30. 878	771. 212	0. 291	5. 8136774735E+004	1. 4940375477E+004	-1. 0286840253E+002		0. 628
1. 244	1. 602							
1547. 096	30. 918	772. 820	0. 289	5. 7558420889E+004	1. 4811585384E+004	-1. 0492932736E+002		0. 622
1. 229	1. 578							
1552. 290	30. 956	774. 319	0. 289	5. 7007727581E+004	1. 4687207197E+004	-1. 1108511994E+002		0. 616

1. 217	1. 555							
1552. 382	30. 957	774. 346	0. 285	5. 6997466561E+004	1. 4684866397E+004	-1. 1117980809E+002		0. 616
1. 217	1. 555							
1557. 956	30. 977	775. 936	0. 276	5. 6376201267E+004	1. 4542490550E+004	-1. 1324260593E+002		0. 609
1. 204	1. 531							
1563. 296	30. 899	777. 362	0. 263	5. 5762403041E+004	1. 4399687684E+004	-1. 1762349785E+002		0. 602
1. 194	1. 509							
1568. 870	30. 772	778. 807	0. 259	5. 5091229816E+004	1. 4238513375E+004	-1. 2283594366E+002		0. 594
1. 183	1. 486							
1569. 150	30. 765	778. 879	0. 260	5. 5056768834E+004	1. 4230183935E+004	-1. 2298832659E+002		0. 594
1. 183	1. 485							
1572. 870	30. 684	779. 847	0. 263	5. 4597740729E+004	1. 4118665039E+004	-1. 2251666331E+002		0. 589
1. 176	1. 469							
1574. 186	30. 669	780. 203	0. 264	5. 4436923807E+004	1. 4079446562E+004	-1. 2269595158E+002		0. 587
1. 173	1. 463							
1579. 760	30. 532	781. 664	0. 269	5. 3741467048E+004	1. 3908428172E+004	-1. 2743748291E+002		0. 580
1. 162	1. 439							
1584. 996	30. 474	783. 108	0. 289	5. 3061032661E+004	1. 3739190861E+004	-1. 3254137280E+002		0. 572
1. 150	1. 416							
1590. 570	30. 523	784. 783	0. 306	5. 2306845766E+004	1. 3549297030E+004	-1. 3281223138E+002		0. 564
1. 137	1. 392							
1595. 754	30. 625	786. 396	0. 317	5. 1630431599E+004	1. 3377466889E+004	-1. 2864935592E+002		0. 556
1. 125	1. 369							
1601. 328	30. 769	788. 193	0. 328	5. 0924398407E+004	1. 3196174903E+004	-1. 2831349221E+002		0. 549
1. 110	1. 344							
1606. 493	30. 959	789. 915	0. 333	5. 0253768297E+004	1. 3022120618E+004	-1. 3250063375E+002		0. 541
1. 096	1. 321							
1612. 067	31. 128	791. 764	0. 322	4. 9499211053E+004	1. 2824512066E+004	-1. 3657201744E+002		0. 533
1. 083	1. 296							
1617. 258	31. 175	793. 377	0. 307	4. 8784365921E+004	1. 2635747631E+004	-1. 3801419551E+002		0. 525
1. 072	1. 274							
1622. 832	31. 157	795. 066	0. 303	4. 8013140052E+004	1. 2430473042E+004	-1. 3958367111E+002		0. 517
1. 062	1. 250							
1628. 009	31. 139	796. 635	0. 304	4. 7284630239E+004	1. 2235134241E+004	-1. 4293065932E+002		0. 509
1. 052	1. 229							
1631. 900	31. 119	797. 826	0. 306	4. 6722066034E+004	1. 2083392733E+004	-1. 4504135268E+002		0. 503
1. 045	1. 214							
1637. 474	31. 089	799. 532	0. 306	4. 5910059435E+004	1. 1862839653E+004	-1. 4569460350E+002		0. 495
1. 036	1. 193							
1638. 790	31. 082	799. 934	0. 308	4. 5718258638E+004	1. 1810175644E+004	-1. 4696597411E+002		0. 493
1. 034	1. 187							
1644. 364	31. 042	801. 656	0. 307	4. 4869160931E+004	1. 1577104394E+004	-1. 5372354130E+002		0. 483
1. 025	1. 167							
1649. 648	30. 985	803. 270	0. 297	4. 4049982614E+004	1. 1351432223E+004	-1. 5906579056E+002		0. 475

1.016	1.149							
1655.222	30.805	804.879	0.289	4.3139695467E+004	1.1100925664E+004	-1.6499637946E+002	0.465	
1.007	1.131							
1660.619	30.631	806.437	0.296	4.2240422849E+004	1.0852731116E+004	-1.6697223442E+002	0.455	
0.999	1.115							
1663.240	30.597	807.253	0.311	4.1802292530E+004	1.0731112525E+004	-1.6713070547E+002	0.450	
0.995	1.107							
1668.814	30.525	808.989	0.311	4.0870842311E+004	1.0472293984E+004	-1.6779155802E+002	0.440	
0.988	1.091							
1671.509	30.488	809.826	0.314	4.0417761542E+004	1.0346080985E+004	-1.6852688140E+002	0.435	
0.984	1.083							
1677.083	30.419	811.585	0.318	3.9473735797E+004	1.0082061418E+004	-1.6663109097E+002	0.425	
0.977	1.067							
1682.323	30.385	813.269	0.332	3.8614017232E+004	9.8404091216E+003	-1.6132429777E+002	0.416	
0.970	1.053							
1687.897	30.442	815.172	0.342	3.7731033220E+004	9.5893661858E+003	-1.5889960743E+002	0.406	
0.963	1.038							
1693.119	30.503	816.964	0.332	3.6898938969E+004	9.3526529463E+003	-1.5933755696E+002	0.397	
0.956	1.024							
1698.692	30.435	818.761	0.321	3.6010908165E+004	9.0993853951E+003	-1.6039393764E+002	0.387	
0.950	1.011							
1703.896	30.358	820.427	0.321	3.5171090450E+004	8.8602511491E+003	-1.6404545480E+002	0.378	
0.945	0.999							
1708.720	30.280	821.982	0.322	3.4367864676E+004	8.6327717767E+003	-1.6725664344E+002	0.369	
0.941	0.989							
1714.294	30.191	823.778	0.322	3.3430735070E+004	8.3679331733E+003	-1.7281933028E+002	0.359	
0.937	0.980							
1714.771	30.183	823.932	0.324	3.3348123948E+004	8.3445991242E+003	-1.7286299726E+002	0.358	
0.937	0.979							
1720.345	30.085	825.740	0.324	3.2407906303E+004	8.0795543301E+003	-1.6947473379E+002	0.348	
0.933	0.971							
1725.744	29.991	827.491	0.325	3.1488718216E+004	7.8202238619E+003	-1.7404319933E+002	0.338	
0.929	0.963							
1731.318	29.885	829.311	0.326	3.0496749271E+004	7.5417632122E+003	-1.8478515611E+002	0.327	
0.923	0.957							
1736.892	29.780	831.130	0.326	2.9428781165E+004	7.2418869188E+003	-2.0482470906E+002	0.315	
0.917	0.951							
1736.961	29.778	831.153	0.306	2.9414508294E+004	7.2378980272E+003	-2.0504787740E+002	0.315	
0.917	0.951							
1742.535	29.538	832.855	0.295	2.8245717359E+004	6.9122345271E+003	-2.0905019517E+002	0.302	
0.910	0.947							
1748.109	29.184	834.445	0.285	2.7084070874E+004	6.5887220421E+003	-2.0474696198E+002	0.289	
0.902	0.944							
1748.511	29.156	834.558	0.287	2.7001877816E+004	6.5658753588E+003	-2.0446063134E+002	0.288	

0. 902	0. 944							
1754. 085	28. 670	836. 159	0. 295	2. 5863958418E+004	6. 2485854126E+003	-2. 0408704914E+002		0. 276
0. 893	0. 941							
1759. 209	28. 312	837. 719	0. 305	2. 4818502710E+004	5. 9545850989E+003	-2. 0424905503E+002		0. 264
0. 885	0. 940							
1759. 270	28. 307	837. 738	0. 321	2. 4806045684E+004	5. 9510721298E+003	-2. 0426382120E+002		0. 264
0. 885	0. 940							
1762. 980	28. 001	838. 928	0. 330	2. 4045491142E+004	5. 7367298540E+003	-2. 0560138354E+002		0. 256
0. 880	0. 939							
1768. 554	27. 630	840. 803	0. 335	2. 2894469848E+004	5. 4023188908E+003	-2. 1018330773E+002		0. 243
0. 871	0. 940							
1769. 660	27. 548	841. 167	0. 333	2. 2661221421E+004	5. 3333847782E+003	-2. 1002271301E+002		0. 240
0. 869	0. 940							
1775. 234	26. 990	843. 026	0. 342	2. 1515606862E+004	4. 9963304840E+003	-2. 0571046499E+002		0. 227
0. 861	0. 942							
1779. 828	26. 611	844. 640	0. 377	2. 0569830148E+004	4. 7205003236E+003	-2. 0746092078E+002		0. 217
0. 853	0. 945							
1785. 402	26. 243	846. 857	0. 426	1. 9402621784E+004	4. 3852199925E+003	-2. 1010466905E+002		0. 204
0. 845	0. 950							
1790. 414	26. 215	849. 154	0. 491	1. 8346463998E+004	4. 0862149262E+003	-2. 0943947127E+002		0. 192
0. 839	0. 955							
1795. 988	26. 357	852. 052	0. 513	1. 7187086860E+004	3. 7632397234E+003	-2. 1169518062E+002		0. 180
0. 834	0. 961							
1800. 647	26. 403	854. 402	0. 489	1. 6186349344E+004	3. 4913055912E+003	-2. 1942045456E+002		0. 169
0. 831	0. 967							
1806. 221	26. 135	857. 060	0. 464	1. 4932400836E+004	3. 1600588759E+003	-2. 2786059428E+002		0. 156
0. 830	0. 976							
1811. 199	25. 764	859. 303	0. 450	1. 3785134059E+004	2. 8649695674E+003	-2. 2491256254E+002		0. 144
0. 834	0. 984							
1811. 540	25. 726	859. 454	0. 425	1. 3708631617E+004	2. 8450762474E+003	-2. 2534695865E+002		0. 143
0. 834	0. 985							
1817. 114	25. 003	861. 817	0. 409	1. 2378452833E+004	2. 5107231284E+003	-2. 4330387708E+002		0. 129
0. 840	0. 995							
1822. 104	24. 197	863. 773	0. 377	1. 1143561600E+004	2. 2105974636E+003	-2. 4599748945E+002		0. 116
0. 847	1. 006							
1827. 678	22. 994	865. 797	0. 354	9. 7815983046E+003	1. 8903291808E+003	-2. 3670806995E+002		0. 102
0. 855	1. 017							
1833. 252	21. 692	867. 722	0. 344	8. 5048013564E+003	1. 5999948280E+003	-2. 0850376258E+002		0. 089
0. 864	1. 029							
1833. 938	21. 522	867. 950	0. 353	8. 3634935272E+003	1. 5681584260E+003	-2. 0469136000E+002		0. 087
0. 865	1. 030							
1839. 512	20. 177	869. 930	0. 352	7. 2805921089E+003	1. 3270081727E+003	-1. 8265626960E+002		0. 076
0. 875	1. 042							
1841. 790	19. 604	870. 715	0. 345	6. 8752397850E+003	1. 2386405832E+003	-1. 7181426440E+002		0. 072

0.880	1.048							
1842.370	19.460	870.918	0.359	6.7764866095E+003	1.2171162289E+003	-1.7275839313E+002		0.071
0.881	1.049							
1843.440	19.212	871.308	0.370	6.5867114719E+003	1.1761387307E+003	-1.7332464537E+002		0.069
0.883	1.052							
1845.058	18.851	871.912	0.369	6.3161615650E+003	1.1171984268E+003	-1.6973036397E+002		0.066
0.887	1.056							
1845.580	18.714	872.097	0.361	6.2271226189E+003	1.0980340477E+003	-1.7045415957E+002		0.065
0.888	1.057							
1851.154	17.299	874.113	0.375	5.2821103192E+003	9.0038328081E+002	-1.7210950256E+002		0.056
0.902	1.074							
1855.855	16.244	875.951	0.400	4.4629043557E+003	7.3609239941E+002	-1.6917796085E+002		0.048
0.916	1.092							
1861.428	14.978	878.226	0.455	3.5536073963E+003	5.5911944787E+002	-1.7232876080E+002		0.040
0.932	1.116							
1866.418	14.333	880.753	0.625	2.6527235359E+003	3.9854676924E+002	-2.0569813476E+002		0.040
0.956	1.150							
1871.992	14.760	884.833	0.646	1.3496471797E+003	1.9169855644E+002	-1.8444193709E+002		0.040
0.991	1.199							
1877.115	14.236	887.668	0.510	6.3707735504E+002	8.5499215116E+001	-1.1254228587E+002		0.040
1.005	1.219							
1882.689	13.057	890.288	0.450	1.7078896459E+002	2.1446813182E+001	-6.7538975164E+001		0.040
0.997	1.212							
1888.262	11.656	892.686	0.425	-1.1582964375E+002	-1.3504274120E+001	-3.3839762383E+001		0.040
0.951	1.158							
1888.896	11.467	892.928	0.429	-1.3599937003E+002	-1.5712669033E+001	-3.0192246327E+001		0.040
0.945	1.151							
1894.470	9.975	895.352	0.436	-2.2338870413E+002	-2.3494957204E+001	-4.7839419554E+000		0.040
0.829	1.014							
1897.143	9.271	896.526	0.436	-2.2221085699E+002	-2.2126331732E+001	1.5516965879E+001		0.040
0.824	1.007							

 LEGENDA SIMBOLI

$X(m)$: Ascissa sinistra concio
 $ht(m)$: Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
 $yt(m)$: coordinata Y linea di trust
 $yt'(-)$: gradiente pendenza locale linea di trust
 $E(x)(kN/m)$: Forza Normale interconci o
 $T(x)(kN/m)$: Forza Tangenziale interconci o
 $E'(kN)$: derivata Forza normale interconci o
 $Rho(x)(-)$: fattore mobilitazione resistenza al taglio verticale interconci o Zhu et al. (2003)
 $FS_FEM(x)(-)$: fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM

FS_SRM(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
1178.719	5.544	6.242	-27.339	-14.648	-91.424	250.013	1560.461
1184.263	5.574	6.275	-27.339	-44.842	-281.369	383.576	2406.841
1189.837	5.574	6.275	-27.339	-75.934	-476.465	392.259	2461.323
1195.411	1.467	1.651	-27.339	-95.571	-157.793	400.387	661.063
1196.878	5.574	6.275	-27.339	-116.025	-728.029	408.273	2561.808
1202.452	2.039	2.295	-27.339	-138.375	-317.578	409.142	939.001
1204.490	2.420	2.724	-27.339	-151.465	-412.599	410.841	1119.158
1206.910	5.574	6.275	-27.339	-174.933	-1097.660	418.858	2628.227
1212.484	1.616	1.819	-27.339	-196.042	-356.668	421.438	766.741
1214.100	2.770	3.118	-27.339	-208.951	-651.574	432.822	1349.673
1216.870	3.265	3.676	-27.339	-226.742	-833.463	437.446	1607.975
1220.135	5.574	6.195	-25.877	-242.268	-1500.860	441.288	2733.797
1225.709	5.574	6.195	-25.877	-272.482	-1688.038	450.786	2792.641
1231.283	5.574	6.195	-25.877	-302.696	-1875.215	457.131	2831.946
1236.857	2.037	2.264	-25.877	-323.325	-732.106	453.856	1027.669
1238.894	5.574	6.022	-22.232	-303.859	-1829.686	443.516	2670.634
1244.468	5.574	6.022	-22.232	-327.768	-1973.656	445.725	2683.936
1250.042	0.909	0.982	-22.232	-341.673	-335.596	440.281	432.451
1250.951	5.574	5.828	-16.989	-279.258	-1627.579	428.433	2497.004
1256.525	3.921	4.100	-16.989	-292.694	-1199.956	430.717	1765.808
1260.446	5.574	5.661	-10.052	-181.546	-1027.685	410.002	2320.920
1266.020	4.326	4.394	-10.052	-187.859	-825.369	408.935	1796.677
1270.346	5.574	5.590	-4.380	-77.459	-433.010	392.000	2191.354
1275.920	2.825	2.834	-4.380	-79.059	-224.019	390.897	1107.623
1278.745	0.585	0.585	1.525	47.876	28.025	376.262	220.253
1279.330	5.574	5.576	1.525	48.335	269.507	376.474	2099.161
1284.904	3.363	3.364	1.525	49.000	164.852	376.634	1267.120
1288.267	5.574	5.606	6.136	151.525	849.448	365.724	2050.247
1293.841	4.961	4.990	6.136	152.914	763.028	367.291	1832.755
1298.802	5.574	5.647	9.230	221.511	1250.871	362.746	2048.421
1304.376	5.574	5.647	9.230	222.578	1256.891	364.708	2059.500
1309.950	1.560	1.581	9.230	223.260	352.865	365.737	578.053
1311.510	0.846	0.857	9.230	223.490	191.538	366.308	313.937
1312.356	5.574	5.656	9.799	236.338	1336.819	367.077	2076.331
1317.930	5.574	5.656	9.799	237.257	1342.019	368.918	2086.744
1323.504	0.985	1.000	9.799	237.798	237.766	370.414	370.364

1324.489	5.574	5.668	10.466	252.663	1432.140	370.933	2102.514
1330.063	5.574	5.668	10.466	253.382	1436.213	372.528	2111.556
1335.637	0.143	0.146	10.466	253.750	37.010	373.383	54.459
1335.780	5.574	5.681	11.170	269.150	1529.174	373.368	2121.292
1341.354	5.272	5.373	11.170	269.611	1448.752	374.229	2010.917
1346.626	5.574	5.696	11.909	285.719	1627.590	375.049	2136.456
1352.200	2.960	3.026	11.909	285.857	864.874	375.570	1136.306
1355.160	2.171	2.219	11.909	285.940	634.437	375.828	833.880
1357.331	1.459	1.495	12.587	300.310	448.933	376.094	562.223
1358.790	5.574	5.711	12.587	300.233	1714.668	376.803	2151.967
1364.364	3.507	3.593	12.587	300.134	1078.481	377.207	1355.429
1367.871	5.574	5.727	13.264	314.027	1798.317	377.424	2161.373
1373.445	5.083	5.222	13.264	313.592	1637.653	377.897	1973.468
1378.528	5.574	5.742	13.917	326.447	1874.608	378.228	2171.953
1384.102	0.258	0.266	13.917	326.026	86.822	378.122	100.696
1384.360	1.100	1.133	13.917	325.947	369.386	378.325	428.744
1385.460	0.490	0.505	13.917	326.015	164.579	378.282	190.964
1385.950	3.368	3.470	13.917	327.024	1134.641	378.020	1311.576
1389.318	0.552	0.571	14.536	340.675	194.364	378.024	215.672
1389.870	5.574	5.758	14.536	342.260	1970.802	378.161	2177.527
1395.444	5.028	5.194	14.536	345.021	1791.975	378.122	1963.896
1400.471	5.574	5.762	14.667	350.450	2019.158	378.042	2178.131
1406.045	5.441	5.625	14.667	353.272	1987.008	377.115	2121.115
1411.487	5.574	5.765	14.800	358.851	2068.825	377.238	2174.831
1417.060	5.312	5.495	14.800	361.591	1986.824	377.437	2073.894
1422.373	5.574	5.769	14.934	367.143	2117.946	377.497	2177.672
1427.947	0.673	0.697	14.934	368.687	256.903	377.608	263.119
1428.620	4.601	4.762	14.934	369.990	1761.862	377.690	1798.528
1433.221	5.574	5.772	15.069	375.373	2166.790	378.190	2183.053
1438.795	5.210	5.395	15.069	377.986	2039.417	378.557	2042.499
1444.005	5.574	5.776	15.203	383.459	2214.862	379.085	2189.598
1449.579	5.228	5.418	15.203	386.025	2091.341	379.479	2055.878
1454.807	5.574	5.780	15.336	391.475	2262.593	379.960	2196.045
1460.381	3.899	4.043	15.336	393.679	1591.765	380.902	1540.103
1464.280	1.320	1.369	15.336	394.893	540.511	381.890	522.713
1465.600	5.574	5.783	15.468	399.394	2309.832	382.437	2211.763
1471.174	5.254	5.452	15.468	401.859	2190.855	382.940	2087.715
1476.428	5.574	5.787	15.600	407.233	2356.675	383.335	2218.374
1482.002	0.128	0.133	15.600	408.502	54.251	383.503	50.931
1482.130	1.820	1.890	15.600	408.661	772.208	383.699	725.039
1483.950	1.290	1.339	15.600	408.873	547.618	384.041	514.360
1485.240	0.960	0.997	15.600	409.016	407.672	384.066	382.805
1486.200	1.056	1.096	15.600	409.135	448.452	384.120	421.034
1487.256	5.574	5.788	15.618	409.911	2372.384	384.488	2225.249

1492.830	5.304	5.507	15.618	410.499	2260.712	384.302	2116.439
1498.133	1.917	1.990	15.637	411.305	818.572	384.217	764.663
1500.050	5.574	5.788	15.637	411.703	2382.974	384.478	2225.395
1505.624	3.352	3.481	15.637	412.178	1434.872	384.907	1339.938
1508.976	5.574	5.789	15.655	413.064	2391.068	385.234	2229.968
1514.550	5.294	5.498	15.655	413.632	2274.270	385.556	2119.895
1519.844	0.746	0.774	15.674	414.367	320.878	385.787	298.746
1520.590	5.574	5.789	15.674	414.692	2400.706	386.052	2234.906
1526.164	4.481	4.654	15.674	415.208	1932.311	386.371	1798.110
1530.645	5.574	5.790	15.692	416.141	2409.316	386.912	2240.092
1536.219	5.303	5.509	15.692	416.690	2295.360	386.977	2131.682
1541.522	5.574	5.790	15.711	417.654	2418.294	387.300	2242.540
1547.096	5.194	5.396	15.711	418.188	2256.519	387.565	2091.282
1552.290	0.092	0.096	15.711	418.450	40.120	388.013	37.202
1552.382	5.574	5.791	15.729	419.146	2427.156	388.079	2247.252
1557.956	5.340	5.547	15.729	419.677	2328.131	388.458	2154.944
1563.296	5.574	5.791	15.748	420.625	2435.938	389.155	2253.689
1568.870	0.280	0.291	15.748	420.904	122.566	389.409	113.395
1569.150	3.720	3.865	15.748	421.084	1627.519	389.491	1505.411
1572.870	1.316	1.367	15.748	421.308	576.041	389.435	532.463
1574.186	5.574	5.799	16.002	427.341	2477.958	389.854	2260.592
1579.760	5.236	5.448	16.002	427.684	2329.808	390.380	2126.597
1584.996	5.574	5.806	16.259	433.791	2518.632	391.099	2270.754
1590.570	5.184	5.400	16.259	433.990	2343.349	390.799	2110.136
1595.754	5.574	5.814	16.518	439.963	2557.865	390.746	2271.724
1601.328	5.165	5.387	16.518	440.014	2370.566	391.133	2107.223
1606.493	5.574	5.822	16.777	445.783	2595.194	391.875	2281.359
1612.067	5.192	5.423	16.777	445.682	2416.742	392.178	2126.616
1617.258	5.574	5.830	17.035	451.261	2630.688	392.503	2288.147
1622.832	5.177	5.415	17.035	451.004	2442.059	392.809	2126.953
1628.009	3.891	4.075	17.292	456.424	1859.834	393.416	1603.089
1631.900	5.574	5.838	17.292	456.056	2662.331	393.611	2297.792
1637.474	1.316	1.379	17.292	455.789	628.417	393.761	542.896
1638.790	5.574	5.846	17.546	461.011	2694.994	394.568	2306.580
1644.364	5.284	5.541	17.546	460.425	2551.441	394.880	2188.222
1649.648	5.574	5.854	17.794	465.166	2723.047	395.850	2317.277
1655.222	5.397	5.668	17.794	464.409	2632.322	396.219	2245.813
1660.619	2.621	2.756	17.971	467.648	1288.738	396.504	1092.678
1663.240	5.574	5.860	17.971	466.992	2736.464	396.517	2323.498
1668.814	2.695	2.833	17.971	466.330	1321.206	396.659	1123.814
1671.509	5.574	5.866	18.151	469.441	2753.618	396.994	2328.667
1677.083	5.240	5.515	18.151	468.452	2583.368	396.545	2186.820
1682.323	5.574	5.872	18.331	471.222	2766.934	396.297	2326.988
1687.897	5.222	5.501	18.331	470.110	2585.987	396.403	2180.540

1693. 119	5. 574	5. 878	18. 511	472. 724	2778. 668	396. 580	2331. 095
1698. 692	5. 203	5. 487	18. 511	471. 487	2587. 219	396. 770	2177. 218
1703. 896	4. 824	5. 093	18. 695	474. 103	2414. 534	397. 353	2023. 656
1708. 720	5. 574	5. 884	18. 695	472. 782	2782. 012	397. 485	2338. 940
1714. 294	0. 477	0. 503	18. 695	472. 013	237. 648	398. 005	200. 387
1714. 771	5. 574	5. 891	18. 876	474. 886	2797. 385	397. 642	2342. 372
1720. 345	5. 399	5. 706	18. 876	473. 358	2701. 061	397. 820	2270. 031
1725. 744	5. 574	5. 897	19. 053	475. 369	2803. 208	398. 683	2351. 002
1731. 318	5. 574	5. 897	19. 053	473. 680	2793. 253	400. 120	2359. 475
1736. 892	0. 070	0. 074	19. 053	472. 826	34. 830	401. 425	29. 570
1736. 961	5. 574	5. 903	19. 222	475. 311	2805. 746	402. 015	2373. 081
1742. 535	5. 574	5. 903	19. 222	473. 491	2795. 004	401. 869	2372. 223
1748. 109	0. 402	0. 426	19. 222	472. 516	201. 144	401. 416	170. 878
1748. 511	5. 574	5. 952	20. 526	496. 446	2954. 713	402. 656	2396. 496
1754. 085	5. 124	5. 471	20. 526	493. 668	2701. 089	402. 835	2204. 103
1759. 209	0. 061	0. 066	21. 953	518. 710	34. 109	404. 207	26. 579
1759. 270	3. 710	4. 000	21. 953	517. 290	2069. 185	404. 280	1617. 142
1762. 980	5. 574	6. 010	21. 953	513. 792	3087. 707	405. 214	2435. 191
1768. 554	1. 106	1. 192	21. 953	511. 276	609. 623	406. 196	484. 331
1769. 660	5. 574	6. 075	23. 444	533. 829	3243. 227	406. 752	2471. 185
1775. 234	4. 594	5. 008	23. 444	528. 632	2647. 252	406. 561	2035. 950
1779. 828	5. 574	6. 144	24. 884	545. 770	3353. 378	407. 830	2505. 827
1785. 402	5. 012	5. 525	24. 884	538. 863	2977. 095	407. 602	2251. 905
1790. 414	5. 574	6. 218	26. 309	552. 112	3433. 000	407. 903	2536. 315
1795. 988	4. 659	5. 198	26. 309	543. 892	2826. 989	408. 104	2121. 206
1800. 647	5. 574	6. 295	27. 701	553. 436	3484. 125	409. 646	2578. 901
1806. 221	4. 979	5. 623	27. 701	543. 299	3054. 980	409. 568	2303. 010
1811. 199	0. 341	0. 389	28. 970	553. 417	215. 527	409. 987	159. 669
1811. 540	5. 574	6. 371	28. 970	546. 835	3483. 930	410. 808	2617. 294
1817. 114	4. 990	5. 704	28. 970	535. 078	3051. 914	410. 891	2343. 587
1822. 104	5. 574	6. 441	30. 072	534. 404	3441. 996	410. 199	2642. 015
1827. 678	5. 574	6. 441	30. 072	520. 460	3352. 185	407. 377	2623. 835
1833. 252	0. 686	0. 793	30. 072	512. 630	406. 391	404. 390	320. 583
1833. 938	5. 574	6. 490	30. 815	511. 400	3319. 021	403. 070	2615. 952
1839. 512	2. 278	2. 653	30. 815	500. 822	1328. 689	400. 680	1063. 011
1841. 790	0. 580	0. 675	30. 815	496. 972	335. 623	399. 788	269. 992
1842. 370	1. 070	1. 246	30. 815	494. 372	615. 928	400. 421	498. 877
1843. 440	1. 618	1. 884	30. 815	489. 770	922. 648	399. 425	752. 454
1845. 058	0. 522	0. 613	31. 614	492. 875	302. 173	399. 860	245. 147
1845. 580	5. 574	6. 545	31. 614	481. 598	3152. 139	399. 186	2612. 738
1851. 154	4. 701	5. 520	31. 614	462. 573	2553. 320	398. 910	2201. 912
1855. 855	5. 574	6. 604	32. 434	448. 989	2965. 142	397. 420	2624. 578
1861. 428	4. 989	5. 912	32. 434	428. 190	2531. 290	397. 657	2350. 789
1866. 418	5. 574	6. 665	33. 248	411. 894	2745. 228	400. 623	2670. 108

1871.992	5.123	6.126	33.248	389.562	2386.367	391.520	2398.366
1877.115	5.574	6.745	34.278	371.784	2507.850	386.482	2606.992
1882.689	5.574	6.745	34.278	346.797	2339.296	383.537	2587.126
1888.262	0.633	0.767	34.278	332.883	255.181	381.967	292.808
1888.896	5.574	6.812	35.087	321.654	2191.004	380.796	2593.862
1894.470	2.673	3.267	35.087	302.151	987.018	379.708	1240.368
1897.143	5.050	6.172	35.087	283.887	1752.059	377.502	2329.820

LEGENDA SIMBOLI

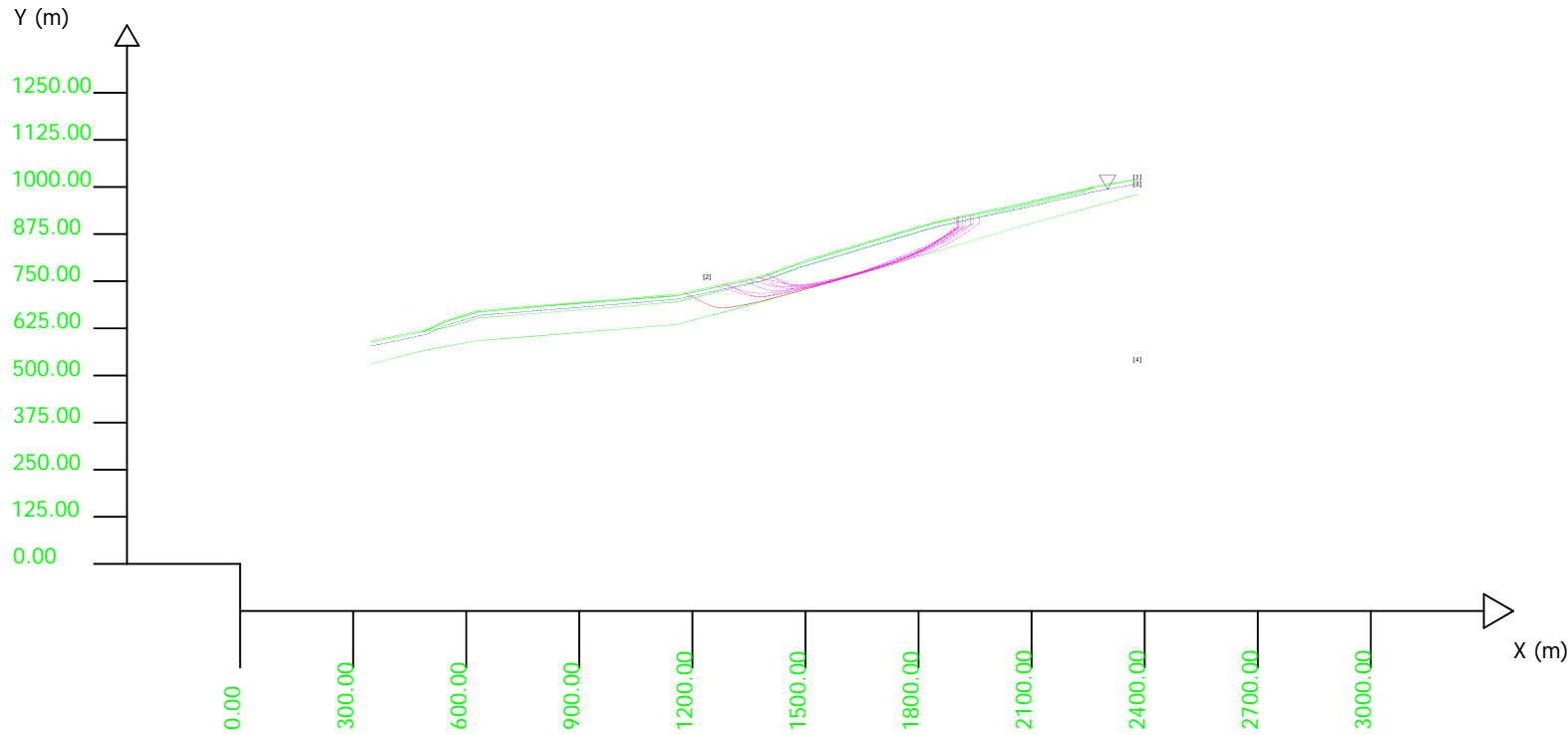
X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
dl (m) : lunghezza base concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio
TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

SSAP 4.9.6 (2018) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Data : 1/6/2018
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

# Parametri Geotecnici degli strati #										
N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D	
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	
1	0	0	250.00	18.00	19.00	0	0	0	0	
2	0	0	145.00	18.00	19.00	0	0	0	0	
3	0	0	380.00	19.00	20.00	0	0	0	0	
4	40.00	0	0	20.00	21.00	0	0	0	0	

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)



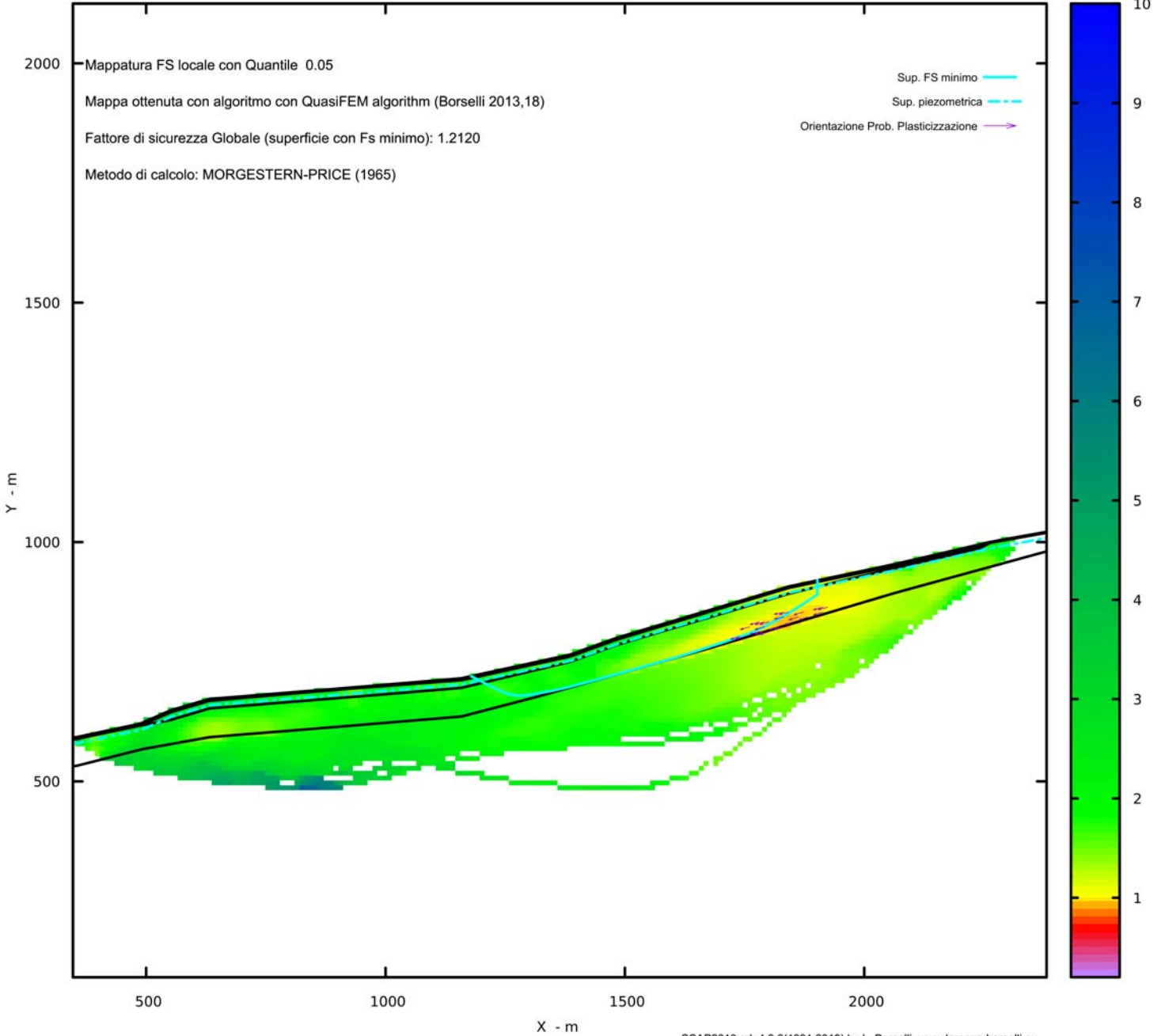
DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.2120
 Range Fs : 1.2120 - 1.2801
 Differenza % Range Fs : 5.32
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0120

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
 Lunghezza media segmenti (m) : 81.4
 Range X inizio generazione : 346.9 - 2177.5
 Range X termine generazione : 550.3 - 2340.3
 Livello Y minimo considerato : 90.7

MAPPA FS LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)



MAPPA OSR(Over stress ratio) LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)

