

COMUNE DI MONTEFALCONE APPENNINO

(Provincia di Fermo)

REGIONE MARCHE

Programma di interventi di difesa del suolo - DGR n°549/2017

CONSOLIDAMENTO DELLA RUPE DEL CAPOLUOGO E PROTEZIONE STRUTTURE SOTTOSTANTI

PROGETTO DEFINITIVO

PROFESSIONISTA:

ALBERTO CONTI

Geologo



COMMITTENTE:

Amministrazione Comunale

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA GEOSTRUTTURALE

Elab.:

A

DATA

Marzo 2018

Indice

1- <i>PREMESSA</i>	<i>pag. 2</i>
2 – <i>PROGRAMMA DI INDAGINE</i>	<i>pag. 3</i>
3 – <i>LINEAMENTI GEOLOGICI</i>	<i>pag. 5</i>
4 – <i>CARATTERI GEOMORFOLOGICI E DESCRIZIONE DEI DISSESTI</i>	<i>pag. 8</i>
5 - <i>ANALISI GEOSTRUTTURALE E CARATTERIZZAZIONE</i> <i>GEOMECCANICA</i>	<i>pag. 9</i>
6 - <i>INDAGINE SISMICA A RIFLESSIONE IN ONDE P (ind. geofisiche)</i>	<i>pag. 12</i>
7 – <i>CRITERI DI INTERVENTO ALLA LUCE DELLE ANALISI EFFETTUATE</i> .	<i>pag. 14</i>
8 – <i>CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA</i> <i>INTERESSATA DALL'INTERVENTO</i>	<i>pag. 15</i>
9 – <i>MONITORAGGIO STRUMENTALE</i>	<i>pag. 28</i>

La presente relazione è composta da n° 29 pagine e dai seguenti allegati:

Allegati nel testo:

- Inquadramento topografico
- Planimetria indagini
- Certificati delle prove di laboratorio
- Tabelle elaborazione Rilievo Geomeccanico
- Grafici monitoraggi

Allegati fuori testo:

Tav. A.1	- Carta geologica e geomorfologica	scala 1:1000
Tav. A.2	- Sezioni geolitologiche	scala 1:500
Tav. A.3	- Carta geostrutturale	scala 1:500

COMUNE DI MONTEFALCONE APPENNINO (FM)

Regione Marche

Programma di interventi di difesa del suolo – DGR n° 549/2017

CONSOLIDAMENTO DELLA RUPE DEL CAPOLUOGO E PROTEZIONE DELLE
STRUTTURE SOTTOSTANTI

Committente: Amministrazione Comunale

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica, geotecnica e geostrutturale

1) – PREMESSA

La zona interessata dall'indagine è situata nella porzione centro-orientale del territorio comunale di Montefalcone Appennino e ricade nel Foglio 133 della Carta d'Italia Tav. IV N.O. elaborata dall'IGM. L'area interessata dai lavori di consolidamento e di messa in sicurezza riguarda un tratto di rupe posta a sud-ovest del centro abitato, lungo la fascia territoriale a monte della strada provinciale n° 433. Il costone roccioso, sopra il quale si erge il centro abitato, è soggetto a frequenti fenomeni di dissesto che, talvolta, possono essere estremamente pericolosi per le infrastrutture e gli insediamenti abitativi posti nelle vicinanze. Frequentemente, lungo la rupe, si verificano distacchi di porzioni di roccia, di dimensioni generalmente pari a 1-2 m³, che precipitano sui terreni sottostanti sfiorando le infrastrutture esistenti (fabbricati isolati e strada provinciale). Nelle cartografie allegate al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) la zona in oggetto ricade all'interno del perimetro dell'area di versante in dissesto a pericolosità molto alta (AVD_P4) identificata con il codice F-25-0322 (R4-P4).

2) – PROGRAMMA DI INDAGINE

Nel corso degli ultimi anni sono stati svolti diversi studi geologico-tecnici a supporto degli interventi di consolidamento della rupe di Montefalcone Appennino. Gli studi hanno riguardato, principalmente, rilievi di superficie circa lo stato di conservazione della parte arenaceo-calcarenitica, indagini geognostiche sull'area di sedime delle barriere paramassi e analisi geostrutturali mediante rilievi di alcune sezioni in affioramento. Durante l'intervento del 2010 sono stati installati quattro fessurimetri lungo la porzione alta di alcune fratture beanti. Si tratta di "manicotti" installati a cavallo di alcune fessure poste lungo la rupe in grado di assorbire anche minimi spostamenti delle masse a contatto. Le letture vengono effettuate periodicamente attraverso una centralina raccolta dati collegata ai fessurimetri attraverso dei cavi elettrici.



Figura 1 – Fessurimetro

Con il presente intervento si è ritenuto proseguire sulla scia di quanto effettuato negli studi per l'ultimo intervento (2014). In effetti sul piano delle indagini nel 2013, si fece uno "scatto" in avanti al fine di poter integrare le conoscenze fino ad allora acquisite proponendo un approccio finalizzato a verificare lo stato di conservazione della roccia soprattutto nelle zone non affioranti lungo la fascia interessata dal centro abitato e prossima al ciglio della scarpata.

Venne svolta una indagine sismica a riflessione in onde P al fine di accertare il grado di rigidezza (presenza ed estensione del grado di fratturazione) dell'ammasso roccioso sotto l'edificio. In quella occasione per la presenza di sottoservizi, non fu possibile intervenire con tale metodologia di indagine sul fronte strada davanti al Municipio.

In questa occasione invece, lo studio è stato finalizzato principalmente ad implementare tale tipo di attività investigativa estendendola a tutto il corso principale parallelamente al ciglio della scarpata e al fronte più esposto della linea edificata. Inoltre un'altra linea di indagine è stata effettuata in direzione normale alla linea di scarpata per investigare quanto più in profondità il corpo abitato. Lungo una sezione dalle congrue dimensioni è stata rimossa sia la pavimentazione, sia il massetto in cls. al fine di ottenere una ottimale risoluzione delle acquisizioni sismiche.



Figura 2 – Linee di indagine sismica a riflessione (Sx -MFA4P – Dx – MFA5P)

- Rilievo di ulteriori 3 sezioni per integrare il quadro geostrutturale fino ad ora acquisito

Le indagini sopra riportate sono state effettuate dalla ditta Servizi Sismici di Sassoferrato.

Inoltre con il presente studio è stata predisposta la continuazione del monitoraggio dei presidi di controllo già installati (piastre inclinometriche) lungo le pareti dei fabbricati prospicienti la rupe in grado di accertare, nel tempo, eventuali minimi spostamenti delle strutture e dei fessurimetri posti a controllo delle fessure lungo al rupe.

La ditta incaricata di tali lavori è la GESTECNO s.a.s. di Castelraimondo

- E' stato approfondito e aggiornato il quadro conoscitivo delle caratteristiche sismiche del capoluogo anche sulla base delle recenti indagini di MZS 3.

3) – LINEAMENTI GEOLOGICI

Il costone roccioso oggetto di studio è costituito dalle unità litologiche di base del ciclo sedimentario Plio-pleistocenico che poggia, con contatto trasgressivo e discordante, sui sottostanti depositi torbiditici della Formazione della Laga. I rilievi effettuati hanno permesso di distinguere le seguenti associazioni litologiche, presenti nell'area in oggetto, partendo dai termini più antichi.

a) Formazione della Laga

- Associazione pelitica

E' costituita da argille siltose e argille marnose grigio-azzurre omogenee o finemente laminate cui si intercalano sottilissimi livelli sabbioso-siltosi. All'interno di tale associazione si rinvencono rari livelli arenaceo-pelitici. Lo spessore è pari a diverse decine di ml.

b) Ciclo Plio-pleistocenico

-Associazione arenaceo-calcarenitica

Rappresenta la base della trasgressione mediopliocenica e poggia con netta discordanza angolare sulle varie associazioni della Formazione della Laga (*nell'area in esame quella pelitica*) piegate ed intensamente erose. Tale associazione, **che rappresenta i terreni affioranti nella rupe e quindi nella zona oggetto di intervento**, è costituita dai seguenti litotipi che si alternano in maniera variabile

b.1.- **Arenarie giallastre** a granulometria medio-fine e fine, ben cementate. Contengono inclusi pelitici e gusci di Lamellibranchi a volte isorientati secondo la superficie di stratificazione. Si rinvencono ciottoli eterometrici, eterogenei e ben arrotondati. Tale litotipo prevale nella parte medio-bassa dell'associazione e si presenta in strati medio-spessi fino a banchi di 4-5,00 ml

b.2. **Calcareniti** grigie a grana fine e medio-fine in strati medi e sottili di spessore pari a 0,2-0,3 ml.

b.3. **Arenarie siltose grigie** poco cementate e a granulometria media e fine. Contengono abbondanti gusci di Lamellibranchi disposti caoticamente. Sono presenti in strati con spessore massimo fino a 2,00 ml. Tale litotipo si rinviene prevalentemente nella porzione medio-alta.

b.4. **Argille siltose** grigie contenenti sottili livelli sabbioso-siltosi in strati medi e sottili di spessore 0,1-0,2 ml. Si riscontra nella porzione mediana dell'associazione.

b.5. **Conglomerati**. Intercalati ai vari litotipi si rinvencono livelli di conglomerati costituiti da ciottoli da varia natura e dimensione, ben arrotondati, in strati da medio a spessi. In molti casi i clasti prevalgono sulla matrice. I livelli di conglomerati presentano spesso un buon grado di cementazione.

La parte inferiore e media di tale associazione è caratterizzata da un rapporto sabbia-argilla molto maggiore di 1 e in alcuni casi, come in prossimità del centro storico di Montefalcone, esso è infinito.

Lo spessore complessivo dell'associazione arenaceo-calcarenitica, nell'area presa in esame è pari a circa 120 ml.

Sotto il profilo tettonico-strutturale si evidenziano due fasce con caratteristiche notevolmente differenti. L'area ad ovest della rupe di Montefalcone, dove affiorano i sedimenti terrigeni della Formazione della Laga, caratterizzata da uno stile plicativo legato all'intensa fase tettonica compressiva del Pliocene inferiore-medio. La zona caratterizzata dai sedimenti del ciclo Plio-pleistocenico (inclusa la scarpata strutturale di Montefalcone) definita da una struttura monoclinale con pendenze intorno ai 18°-20° ed immersione verso Est-NordEst. Durante il Quaternario tali sedimenti sono stati interessati da una tettonica distensiva che ha originato l'attuale morfostruttura a blocchi.

4) – CARATTERI GEOMORFOLOGICI E DESCRIZIONE DEI DISSESTI

L'area in oggetto si distingue per un elemento morfologico molto forte rappresentato dalla scarpata strutturale sulla cui sommità sorge il centro storico di Montefalcone Appennino. I terreni posti ad ovest sono caratterizzati da versanti relativamente dolci ed evidentemente ondulati per effetto della presenza di argille marnose con sottilissimi livelli sabbiosi. A luoghi si rinvencono tipiche forme di intensa erosione superficiale (calanchi) mentre parte dei versanti sono interessati da dissesti gravitativi del tipo a colata e/o rototraslazionale.

Ai piedi della imponente rupe (altezza pari a circa 120 m), dove affiorano i litotipi dell'associazione arenaceo-calcarenitica, si rinvencono abbondanti depositi detritici costituiti da blocchi, anche di grandi dimensioni, dei litotipi arenaceo-calcarenitici provenienti dal distacco di porzione del costone roccioso. Nel corso degli ultimi anni si sono distaccati diverse porzioni di arenaria-calcarenitica della scarpata e sono rotolate a valle in prossimità di fabbricati isolati e delle principali infrastrutture. I rilievi condotti lungo la parete rocciosa, in questa fase di indagine, hanno evidenziato diversi punti critici con pezzi di roccia in equilibrio precario (Tav. 3.a. - Carta geologico-geomorfologica). Dall'analisi preliminare di superficie è emerso che gran parte della parete è interessata da evidenti macro-fratture disposte in direzione antiappenninica accompagnate da "sorelle" di minori dimensioni con spuntoni e picchi di roccia in aggetto legati al vario grado di cementazione dei vari litotipi. Le analisi ed i rilevamenti geostrutturali effettuati hanno permesso di identificare, per ognuna delle stazioni, le principali famiglie di discontinuità le cui caratteristiche sono riassunte nelle tabelle e diagrammi allegati.

5) ANALISI GEOSTRUTTURALE E CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

Le analisi di carattere geomeccanico, necessarie per caratterizzare l'ammasso roccioso preso in esame, sono state raccolte mediante la predisposizione di n.3 nuove stazioni di misura effettuate (oltre alle 6 già eseguite) sulla parete rocciosa.

5.1 Stazioni di misura.

Gli stendimenti effettuati presso l'affioramento roccioso sono stati eseguiti:

(Stazioni eseguite in passato – 2009)

1. in prossimità della base della parete rocciosa nel tratto compreso tra la Chiesa di S.Pietro in Penne ed il municipio (STAZIONE 1/2009);
2. in corrispondenza della parete rocciosa affiorante nel tratto sottostante il giardino del locale museo dei fossili (STAZIONE 2/2009);

(Stazioni eseguite in passato – 2013)

1. alla base della parete rocciosa in direzione del municipio (STAZIONE 1/2013);
2. in prossimità della base della parete rocciosa sotto il fabbricato dell'Opera Pia - (STAZIONE 2/2013);
3. sulla parete rocciosa a nord del castello (STAZIONE 3/2013);
- 4-5. lungo l'affioramento sulla strada provinciale sul fronte del Castello (STAZIONE 4/2013);

Nuove stazioni 2018

- 6-alla base della parete rocciosa in direzione del municipio (STAZIONE 10/2018);
- 7-in prossimità della base della parete rocciosa sotto il fabbricato dell'Opera Pia - (STAZIONE 11/2018);
- 8-sulla parete rocciosa a nord del castello (STAZIONE 12/2018);

Lungo le *scan line* predisposte, di lunghezza pari a circa 10 metri salvo la 4-5/2013 lunga 20 ml, sono state raccolte, tenendo conto delle raccomandazioni emanate dall'ISRM, le misurazioni necessarie per una descrizione quantitativa delle discontinuità osservate e per una classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso, quali:

1. orientazione;
2. spaziatura;
3. persistenza;
4. rugosità;
5. resistenza delle pareti (mediante il martello di Shimdt);
6. apertura;
7. riempimento;
8. eventuale presenza d'acqua o umidità.

Tutti i dati ottenuti sono stati raccolti in apposite tabelle e diagrammi. Per le stazioni di misura è stata effettuata la determinazione quantitativa dell'indice RMR_{base} di Beniauskis, che ha consentito una prima classificazione dell'ammasso roccioso, e dell'indice di SMR di Romana. Nella tabella che segue sono stati riassunti i valori di RMR e SMR calcolati e la descrizione della classe di appartenenza.

		STAZIONE 1/2013	STAZIONE 2/2013	STAZIONE 3/2013	STAZIONE 4-5/2013	STAZIONE 1/2009	STAZIONE 2/2009
Beniauskis	RMR_{base}	67,02	66,16	64,82	60,55	63,8	71,1
	$RMR_{corretto}$	52,02	51,16	49,82	45,55	38,8	46,1
	CLASSE	III	III	III	III	II	III
	DESCRIZIONE	Mediocre	Mediocre	Mediocre	Mediocre	Scadente	Mediocre
Romana	SMR	39,52	38,66	37,32	33,05	36,3	43,6
	CLASSE	IV	IV	IV	IV	IV	III
	DESCRIZIONE	Scadente	Scadente	Scadente	Scadente	Scadente	Mediocre

		STAZIONE 10/2018	STAZIONE 11/2018	STAZIONE 12/2018
Beniawsky	RMR _{base}	65,41	71,05	74,14
	RMR _{corretto}	50,41	56,05	59,14
	CLASSE	III	III	III
	DESCRIZIONE	Mediocre	Mediocre	Mediocre
Romana	SMR	39,52	51,05	53,02
	CLASSE	IV	III	III
	DESCRIZIONE	Scadente	Mediocre	Mediocre

Per una descrizione più dettagliata si rimanda alle tabelle di calcolo allegate alla presente relazione.

Dai valori di RMR_{base} ricavati, utilizzando le espressioni proposte da Beniawsky sono stati ottenuti i parametri dell'ammasso roccioso.

	STAZIONE 1/2009	STAZIONE 2/2009	STAZIONE 1/2013	STAZIONE 2/2013	STAZIONE 3/2013	STAZIONE 4-5/2013
coesione (Kpa)	318,9	355,59	335,12	330,79	324,12	302,74
angolo di attrito (°)	36,9	40,56	38,51	38,08	37,41	35,27
modulo di deformazione E (GPa)	27,57	42,24	34,05	32,32	29,65	21,1

	STAZIONE 10/2018	STAZIONE 11/2018	STAZIONE 12/2018
coesione (Kpa)	327,31	355,25	370,72
angolo di attrito (°)	37,7	40,52	42,07
modulo di deformazione E (GPa)	30,92	41,10	48,29

I dati riguardanti l'orientamento delle discontinuità sono stati raccolti nelle proiezioni equiareali polari, la cui analisi ha consentito il riconoscimento delle famiglie precedentemente descritte. Inoltre per ogni stazione è stato

applicato il test di Markland mediante il quale sono stati individuati i possibili cinematismi di rottura.

5.2 Prove di laboratorio su campioni di arenaria

Presso il Laboratorio Geomeccanico del Dr. Ugo Sergio Orazi di Mombaroccio (PU), a suo tempo, sono state effettuate delle prove di laboratorio su un campione di arenaria prelevato lungo la parete oggetto di studio. Le prove hanno evidenziato i seguenti parametri geotecnici (certificati delle prove allegati) :

Peso di volume	2,62 t/mc
Indice point load (Is ₅₀)	3,18 MPa
Resistenza a compressione semplice (UCS)	71,70 Mpa

5.3 Ispezioni in parete

Le tre calate a suo tempo effettuate e posizionate in punti, ad oggi molto significativi, permisero di evidenziare alcune porzioni di roccia in stato di precario equilibrio.

6)– INDAGINE SISMICA A RIFLESSIONE IN ONDE P

(All. A.4 - Indagine sismica a riflessione – Soc. Servizi Sismici)

Allo scopo di implementare le indagini e quindi le conoscenze sullo stato di fatturazione dell'ammasso arenaceo sulla cui sommità sorge il Centro Storico di Montefalcone Appennino state effettuate indagini sismiche a riflessione su altre 2 linee sismiche denominate MFA4P e MFA5P. La 4P è stata posizionata lungo il corso principale parallelamente al ciglio della scarpata e al fronte più esposto della linea edificata. La 5P è stata effettuata in direzione normale alla linea di scarpata per investigare quanto più in profondità il corpo abitato. In questa fase, una volta accertata la compatibilità dell'indagine con le tipologie dei sottoservizi presenti, è stato necessario rimuovere sia una parte della pavimentazione, sia il massetto in cls. al fine di ottenere una ottimale risoluzione delle acquisizioni sismiche.

Nella relazione specifica, redatta dalla Soc. Servizi Sismici (Elab. A.4. Indagine sismica a riflessione - relazione), vengono riportate le seguenti conclusioni :

2.1.1 Risultati della prospezione sismica a riflessione

Il risultato finale della prospezione (Tavole 7, 8) mostra dall'alto verso il basso la variazione altimetrica (s.l.m.) dell'indagine, la sezione stack migrata finale in tempi doppi (millisecondi) e la variazione con la progressiva della copertura (Fold) della prospezione. L'indagine sismica, oltre ad una generale immersione appenninica dell'ammasso roccioso, ha confermato i risultati già ottenuti nella precedente campagna geofisica del 2013 evidenziando in tutte le due aree indagate, la presenza di numerose fratture entro i primi 30 – 40 metri di profondità; alcune fratture invece, partendo dagli strati più superficiali, si addentrando nell'ammasso roccioso fino a profondità notevoli che superano i 60 – 70 metri dal piano campagna. In entrambe le sezioni stack finale (TAVV. 7 e 8) le discontinuità hanno generalmente una giacitura subverticale e tutte interessano gli strati più superficiali almeno entro i 10 metri di profondità dal piano campagna. Nella MFA4P va segnalata senza dubbio una frattura molto superficiale in corrispondenza della progressiva 14.2 metri. Meno compromessa è la situazione mostrata dalla sezione stack finale relativa alla linea MFA5P (TAV. 8) dove la fratturazione, seppur superficiale, presenta un andamento generalmente contrario all'andamento del versante. A questo punto sarebbe opportuno sovrapporre una sezione geologico-stratigrafica sulla sezione sismica in modo tale da valutare se tali fratture hanno o meno la stessa giacitura degli strati dell'ammasso roccioso.

Le indagini sismiche a riflessione, effettuate in periodi diversi, consegnano un quadro sufficientemente esaustivo del contesto strutturale dell'area indagata. Le fratture evidenti lungo la rupe e rilevate appartengono a famiglie aventi andamento principalmente antiappenninico e subordinatamente appenninico in linea con la direzione dell'orlo della scarpata. Inoltre vista l'intensità della presenza di queste macrofratture (direzione appenninica) crescente in prossimità della scarpata strutturale (rupe) potrebbe indicare che le stesse fessurazioni risentano anche di un fattore gravitativo con evoluzione ad una progressiva formazione di "conci" in prossimità della rupe. Inoltre le ulteriori indagini hanno confermato, come ipotizzato negli studi precedenti, che le discontinuità rilevate sono presenti non solo lungo la parete della scarpata strutturale ma sono estese, con intensità diversa, anche sotto i fabbricati del centro storico.

7)– CRITERI DI INTERVENTO ALLA LUCE DELLE ANALISI EFFETTUATE

Nel corso degli anni sono stati presentati diversi progetti di consolidamento e di messa in sicurezza di alcuni tratti della rupe (estremità nord-ovest e sud-est) in virtù dei quali sono stati posizionati tratti di barriere paramassi e reti di rafforzamento corticale.

Alla luce degli studi effettuati è possibile evidenziare le seguenti linee di intervento:

b) chiodature nella parte alta della rupe. I risultati delle indagini sismiche hanno confermato, in accordo con le indagini del 2013, la presenza in prossimità della rupe di un evidente quadro fessurativo: mentre nella precedente indagine lo stato di macrofratturazione era stato definito fino ad una profondità di 30-40 ml, con l'indagine attuale è stato verificato fino alla profondità di circa ml 50-60 (legato alla lunghezza delle sezioni effettuate) dalla sommità. Si ritiene necessario proseguire il lavoro di chiodatura di alcune porzioni di rupe poste a ridosso del centro abitato in particolare dove i fabbricati sono adiacenti al ciglio. E' indispensabile che la testa di tali chiodature siano adeguatamente legate tra loro da funi in acciaio opportunamente caricate al fine di ottenere un effetto di gruppo. Dalle sezioni stak finale allegate alle indagini sismiche a riflessione, ai fini del dimensionamento delle chiodature, si può estrapolare un blocco roccioso critico di profondità media pari a 6,00-7,00 ml e altezza pari circa 15-20,00 ml.

c) disgaggio di corpi rocciosi . I rilievi hanno evidenziato diversi punti, lungo la parete rocciosa, con blocchi in stato di equilibrio precario. Gli stessi, di dimensioni medie vanno rimossi mediante operazioni di disgaggio meccanico, senza l'ausilio di esplosivi e agenti chimici.

d) lavori di impermeabilizzazione in prossimità del ciglio della rupe. Si ritiene opportuno procedere ad un'opportuna regimazione delle acque superficiali, anche con lavori di impermeabilizzazione nelle zone prossime al ciglio della rupe. Le acque possono permeare all'interno dell'ammasso roccioso attraverso le discontinuità e/o le fratture di decompressione poste, come sopra evidenziato, nella parte più superficiale della formazione litoide. La presenza dell'acqua nelle discontinuità rappresenta uno dei più comuni fattori scatenanti il fenomeno di isolamento e conseguente crollo dei blocchi rocciosi: l'acqua

esercita una pressione all'interno delle discontinuità ed agevola l'azione ciclica del gelo e disgelo.

8 – CARATERIZZAZIONE LITOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA INTERESSATA DAGLI INTERVENTI

Le varie campagne di indagine effettuate nell'area, unitamente agli studi di MZS 3, hanno consentito la definizione delle caratteristiche stratigrafiche e dei principali parametri fisico-meccanici dei terreni interessati dagli interventi.

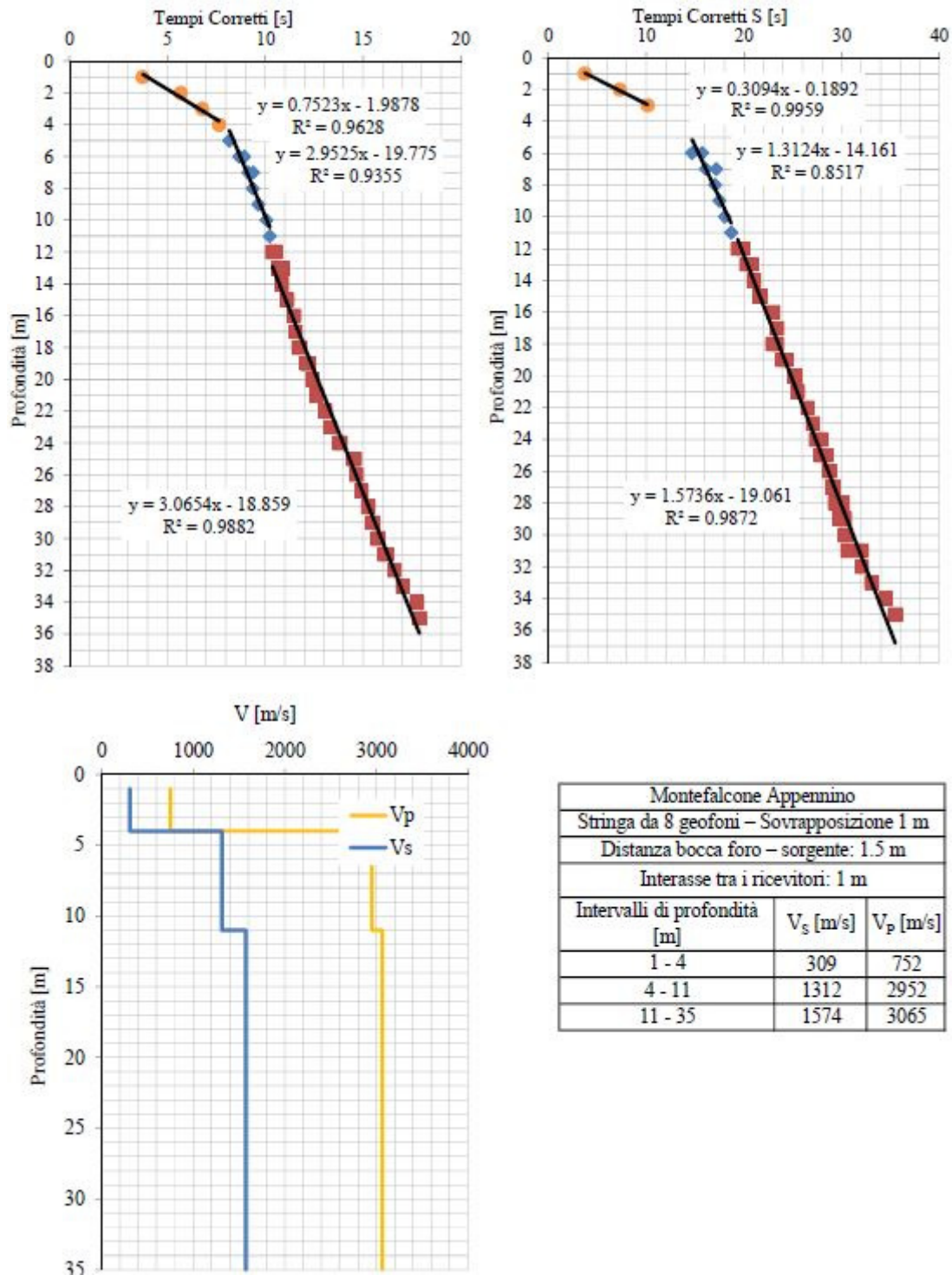
L'intervento principale, consistente in interventi di chiodatura di porzioni della rupe in prossimità del centro abitato, interessa la parte alta della formazione arenaceo-calcarenitica del Pliocene. Il sondaggio effettuato nel centro abitato per l'esecuzione dell'indagine Down-Hole ha evidenziato la presenza di arenarie cementate con intercalati orizzonti conglomeratici decimetrici. Durante la perforazione, spinta fino alla profondità di 35 ml p.c. sono state osservate linee di fratturazione sub-verticali con calcite ricristallizzata.

Gli unici riferimenti per una caratterizzazione meccanica delle arenarie sono rappresentati dai risultati delle prove di laboratorio su un campione di arenaria prelevato lungo la parete oggetto di studio. Le prove hanno evidenziato i seguenti parametri geotecnici (certificati delle prove allegati) :

Peso di volume	2,62 t/mc
Indice point load (Is_{50})	3,18 MPa
Resistenza a compressione semplice (UCS)	71,70 Mpa

Categoria di sottosuolo

Loc. Centro Storico- – (Rif. Down Hole MZS livello 3) - Vs30>800 m/s - Categoria di sottosuolo: **A**



Coefficiente di amplificazione topografica

Il coefficiente di amplificazione topografica è stato determinato tenendo conto delle indicazioni contenute nel D.M. del 14.01.2008 (punto 3.2.1. – Tab. 3.2.IV e Tab. 3.2.VI). Essendo l'area di intervento in oggetto posta quasi in cresta ad una dorsale con un versante avente inclinazione $> 30^\circ$ si ricava una Categoria Topografica T4 (Tab. 3.2.IV). A tale categoria corrisponde un Coefficiente di amplificazione topografica ST pari a 1,4 (Tab. 3.2.VI).

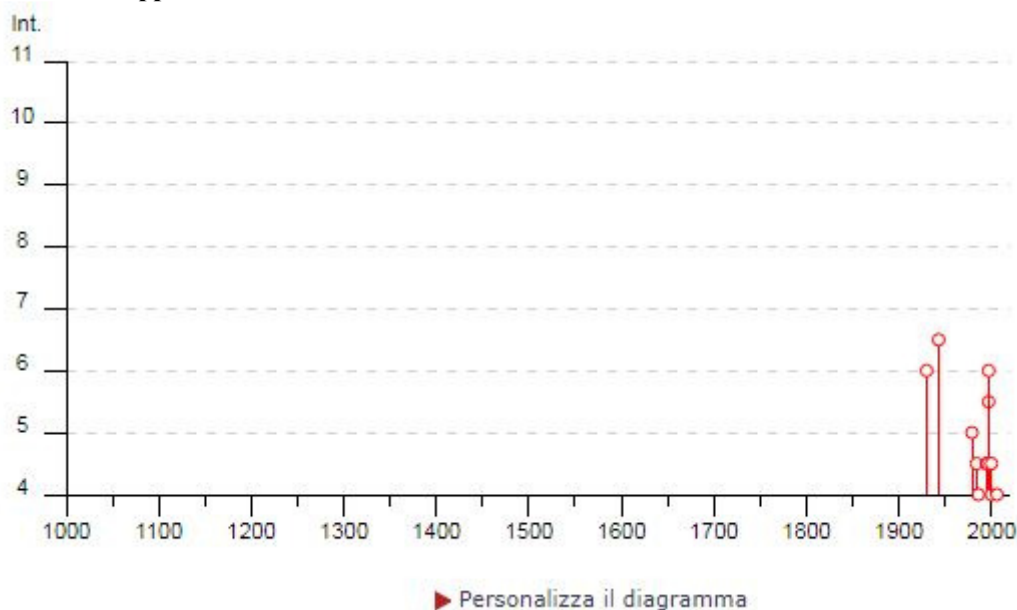
Sismicità storica dell'area di studio

Dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 Database Macrosismico Italiano 2015 dell'INGV (consultabile al seguente link: <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>), che fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014, è stato possibile individuare la seguente storia sismica del comune di Montefalcone Appennino (aggiornata all'anno 2006):

PlaceID	IT_52555
Coordinate (lat, lon)	42.987, 13.460
Comune (ISTAT 2015)	Montefalcone Appennino
Provincia	Fermo
Regione Marche	
Numero di eventi riportati	27

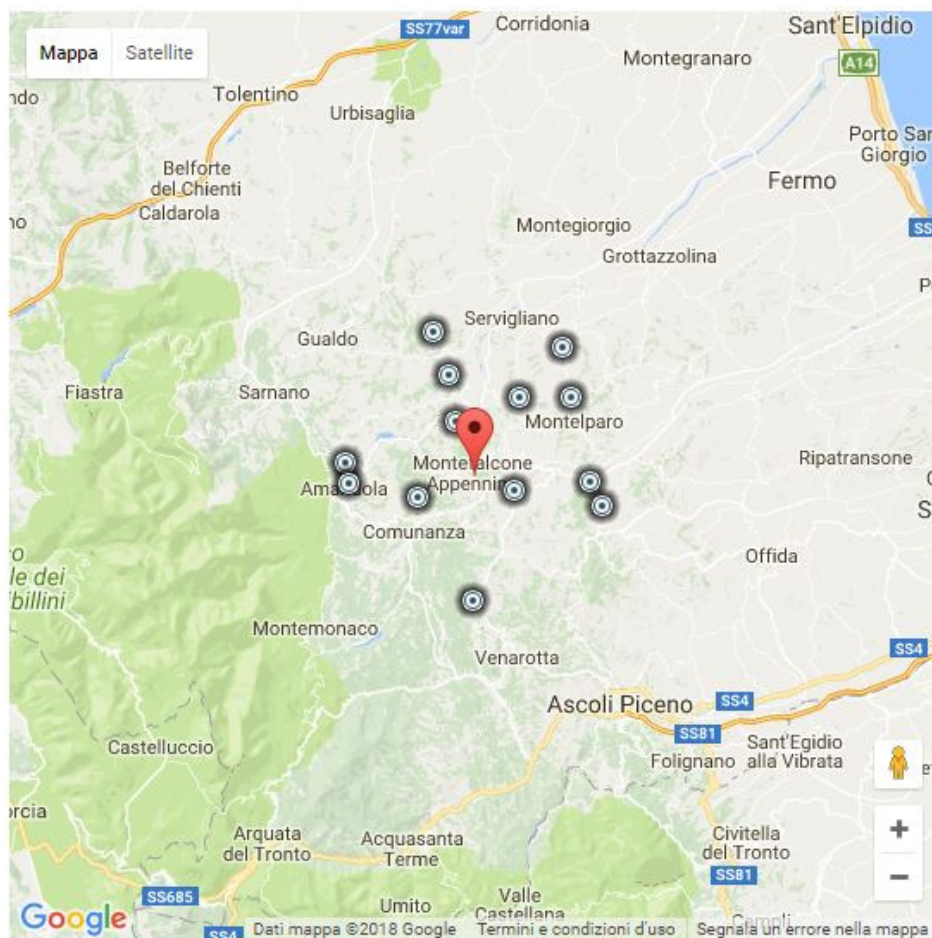
Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1910	06	29	13	52		Valnerina	58	7	4.93
6	1930	08	04	15	02	2	Marche meridionali	24	5-6	4.44
6-7	1943	10	03	08	28	2	Ascolano	170	8	5.67
NF	1958	06	24	06	07		Aquilano	222	7	5.04
F	1959	01	01	23	58	1	Teramano	46	5	4.33
5	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9	5.83
4-5	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
4	1986	10	13	05	10	0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
3	1991	11	12	21	45	5	Ascolano	19	5-6	3.54
NF	1993	06	05	19	16	1	Valle del Topino	326	6	4.72
4-5	1995	12	30	15	22	0	Fermano	106	5	4.19
4-5	1996	01	01	12	21	4	Maceratese	91	5-6	4.20
4-5	1996	01	22	18	37	4	Fermano	76	5	3.96
4-5	1996	01	22	23	14	0	Maceratese	45	5	3.66
4-5	1996	10	20	19	06	5	Appennino laziale-abruzzese	100	5	4.36
5-6	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
6	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
3-4	1998	03	21	16	45	0	Appennino umbro-marchigiano	141		5.00
3	1999	11	29	03	20	3	Monti della Laga	62	5-6	4.15
4	2000	09	02	05	17	0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40
4-5	2000	10	24	07	52	2	Monti Sibillini	65	5	4.11
3-4	2003	05	25	17	15	1	Ascolano	88	4-5	3.81
2	2004	12	09	02	44	2	Teramano	213	5	4.09
2	2005	04	12	00	31	5	Maceratese	131	4	3.74
NF	2005	12	15	13	28	3	Val Nerina	350	5	4.14
4	2006	04	10	19	03	3	Maceratese	211	5	4.06
3	2006	10	21	07	04	1	Anconetano	287	5	4.21

Montefalcone Appennino



Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Smerillo	14	2
Force	37	4
Santa Vittoria in Matenano	41	5
Comunanza	33	5
Monte San Martino	23	5
Montelparo	22	7
Rovetino	1	8
Penna San Giovanni	29	8
Amandola	67	8
Ciaraglia	1	9
Monteleone di Fermo	7	9
Rotella	23	9
Palmiano	15	10



Sismicità recente dell'area di studio

Dal database ISIDE (Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-BasE - <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>) sono stati ricercati gli ultimi eventi sismici con magnitudo superiore a 4.0 avvenuti dal 2006 ad oggi entro un intorno di 50 km dal Comune Montefalcone Appennino.

In particolare nel suddetto periodo si sono verificati n.64 eventi con una magnitudo $M < 5$, n.4 eventi con $5 < M < 6$ e n.1 eventi con $M > 6$, di seguito ubicati ed elencati.

#EventID	Time	Latitude	Longitude	Depth/Km	Author	MagType	Magnitude	EventLocationName
2107499	20/09/2009 03:50	43399	13418	378	BULLETIN-SISPICK	Mw	4,5	2 km SW Montefano (MC)
2145419	10/01/2010 08:33	43119	13445	169	BULLETIN-SISPICK	ML	4	3 km W Falerone (FM)
2146189	12/01/2010 08:25	43119	13451	171	BULLETIN-SISPICK	Mw	4,1	2 km NW Falerone (FM)
2146659	12/01/2010 13:35	43135	13433	181	BULLETIN-SISPICK	Mw	4,1	3 km W Montappone (FM)

1589621	05/12/2012 01:18	429153	136617	175	BULLETIN-INGV	ML	4	2 km N Appignano del Tronto (AP)
7073641	24/08/2016 01:36	426983	132335	81	BULLETIN-INGV	Mw	6	1 km W Accumoli (RI)
7073711	24/08/2016 01:37	427123	132533	90	BULLETIN-INGV	ML	4,5	2 km N Accumoli (RI)
7074171	24/08/2016 01:56	426008	132763	77	BULLETIN-INGV	Mw	4,3	3 km SW Amatrice (RI)
7076161	24/08/2016 02:33	427922	131507	80	BULLETIN-INGV	Mw	5,3	5 km E Norcia (PG)
7079501	24/08/2016 03:40	426143	132437	107	BULLETIN-INGV	Mw	4,1	4 km W Amatrice (RI)
7081331	24/08/2016 04:06	42771	131238	62	BULLETIN-INGV	Mw	4,4	3 km SE Norcia (PG)
7105011	24/08/2016 11:50	428197	131602	98	BULLETIN-INGV	Mw	4,5	6 km E Norcia (PG)
7122651	24/08/2016 17:46	426587	132147	103	BULLETIN-INGV	Mw	4,2	5 km SW Accumoli (RI)
7141891	24/08/2016 23:22	426535	132098	118	BULLETIN-INGV	Mw	4	6 km NE Cittareale (RI)
7154631	25/08/2016 03:17	427452	131927	90	BULLETIN-INGV	Mw	4,3	7 km NW Accumoli (RI)
7182461	25/08/2016 12:36	426003	132823	75	BULLETIN-INGV	Mw	4,8	3 km S Amatrice (RI)
7224451	26/08/2016 04:28	426048	132915	87	BULLETIN-INGV	Mw	4,8	3 km S Amatrice (RI)
7265151	27/08/2016 02:50	428428	132377	78	BULLETIN-INGV	Mw	4	8 km W Montegallo (AP)
7343701	28/08/2016 15:55	428232	132323	87	BULLETIN-INGV	Mw	4,2	8 km NW Arquata del Tronto (AP)
7606481	03/09/2016 01:34	427698	131323	89	BULLETIN-INGV	Mw	4,2	4 km SE Norcia (PG)
7624821	03/09/2016 10:18	428607	132173	83	BULLETIN-INGV	Mw	4,3	6 km SE Castelsantangelo sul Nera (MC)
8538851	16/10/2016 09:32	427477	131757	92	BULLETIN-INGV	Mw	4	8 km NW Accumoli (RI)
8663031	26/10/2016 17:10	428802	131275	87	BULLETIN-INGV	Mw	5,4	3 km SW Castelsantangelo sul Nera (MC)
8669281	26/10/2016 19:16	428792	131567	84	SURVEY-INGV	ML	4,3	2 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)
8669321	26/10/2016 19:18	429087	131288	75	BULLETIN-INGV	Mw	5,9	3 km NW Castelsantangelo sul Nera (MC)
8676191	26/10/2016 21:42	428625	131205	99	BULLETIN-INGV	Mw	4,5	5 km SW Castelsantangelo sul Nera (MC)
8692821	27/10/2016 03:19	428427	131427	92	BULLETIN-INGV	Mw	4	6 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)
8694191	27/10/2016 03:50	429842	131203	87	BULLETIN-INGV	Mw	4,1	5 km NW Ussita (MC)
8706291	27/10/2016 08:21	42873	130965	94	BULLETIN-INGV	Mw	4,3	5 km E Preci (PG)
8728691	27/10/2016 17:22	428388	130992	90	BULLETIN-INGV	Mw	4,2	5 km N Norcia (PG)
8831921	29/10/2016 16:24	428113	130947	109	BULLETIN-INGV	Mw	4,1	2 km N Norcia (PG)
8863681	30/10/2016 06:40	428322	131107	92	BULLETIN-INGV	Mw	6,5	5 km NE Norcia (PG)
8863791	30/10/2016 06:41	42772	131358	93	BULLETIN-INGV	ML	4,3	4 km SE Norcia (PG)
8863851	30/10/2016 06:43	427668	131383	97	BULLETIN-INGV	ML	4	5 km SE Norcia (PG)
8863891	30/10/2016 06:44	428548	130853	83	BULLETIN-INGV	ML	4,4	5 km SE Preci (PG)
8864271	30/10/2016 06:55	427508	132307	109	BULLETIN-INGV	ML	4,1	6 km W Arquata del Tronto (AP)
8864261	30/10/2016 06:56	427993	131077	105	BULLETIN-INGV	ML	4,2	1 km NE Norcia (PG)
8864691	30/10/2016 07:01	427768	132228	94	BULLETIN-INGV	ML	4	6 km W Arquata del Tronto (AP)
8864881	30/10/2016 07:05	427963	131607	91	BULLETIN-INGV	ML	4,1	5 km E Norcia (PG)
8864921	30/10/2016 07:06	428743	130568	99	BULLETIN-INGV	ML	4,1	2 km E Preci (PG)
8864991	30/10/2016 07:07	42715	131882	102	BULLETIN-INGV	ML	4,2	5 km W Accumoli (RI)
8865061	30/10/2016 07:08	427127	13142	99	BULLETIN-INGV	ML	4,2	9 km W Accumoli (RI)
8865281	30/10/2016 07:13	426933	132255	106	BULLETIN-INGV	ML	4,2	2 km W Accumoli (RI)
8866521	30/10/2016 07:34	429273	131328	95	BULLETIN-INGV	ML	4	2 km S Ussita (MC)
8866681	30/10/2016 07:38	426822	131567	107	BULLETIN-INGV	ML	4	7 km N Cittareale (RI)
8870011	30/10/2016 08:35	428367	130788	103	BULLETIN-INGV	Mw	4,3	5 km N Norcia (PG)
8879831	30/10/2016 11:21	430623	130662	77	BULLETIN-INGV	Mw	4	2 km W Pievebovigliana (MC)
8881771	30/10/2016 11:58	428448	130565	98	BULLETIN-INGV	Mw	4	4 km SE Preci (PG)
8882341	30/10/2016 12:07	428418	130757	97	BULLETIN-INGV	Mw	4,5	5 km SE Preci (PG)

8887571	30/10/2016 13:34	428063	131658	96	BULLETIN-INGV	Mw	4,1	6 km E Norcia (PG)
8904671	30/10/2016 18:21	427823	131503	85	BULLETIN-INGV	Mw	4	5 km E Norcia (PG)
8936321	31/10/2016 03:27	427612	130858	106	BULLETIN-INGV	Mw	4	4 km S Norcia (PG)
8949131	31/10/2016 07:05	428388	131263	95	BULLETIN-INGV	Mw	4	6 km NE Norcia (PG)
9033461	01/11/2016 07:56	429902	131345	83	BULLETIN-INGV	Mw	4,8	5 km N Ussita (MC)
9068331	01/11/2016 18:03	428003	131567	94	BULLETIN-INGV	ML	4	5 km E Norcia (PG)
9166761	03/11/2016 00:35	430277	130493	81	BULLETIN-INGV	Mw	4,7	2 km S Pieve Torina (MC)
9759131	12/11/2016 14:43	427187	132057	98	BULLETIN-INGV	Mw	4,1	4 km NW Accumoli (RI)
9869761	14/11/2016 01:33	428587	131562	109	BULLETIN-INGV	ML	4,1	4 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)
1,1E+07	11/12/2016 12:54	429048	131175	85	BULLETIN-INGV	ML	4,3	3 km W Castelsantangelo sul Nera (MC)
1,3E+07	18/01/2017 10:24	425808	13311	87	BULLETIN-INGV	ML	4	5 km W Campotosto (AQ)
1,3E+07	18/01/2017 11:07	426197	132557	107	BULLETIN-INGV	Mw	4,1	3 km W Amatrice (RI)
1,3E+07	18/01/2017 15:16	425998	132878	90	BULLETIN-INGV	Mw	4,3	3 km S Amatrice (RI)
1,3E+07	18/01/2017 19:32	425808	132327	109	BULLETIN-INGV	Mw	4,2	6 km N Montereale (AQ)
1,3E+07	03/02/2017 03:47	429932	130203	71	BULLETIN-INGV	Mw	4	1 km E Monte Cavallo (MC)
1,3E+07	03/02/2017 04:10	42992	130173	71	BULLETIN-INGV	Mw	4,2	1 km E Monte Cavallo (MC)
1,5E+07	27/04/2017 21:16	429572	130458	79	BULLETIN-INGV	Mw	4	5 km NW Visso (MC)
1,5E+07	27/04/2017 21:19	42952	130467	79	BULLETIN-INGV	Mw	4	4 km NW Visso (MC)
1,6E+07	22/07/2017 02:13	42567	133255	133	BULLETIN-INGV	Mw	4	4 km W Campotosto (AQ)
1,8E+07	03/12/2017 23:34	426242	133252	76	BULLETIN-INGV	Mw	4	3 km E Amatrice (RI)

L'evento sismico del 30 ottobre 2016 è stato quello maggiormente avvertito a Montefalcone Appennino a seguito del quale il territorio Comunale è stato inserito nell'elenco dei Comuni del Cratere sismico.

Le richieste di sopralluogo sono state 230; a seguito dei sopralluoghi sono risultati non utilizzabili 94 edifici; in generale, gli edifici delle frazioni Faveto e Cesa hanno riportato i danni più rilevanti.

- Pericolosità sismica di base

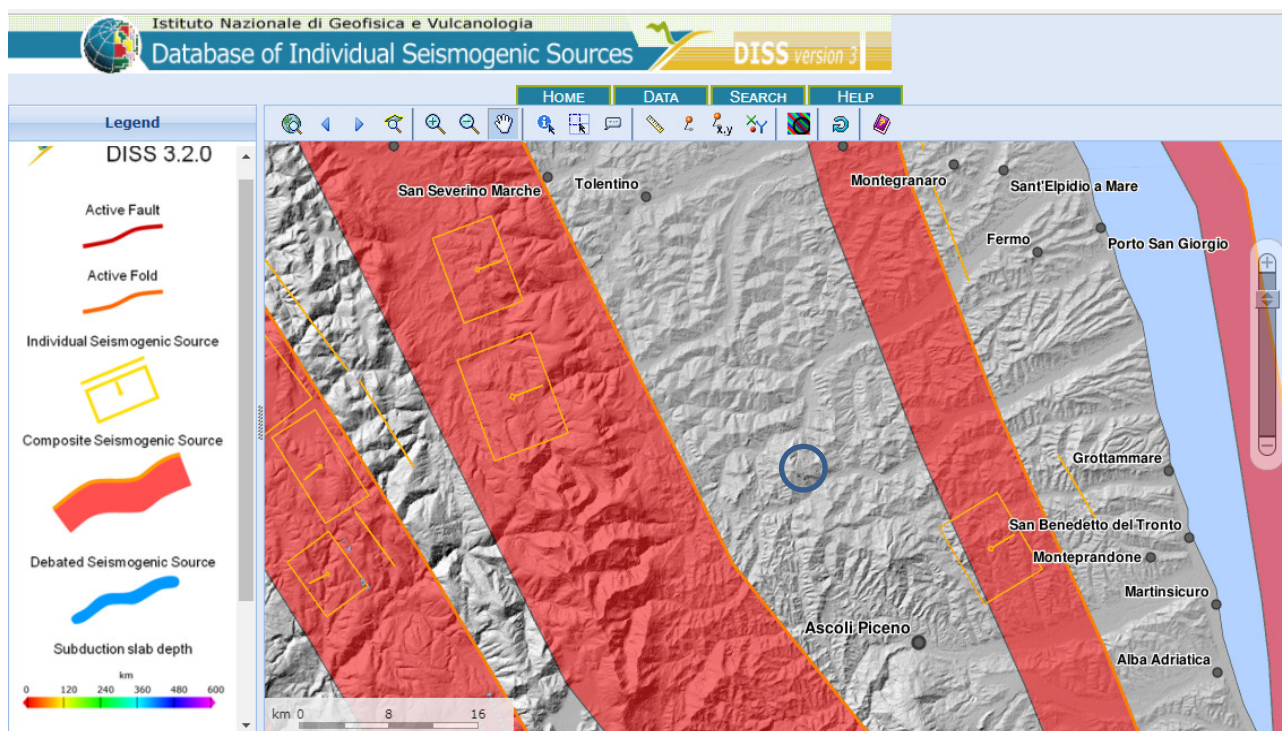
Nel corso degli anni la normativa italiana di riferimento ha subito continui aggiornamenti che ad oggi, a partire dal 2003 in base all'OPCM n.3274 del 20/03/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale delle Marche n.1046 del 29.07.2003, ha prodotto una classificazione dei singoli territori in base al concetto della stima della "Pericolosità Sismica" secondo dati e metodi aggiornati, condivisi e utilizzati a livello internazionale. In base a tale approccio il territorio comunale di Montefalcone Appennino è stato classificato

nella Zona Sismica 2: "Zona con pericolosità sismica media, dove possono verificarsi forti terremoti".

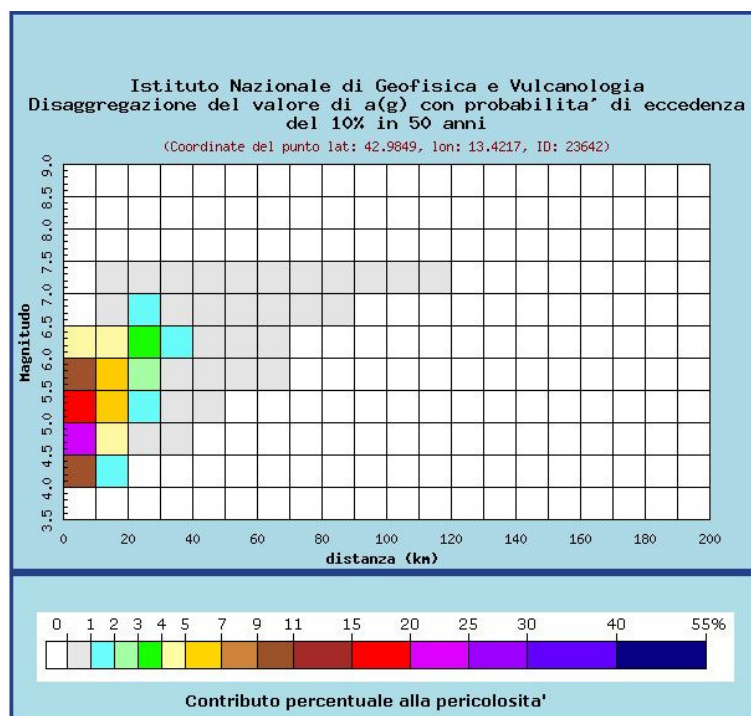
I criteri stabiliti nell'OPCM n.3519/2006 hanno suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido o pianeggiante (a_g), che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni, ovvero tempo di ritorno $T_r=475$ anni. Per il Comune di Montefalcone Appennino il valore $A(g)$ è compreso fra 0,175g e 0,20 g (Zona sismica 2).

Consultando il portale ITACA (release 2.2), gestito dall'INGV, non sono presenti nel territorio del Comune di Montefalcone Appennino registrazioni accelerometriche.

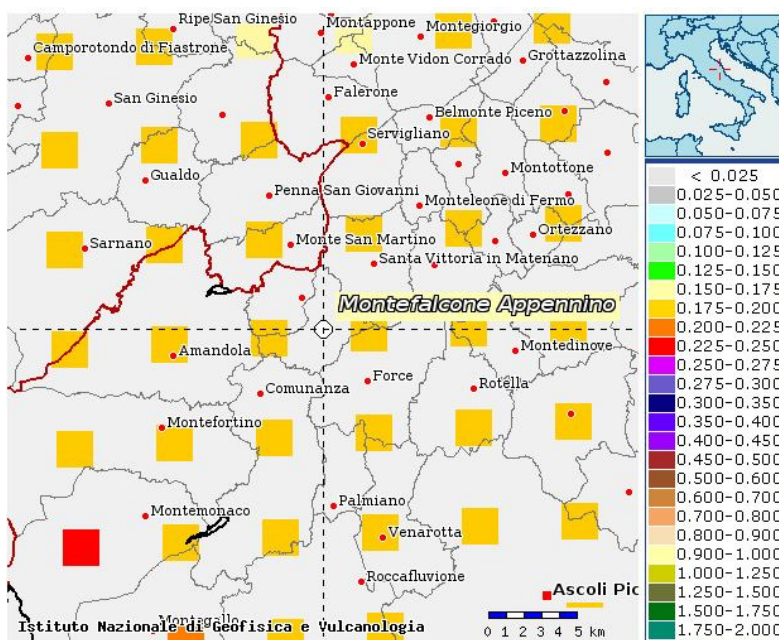
Dal database delle faglie sismogenetiche DISS version 3 (Basili et. Al, 2008) redatto dall'INGV il territorio comunale di Montefalcone Appennino non risulta incluso ne nelle aree di interesse delle risorse sismogenetiche composite ne in quelle di faglie singole.



Mappa delle faglie sismogenetiche individuate dall'INGV nel progetto DISS versione 3



- Carta disaggregazione per il comune di Montefalcone Appennino



- Accelerazioni massime su suolo rigido per il comune di Montefalcone Appennino

-Determinazione parametri sismici dell'area

La definizione dei parametri sismici dei siti in esame avviene utilizzando i dati provenienti da quattro siti di riferimento (nodi della rete INGV) mediante alcuni processi di interpolazione. Le coordinate geografiche utilizzate per il posizionamento del sito all'interno della griglia elaborata dalla INGV sono state ricavate direttamente dalla mappa geografica presente sul sito e sono:

Coordinate geografiche (WGS84)	
Latitudine ϕ	Longitudine λ
42,98783	13,459242

Le principali caratteristiche delle opere da realizzare sono:

1	Tipo di costruzione (1 – 2 – 3)	2
2	Vita Nominale V_N (≤ 10 - ≥ 50 - ≥ 100)	50 anni
3	Classi d'uso in presenza di azioni sismiche (I – II – III – IV)	II
4	Coefficiente d'uso C_u (0.7 – 1.0 – 1.5 – 2.0)	1
5	Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N * C_u$	50 anni
6	Categoria sottosuolo	A
7	Categoria topografica	T4 [$\beta > 30^\circ$]

Le elaborazioni effettuate hanno fornito i seguenti parametri sismici:

STATO LIMITE	T_R	a_g (g)	F_0	T^*_c	S_s	C_c	S_T	a_{max}
SLO	30	0.057	2.485	0.278	1.00	1.000	1.4	0.788
SLD	50	0.072	2.461	0.292	1.00	1.000	1.4	0,989
SLV	475	0.176	2.464	0.343	1.00	1.000	1.4	2.441
SLC	975	0.230	2,504	0.348	1.00	1.000	1.4	3.156
	[anni]	[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[m/s²]

STATO LIMITE	T_R	a_g (g)	a_{max}	β_s	K_h	K_v
SLO	30	0.057	0.788	0.200	0.016	0.008
SLD	50	0.072	0,989	0.200	0.020	0.010
SLV	475	0.176	2.441	0.27	0.067	0.034
SLC	975	0.230	3.156	0.30	0.097	0.048
	[anni]	[g]	[m/s ²]	[-]	[-]	[-]

9 – MONITORAGGIO STRUMENTALE

Nel corso degli interventi di consolidamento della rupe, realizzati negli ultimi anni, sono stati eseguiti interventi di monitoraggio finalizzati principalmente al controllo della verticalità e staticità degli edifici posti lungo il ciglio della rupe in oggetto. Inoltre sono state effettuate misure dei fessurimetri installati su alcune fratture pseudoverticali e beanti, poste lungo la rupe, nel Novembre 2011.

CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE INSTALLATA E PROGRAMMA DI CONTROLLO EFFETTUATO

In data 7 Marzo 2014 sono state installate n° 8 basi inclinometriche da muro sul fronte dei fabbricati prospicienti la rupe. Tali elementi, in acciaio inox, installati sulle pareti esterne permettono di misurare, con inclinometro removibile, eventuali variazioni della verticalità degli edifici e, quindi, prevenire possibile conseguenze legate alle dinamiche geostrutturali della rupe.

Nel Novembre 2010, nell'ambito del precedente programma di intervento di consolidamento della rupe di Montefalcone, sono stati installati n° 4 fessurimetri posti a cavallo di evidenti fessure beanti subverticali che definiscono corpi arenacei di importanti dimensioni.

Nella allegata planimetria indagini sono riportati i punti di controllo e monitoraggio relativi alla strumentazione installata.

RISULTATI DEL PROGRAMMA DI MONITORAGGIO AD OGGI EFFETTUATO

Basi inclinometriche

Le basi inclinometriche, come già detto, sono state installate sui muri esterni di gran parte dei fabbricati posti a ridosso del ciglio della rupe oggetto di intervento. I controlli non hanno evidenziato significative distorsioni angolari delle strutture né indicazioni di inclinazione.

La base inclinometrica n° 7 ha mostrato, durante il periodo di controllo, modestissime indicazioni di inclinazione in direzione monte (NW) rispetto alla

rupe. Pur non rappresentando, ad oggi, un elemento preoccupante appare necessario dare continuità ai controlli in modo da accertare eventuali evoluzioni indicative di reali movimenti della parete rocciosa.



Figura 3 – Base inclinometrica

Fessurimetri

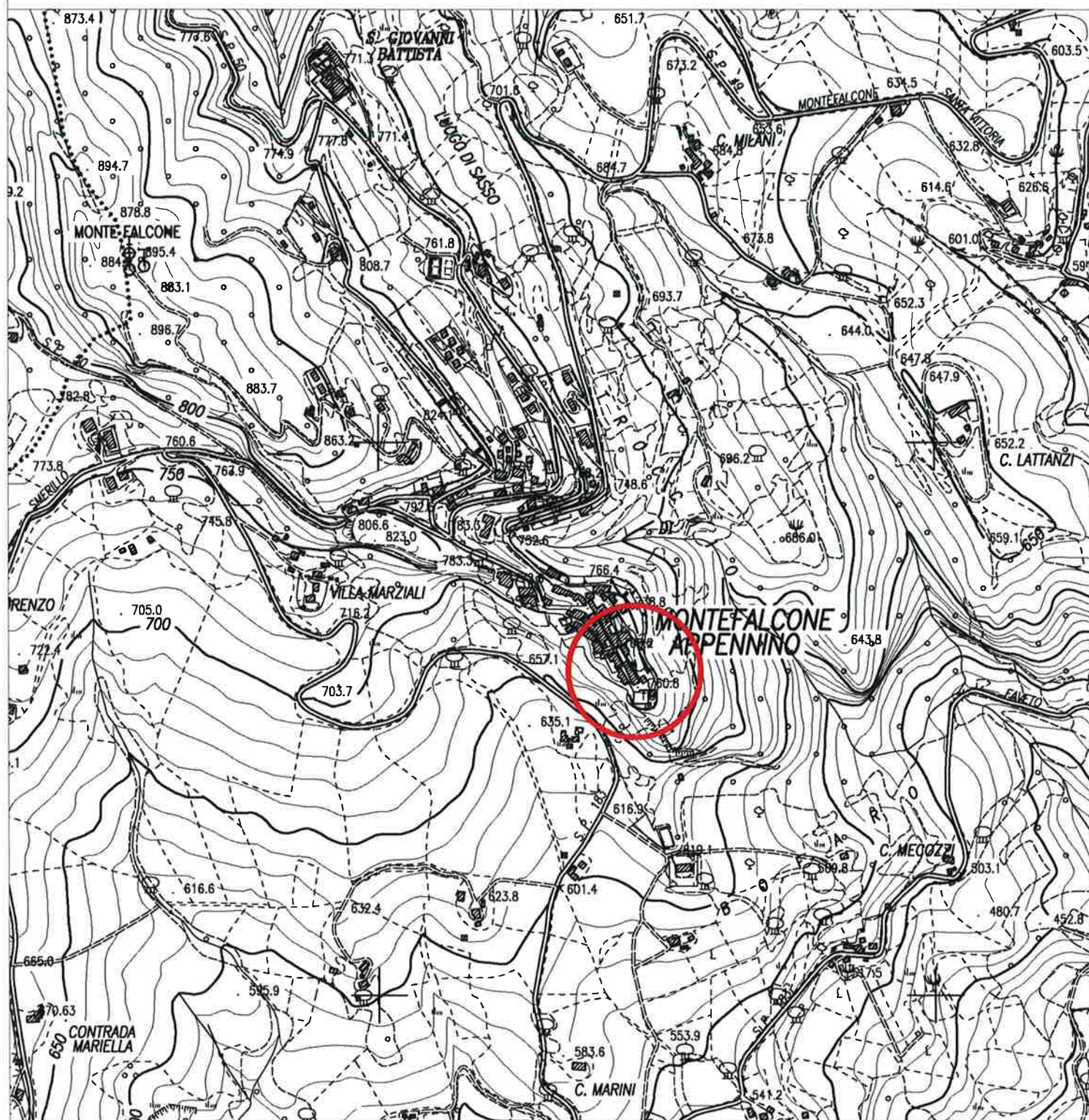
Il controllo quasi quinquennale della strumentazione installata non ha evidenziato particolari spostamenti delle masse di roccia sotto osservazione. I picchi evidenti nei grafici allegati, coincidenti con i mesi di Gennaio 2014 e 2015, poiché segnalati da tutti i sensori (fessurimetri), potrebbero essere legati alla umidità/condensa sul circuito stampato della centralina che in caso di marcato maltempo risulta spesso sommersa dalla neve.

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Scala 1:10.000



Area di intervento





PLANIMETRIA INDAGINI



LEGENDA

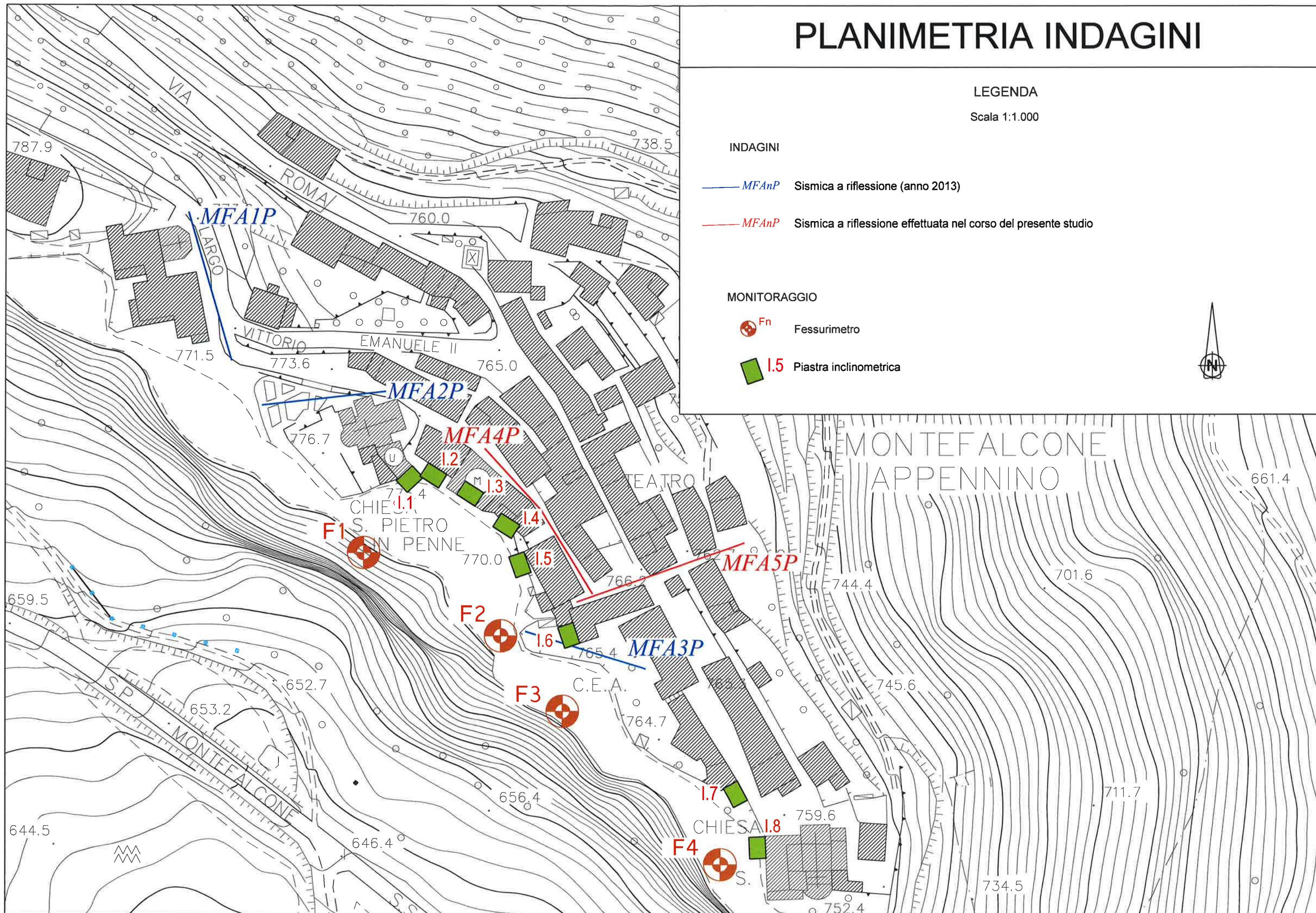
Scala 1:1.000

INDAGINI

-  *MFA1P* Sismica a riflessione (anno 2013)
-  *MFA4P* Sismica a riflessione effettuata nel corso del presente studio

MONITORAGGIO

-  *F1* Fessurimetro
-  *I.5* Piastra inclinometrica



COMUNE DI MONTEFALCONE APPENNINO (FM)

Regione Marche

Programma di interventi di difesa del suolo – DGR n° 549/2017

**CONSOLIDAMENTO DELLA RUPE DEL CAPOLUOGO E PROTEZIONE DELLE
STRUTTURE SOTTOSTANTI**

Committente: Amministrazione Comunale

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica, geotecnica e geostrutturale

<p><i>PROVE DI LABORATORIO</i></p>



LABORATORIO GEOMECCANICO

di Ugo Sergio Orazi



Laboratorio concessionato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche

Iscritto all'Albo dei laboratori pubblici e privati altamente qualificati del Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca (MIUR)

SOCIO UN



Via Cairo, snc - 61024 Mombaroccio (PU) - Tel. 0721 470043 - Fax 0721 920260 - e-mail labgeomeccanico@libero.it

COMMITTENTE STUDIO TECNICO GEOLOGICO DOTT. CONTI ALBERTO

CANTIERE MONTEFALCONE APPENNINO

COMMESSA 105 / 09

PESARO : 14/04/2009

LABORATORIO GEOMECCANICO
Dr. Ugo Sergio Orazi

LABORATORIO GEOMECCANICO del Dr. Ugo Sergio Orazi via Corpo Italiano di Liberazione 42 - Pesaro Laboratorio concessionato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche [settore a] D.P.R. n. 246/93, art. 8 - Circolare n. 349/99 - Concessione n. 52491	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da DNV = UNI EN ISO 9001:2000 =
	Socio UNI n. C2710

COMMITTENTE STUDIO TECNICO GEOLOGICO DOTT. CONTI ALBERTO
CANTIERE MONTEFALCONE APPENNINO

COMMESSA 105 / 09
Data ricevimento campione 07/04/09
Data apertura campione 10/04/09

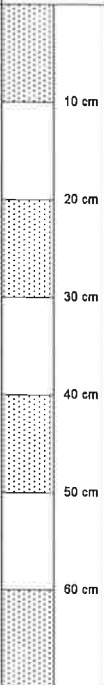
SONDAGGIO
CAMPIONE 1
PROFONDITA' [m]

CARATTERISTICHE GENERALI

Apertura e descrizione visiva dei campioni ASTM 2488 - AGI 1977

Contenitore	Doppio sacchetto	
Diametro campione	mm	
Lunghezza campione	mm	

Classe di qualità [AGI '77]	Q2
Reazione HCl	Positiva

Rp	Tv	PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA
kg/cm ²				
		Massa volumica Point Load Test		Arenaria moderatamente cementata di colore marrone.



LABORATORIO GEOMECCANICO del Dr. Ugo Sergio Orazi via Corpo Italiano di Liberazione 42 - Pesaro Laboratorio concessionato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche [settore a] D.P.R. n. 246/93, art. 8 - Circolare n. 349/99 - Concessione n. 52491	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da DNV = UNI EN ISO 9001:2000 =
	Socio UNI n. C2710

COMMITTENTE STUDIO TECNICO GEOLOGICO DOTT. CONTI ALBERTO
CANTIERE MONTEFALCONE APPENNINO

COMMESSA 105 / 09
Data ricevimento campione 07/04/09
Data esecuzione prova 10/04/09

SONDAGGIO
CAMPIONE 1
PROFONDITA' [m]

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Arenaria
CLASSE DI QUALITA' [AGI '77] Q2

MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE

BS 1377 - 1990

METODO CON PESATA IDROSTATICA

Massa provino	g	362,28
Volume provino	cm ³	138,24

Massa volumica	Mg/m ³	2,62
----------------	-------------------	------

OSSERVAZIONI:

Rapporto di prova 105 - 001	Il Direttore Dr. Ugo-Sergio Orazi	Lo Sperimentatore Geom. Simone Serfilippi
Data di emissione 14/04/09		

LABORATORIO GEOMECCANICO del Dr. Ugo Sergio Orazi via Corpo Italiano di Liberazione 42 - Pesaro Laboratorio concessionario dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche [settore a] D.P.R. n. 246/93, art. 8 - Circolare n. 349/99 - Concessione n. 52491	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da DNV = UNI EN ISO 9001:2000 =
	Socio UNI n. C2710

COMMITTENTE STUDIO TECNICO GEOLOGICO DOTT. CONTI ALBERTO
 CANTIERE MONTEFALCONE APPENNINO

COMMESSA 105 / 09
 Data ricevimento campione 07/04/09
 Data esecuzione prova 10/04/09

SONDAGGIO
 CAMPIONE 1
 PROFONDITA' [m]

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Arenaria
 CLASSE DI QUALITA' [AGI '77] Q2

POINT LOAD TEST

SUGGESTED METHOD ISRM

PROVA SU BLOCCHI							
Pressione a rottura	P	bar	162	185	125	110	112
Carico a rottura	P	kN	31,78	36,29	24,52	21,58	21,97
Superficie	A	mm ²	15960	10920	8550	6840	7300
Indice di resistenza	Is	MPa	1,56	2,61	2,25	2,48	2,36
Fattore correttivo	F	-	1,60	1,47	1,39	1,32	1,34

Indice point load	Is ₍₅₀₎	MPa	2,50	3,84	3,13	3,28	3,17
Resistenza a compressione	UCS	MPa	56,4	86,4	70,5	73,8	71,4

OSSERVAZIONI

Rapporto di prova 105 - 002	Il Direttore Dr. Ugo-Sergio Orazi	Lo Sperimentatore Geom. Simone Serfilippi
Data di emissione 14/04/09		

COMUNE DI MONTEFALCONE APPENNINO (FM)

Regione Marche

Programma di interventi di difesa del suolo – DGR n° 549/2017

CONSOLIDAMENTO DELLA RUPE DEL CAPOLUOGO E PROTEZIONE DELLE
STRUTTURE SOTTOSTANTI

Committente: Amministrazione Comunale

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica, geotecnica e geostrutturale

CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Stazione di misura 10/2018

CARATTERIZZAZIONE AMMASSI ROCCIOSI

STAZIONE DI MISURA 10/2018

Parametro	Coefficienti numerici
1_ Resistenza roccia intatta Resistenza a compressione uniassiale Su da prove sclerometriche Indice di rimbalzo R Resistenza a compressione Su (Mpa) 35-50	A1 = 6,2
2_ Indice RQD Ricavato dal numero medio di giunti per metro Rock Quality Designation RQD (%) Numero medio di giunti per metro n Numero di fratture per mc di roccia Jv 4,33	A2 = 20,00
3_ Spaziatura delle discontinuità Spaziatura delle discontinuità s (m) 0,83	A3 = 13,21
4_ Condizioni delle discontinuità Persistenza (continuità) del giunto 3-10 m Apertura del giunto 1-5 mm Rugosità del giunto Leggermente rugosa Alterazione delle pareti Mediamente alterate Riempimento delle discontinuità Soffice <5 mm	V1 = 2,0 V2 = 1,0 V3 = 3,0 V4 = 3,0 V5 = 2,0 A4 = 11,00
5_ Condizioni idrauliche Condizioni idrauliche su un fronte di 10 metri Asciutta	A5 = 15,0
6_ Orientamento delle discontinuità Direzione ed immersione delle discontinuità (Frane) Sfavorevole	A6 = -15

CLASSIFICAZIONE

RMR_{base} = A1+A2+A3+A4+A5 65,41	Rock Mass Rating (Beniawsky)
RMR_{corretto} = RMR _{base} + A6 50,41	
CLASSE III DESCRIZIONE Mediocre	

CLASSIFICAZIONE SEMIQUANTITATIVA DELL'AMMASSO ROCCIOSO	
COESIONE c (KPa) 327,31	Beniawsky
ANGOLO DI ATTRITO ϕ (°) 37,7	
MOD. DI DEFORMAZIONE E (GPa) 30,92	

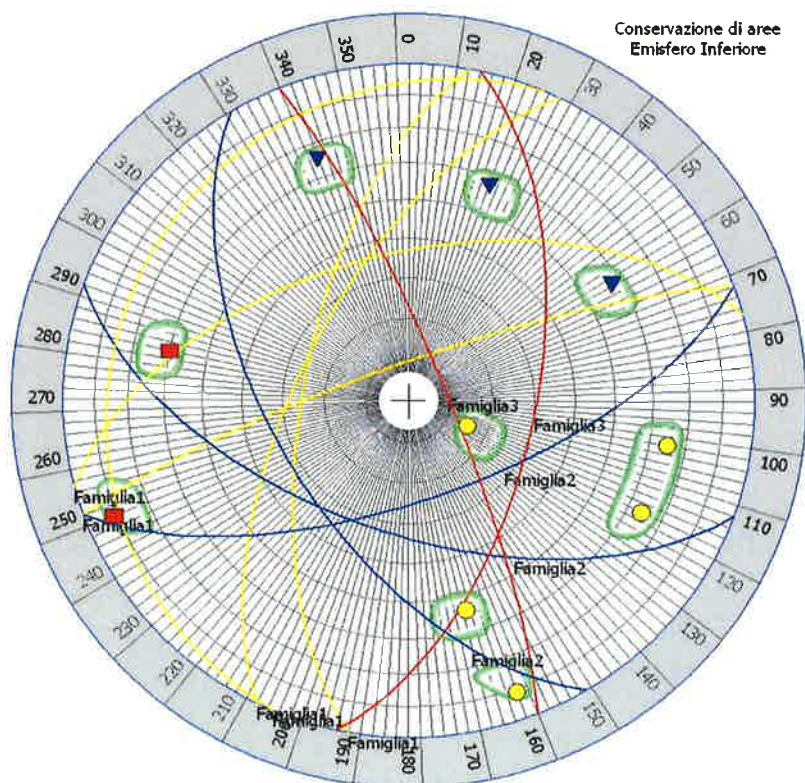
CLASSIFICAZIONE DI ROMANA Slope Mass Rating - SMR	
Parametro	Coefficienti numerici
F1_Fattore che dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti Condizione sfavorevole	F1 = 0,85
F2_Fattore riferito all'inclinazione del giunto Rottura a toppling Condizione sfavorevole	F2 = 1,00
F3_Fattore per l'inclinazione fra fronte e giunti Condizione sfavorevole	F3 = -50,0
F4_Fattore legato al metodo di scavo Scarpata naturale	F4 = 15,0
<p>SMR = $RMR_{base} + (F1 * F2 * F3) + F4$ 39,52</p> <p>CLASSE IV</p> <p>DESCRIZIONE Scadente</p> <p>STABILITA' Instabile</p> <p>MODO DI ROTTURA Lungo piani o su cunei</p> <p>STABILIZZAZIONE Estesa</p>	

STAZIONE R.S.: MFA_SR10/2018

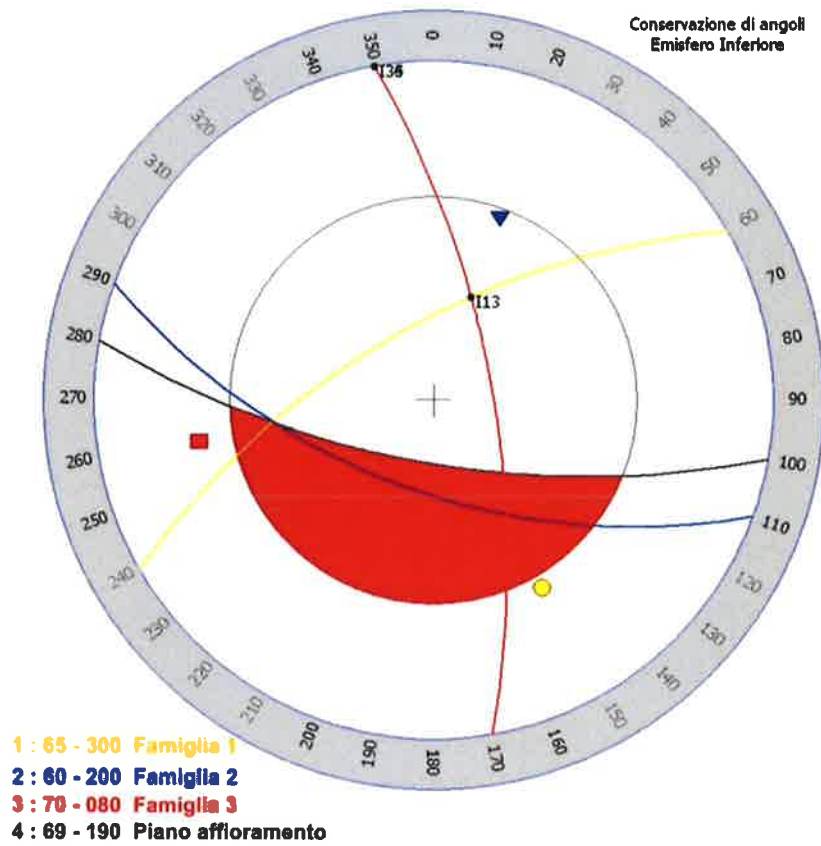
Nr.	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Famiglia	Distanza (cm)	Lunghezza (m)	Apertura (mm)	Rugosità (mm)	JRC	Riempimento	Grado di alterazione	Prove Martello di Schmidt
1	340	81	Famiglia1	150	4	3	V-Liscia ondulata	8	Incoerente	II-Leggermente alterata	32
2	296	64	Famiglia1	220	6	20	V-Liscia ondulata	14	Incoerente	II-Leggermente alterata	36
3	345	54	Famiglia1	310	4	4	VI-Levigata ondulata	6	Incoerente	II-Leggermente alterata	44
4	280	65	Famiglia1	400	3	2	VI-Levigata ondulata	4	Incoerente	II-Leggermente alterata	20
5	200	58	Famiglia2	430	3	2	VI-Levigata ondulata	4	Incoerente	II-Leggermente alterata	30
6	160	66	Famiglia2	500	8	2	V-Liscia ondulata	12	Incoerente	II-Leggermente alterata	28
7	293	15	Famiglia1	600	8	5	IV-Rugosa, ondulata	14	Incoerente	II-Leggermente alterata	20
8	102	60	Famiglia3	620	8	25	V-Liscia ondulata	16	Incoerente	II-Leggermente alterata	10
9	68	81	Famiglia3	750	6	40	V-Liscia ondulata	14	Incoerente	II-Leggermente alterata	26
10	239	58	Famiglia2	900	6	5	VII-Rugosa, piana	12	Incoerente	II-Leggermente alterata	22

Nr.	Inclinazione (°)	Immersione (°)	Famiglia
1	65	330	Famiglia1
2	60	200	Famiglia2
3	70	080	Famiglia3
4	69	190	Piano affioramento

PROIEZIONE STEREOGRAFICA MFA_SR10



TEST DI MARKLAND MFA_SR10



*NON SI RILEVANO INTERSEZIONE CHE GENERANO INSTABILITA'
CERCHIO DI ATTRITO FISSATO A 28 GRADI*

COMUNE DI MONTEFALCONE APPENNINO (FM)

Regione Marche

Programma di interventi di difesa del suolo – DGR n° 549/2017

CONSOLIDAMENTO DELLA RUPE DEL CAPOLUOGO E PROTEZIONE DELLE
STRUTTURE SOTTOSTANTI

Committente: Amministrazione Comunale

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica, geotecnica e geostrutturale

CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Stazione di misura 11/2018

CARATTERIZZAZIONE AMMASSI ROCCIOSI

STAZIONE DI MISURA 11/2018

Parametro	Coefficienti numerici
1_Resistenza roccia intatta Resistenza a compressione uniassiale Su da prove sclerometriche Indice di rimbalzo R Resistenza a compressione Su (Mpa) 31,00	A1 = 6,2
2_Indice RQD Ricavato dal numero medio di giunti per metro Rock Quality Designation RQD (%) Numero medio di giunti per metro n Numero di fratture per mc di roccia Jv 0,8	A2 = 20,00
3_Spaziatura delle discontinuità Spaziatura delle discontinuità s (m) 5,6	A3 = 20,00
4_Condizioni delle discontinuità Persistenza (continuità) del giunto 3-10 m Apertura del giunto 1-5 mm Rugosità del giunto Leggermente rugosa Alterazione delle pareti Mediamente alterate Riempimento delle discontinuità Soffice <5 mm	V1 = 2,0 V2 = 1,0 V3 = 3,0 V4 = 3,0 V5 = 2,0 A4 = 11,00
5_Condizioni idrauliche Condizioni idrauliche su un fronte di 10 metri Asciutta	A5 = 15,0
6_Orientamento delle discontinuità Direzione ed immersione delle discontinuità (Frane) Sfavorevole	A6 = -15

CLASSIFICAZIONE

RMR_{base} = A1+A2+A3+A4+A5 71,05	Rock Mass Rating (Beniawsky)
RMR_{corretto} = RMR _{base} + A6 56,05	
CLASSE III DESCRIZIONE Mediocre	

CLASSIFICAZIONE SEMIQUANTITATIVA DELL'AMMASSO ROCCIOSO	
COESIONE c (KPa) 355,25	Beniawsky
ANGOLO DI ATTRITO ϕ (°) 40,52	
MOD. DI DEFORMAZIONE E (GPa) 42,1	

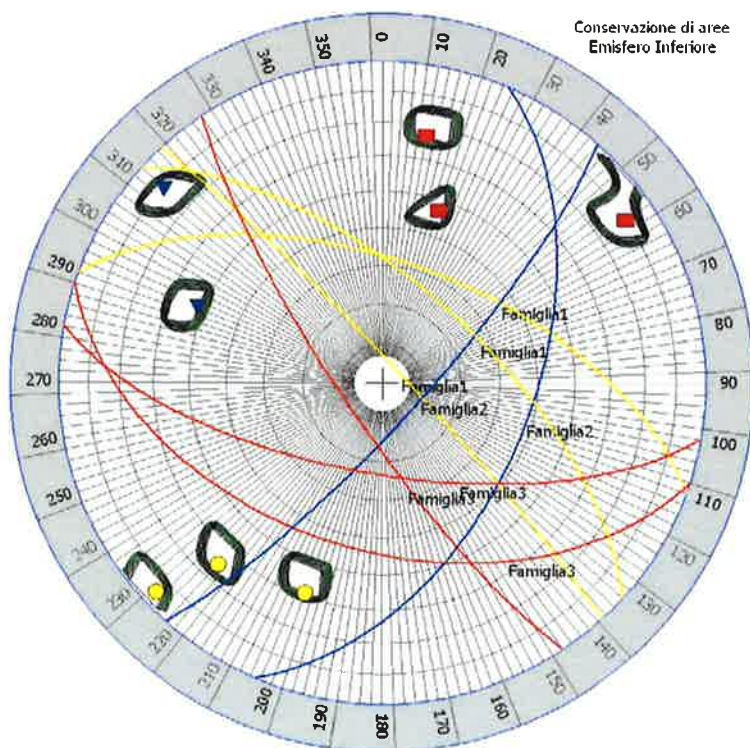
CLASSIFICAZIONE DI ROMANA Slope Mass Rating - SMR	
Parametro	Coefficienti numerici
F1_Fattore che dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti Condizione sfavorevole	F1 = 0,70
F2_Fattore riferito all'inclinazione del giunto Rottura a toppling Condizione sfavorevole	F2 = 1,00
F3_Fattore per l'inclinazione fra fronte e giunti Condizione sfavorevole	F3 = -50,0
F4_Fattore legato al metodo di scavo Scarpata naturale	F4 = 15,0
<p>SMR = $RMR_{base} + (F1 * F2 * F3) + F4$ 51,05</p> <p>CLASSE III</p> <p>DESCRIZIONE Mediocre</p> <p>STABILITA' Parzialmente stabile</p> <p>MODO DI ROTTURA Lungo piani o su cunei</p> <p>STABILIZZAZIONE Sistemática</p>	

STAZIONE R.S.: MFA_SR11/2018

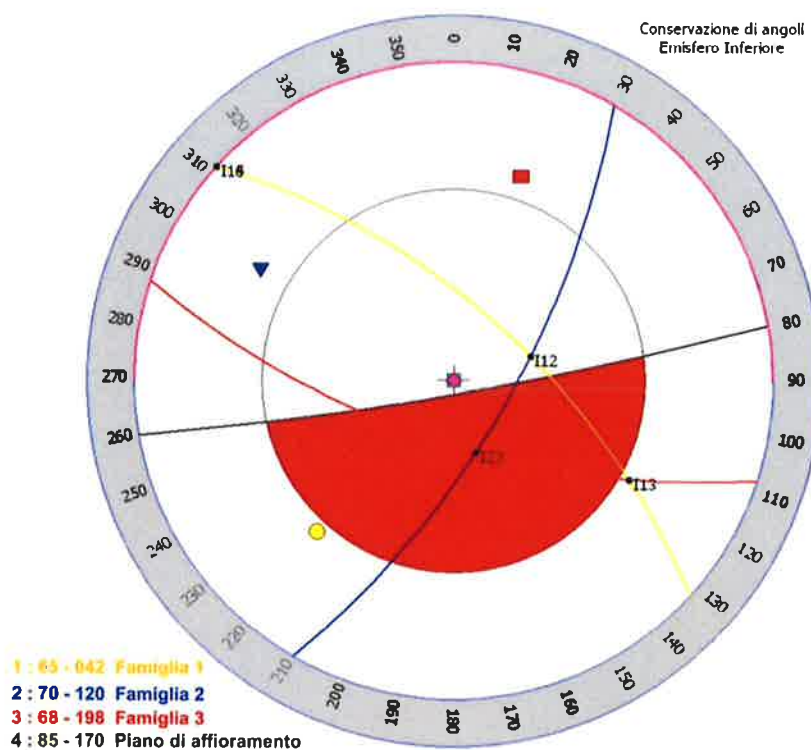
Nr.	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Famiglia	Distanza (cm)	Lunghezza (m)	Apertura (mm)	Rugosità (mm)	JRC	Riempimento	Grado di alterazione	Prove Martello di Schmidt
1	20	59	Famiglia1	270	6	10	VII-Rugosa, piana	8	Incoerente	II-Leggerment e alterata	32
2	113	52	Famiglia2	290	6	5	VII-Rugosa, piana	6	Incoerente	II-Leggerment e alterata	36
3	47	85	Famiglia1	500	6	2	VII-Rugosa, piana	6	Incoerente	II-Leggerment e alterata	44
4	198	47	Famiglia3	1200	4	10	V-Liscia ondulata	14	Incoerente	II-Leggerment e alterata	20
5	132	80	Famiglia2	1740	8	2	VII-Rugosa, piana	8	Incoerente	II-Leggerment e alterata	30
6	42	65	Famiglia1	2600	6	5	V-Liscia ondulata	10	Incoerente	II-Leggerment e alterata	30
7	190	67	Famiglia3	3300	6	5	V-Liscia ondulata	8	Incoerente	II-Leggerment e alterata	28
8	236	80	Famiglia3	4200	8	10	VII-Rugosa, piana	10	Incoerente	II-Leggerment e alterata	30

Nr.	Inclinazione (°)	Immersione (°)	Famiglia
1	65	42	Famiglia1
2	70	120	Famiglia2
3	68	198	Famiglia3
4	85	170	Piano affioramento

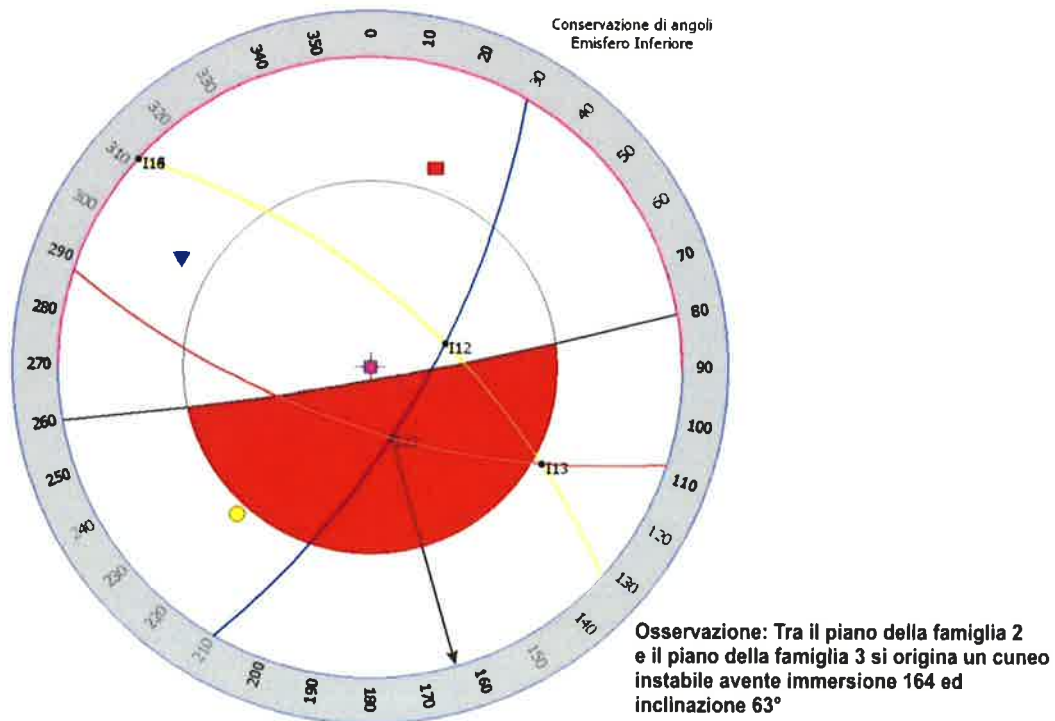
PROIEZIONE STEREOGRAFICA MFA_SR11



TEST DI MARKLAND MFA_SR11



GIACITURA DELLA POTENZIALE INSTABILITA' - MFA_SR11



COMUNE DI MONTEFALCONE APPENNINO (FM)

Regione Marche

Programma di interventi di difesa del suolo – DGR n° 549/2017

CONSOLIDAMENTO DELLA RUPE DEL CAPOLUOGO E PROTEZIONE DELLE
STRUTTURE SOTTOSTANTI

Committente: Amministrazione Comunale

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica, geotecnica e geostrutturale

CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Stazione di misura 12/2018

CARATTERIZZAZIONE AMMASSI ROCCIOSI

STAZIONE DI MISURA 12/2018

Parametro	Coefficienti numerici
1_Resistenza roccia intatta Resistenza a compressione uniassiale Su da prove sclerometriche Indice di rimbalzo R Resistenza a compressione Su (Mpa) 32,50	A1 = 5,14
2_Indice RQD Ricavato dal numero medio di giunti per metro Rock Quality Designation RQD (%) Numero medio di giunti per metro n Numero di fratture per mc di roccia Jv 1	A2 = 20,00
3_Spaziatura delle discontinuità Spaziatura delle discontinuità s (m) 2,5	A3 = 20,00
4_Condizioni delle discontinuità Persistenza (continuità) del giunto 3-10 m Apertura del giunto 1-5 mm Rugosità del giunto Leggermente rugosa Alterazione delle pareti Mediamente alterate Riempimento delle discontinuità Soffice <5 mm	V1 = 2,0 V2 = 4,0 V3 = 3,0 V4 = 3,0 V5 = 2,0 A4 = 14,00
5_Condizioni idrauliche Condizioni idrauliche su un fronte di 10 metri Asciutta	A5 = 15,0
6_Orientamento delle discontinuità Direzione ed immersione delle discontinuità (Frane) Sfavorevole	A6 = -15

CLASSIFICAZIONE

RMR_{base} = A1+A2+A3+A4+A5 74,14	Rock Mass Rating (Beniawsky)
RMR_{corretto} = RMR _{base} + A6 59,14	
CLASSE III DESCRIZIONE Mediocre	

CLASSIFICAZIONE SEMIQUANTITATIVA DELL'AMMASSO ROCCIOSO	
COESIONE c (KPa) 370,72	Beniawsky
ANGOLO DI ATTRITO ϕ (°) 42,07	
MOD. DI DEFORMAZIONE E (GPa) 48,29	

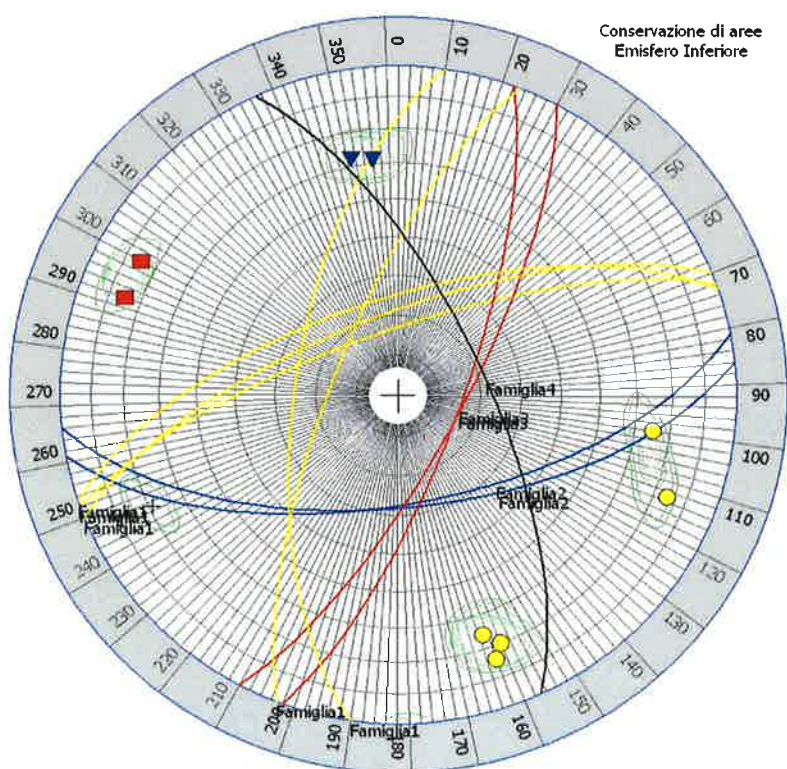
CLASSIFICAZIONE DI ROMANA Slope Mass Rating - SMR	
Parametro	Coefficienti numerici
F1_Fattore che dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti Condizione sfavorevole	F1 = 0,85
F2_Fattore riferito all'inclinazione del giunto Rottura a toppling Condizione sfavorevole	F2 = 0,85
F3_Fattore per l'inclinazione fra fronte e giunti Condizione sfavorevole	F3 = -50,0
F4_Fattore legato al metodo di scavo Scarpata naturale	F4 = 15,0
<p>SMR = $RMR_{base} + (F1 * F2 * F3) + F4$ 53,02</p> <p>CLASSE III</p> <p>DESCRIZIONE Mediocre</p> <p>STABILITA' Parzialmente stabile</p> <p>MODO DI ROTTURA Lungo piani o su cunei</p> <p>STABILIZZAZIONE Sistemica</p>	

STAZIONE R.S.: MFA_SR12/2018

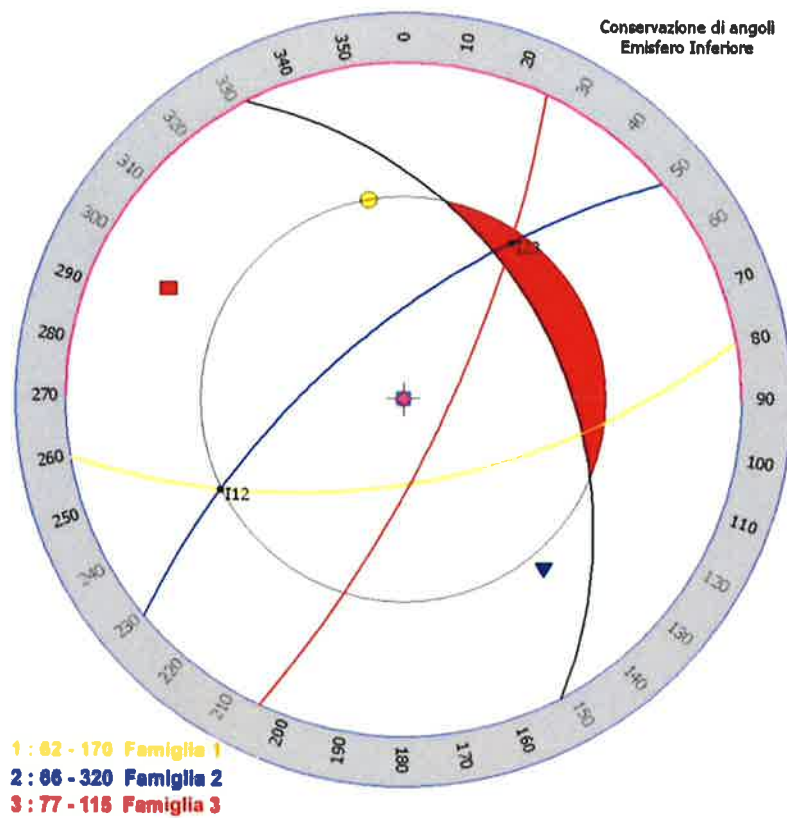
Nr.	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Famiglia	Distanza (cm)	Lunghezza (m)	Apertura (mm)	Rugosità (mm)	JRC	Riempimento	Grado di alterazione	Prove Martello di Schmidt
1	174	62	Famiglia2	220	6	1	VII-Rugosa, piana	10	Incoerente	II-Leggermente alterata	12
2	340	74	Famiglia1	540	6	1	VII-Rugosa, piana	12	Incoerente	II-Leggermente alterata	32
3	169	63	Famiglia2	590	6	1	VII-Rugosa, piana	10	Incoerente	II-Leggermente alterata	14
4	118	75	Famiglia3	640	6	1	VII-Rugosa, piana	10	Assente	III-Mod. alterata	30
5	110	75	Famiglia3	1080	6	1	VII-Rugosa, piana	12	Incoerente	II-Leggermente alterata	34
6	291	74	Famiglia1	1300	6	1	VII-Rugosa, piana	12	Incoerente	II-Leggermente alterata	42
7	341	66	Famiglia1	1920	6	1	VII-Rugosa, piana	10	Assente	II-Leggermente alterata	36
8	338	70	Famiglia1	2090	6	1	VII-Rugosa, piana	10	Incoerente	II-Leggermente alterata	24
9	278	65	Famiglia1	2300	6	1	VII-Rugosa, piana	10	Incoerente	II-Leggermente alterata	18
10	65	69	Famiglia4	2450	6	1	VII-Rugosa, piana	12	Incoerente	II-Leggermente alterata	24

Nr.	Inclinazione (°)	Immersione (°)	Famiglia
1	62	170	Famiglia1
2	66	320	Famiglia2
3	75	115	Famiglia3
4	40	062	Piano affioramento

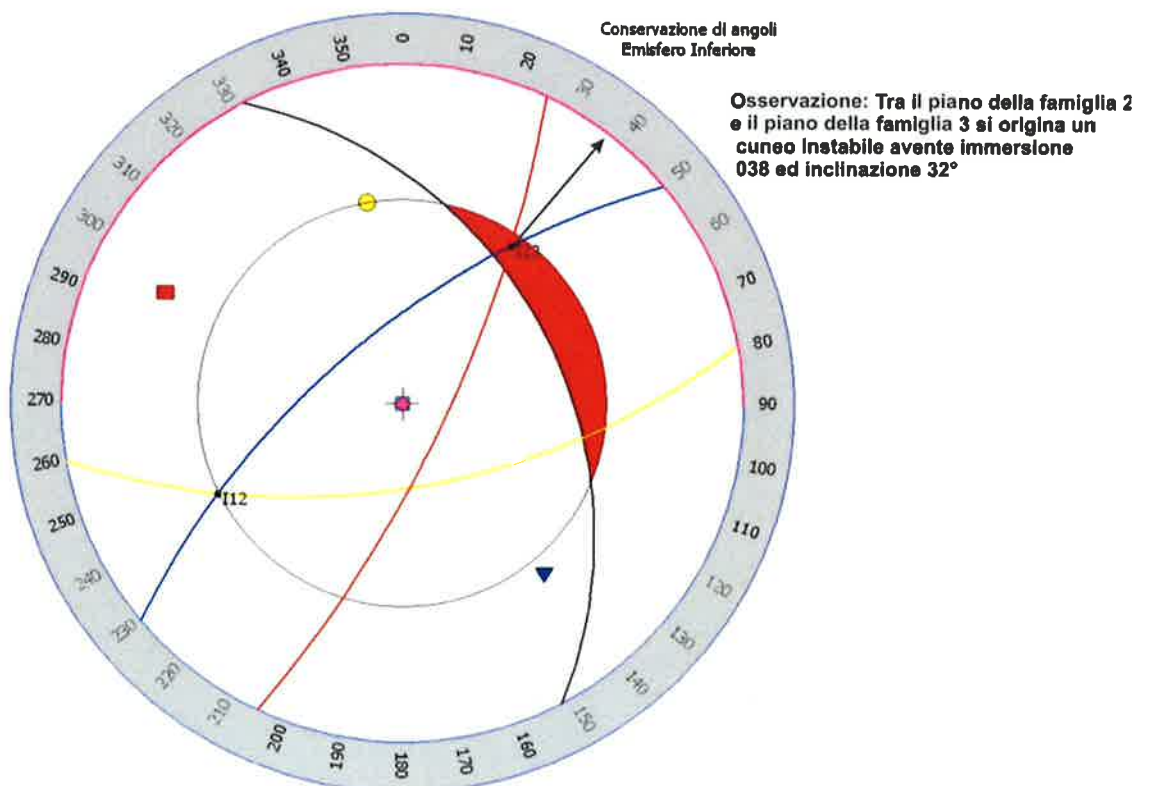
PROIEZIONE STEREOGRAFICA MFA_SR12



TEST DI MARKLAND MFA_SR12



GIACITURA DELLA POTENZIALE INSTABILITA' - MFA_SR12



COMUNE DI MONTEFALCONE APPENNINO (FM)

Regione Marche

Programma di interventi di difesa del suolo – DGR n° 549/2017

CONSOLIDAMENTO DELLA RUPE DEL CAPOLUOGO E PROTEZIONE DELLE
STRUTTURE SOTTOSTANTI

Committente: Amministrazione Comunale

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione geologica, geotecnica e geostrutturale

MONITORAGGIO STRUMENTALE

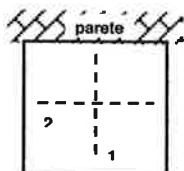
Aggiornato al settembre 2015

BASE INCLINOMETRICA N. 1

caratteristiche della base inclinometrica

Materiale: acciaio inox

Accoppiamento con lo strumento di misura: a centramento forzato



caratteristiche dello strumento di misura

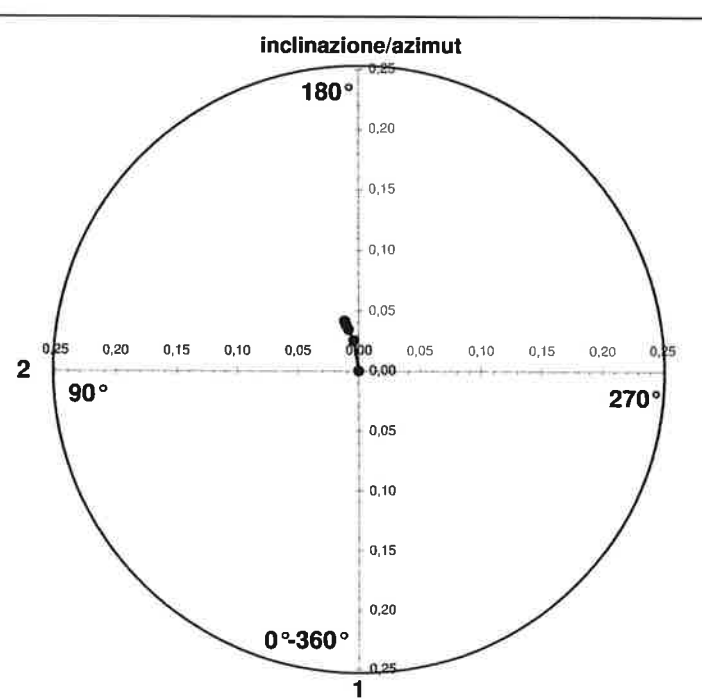
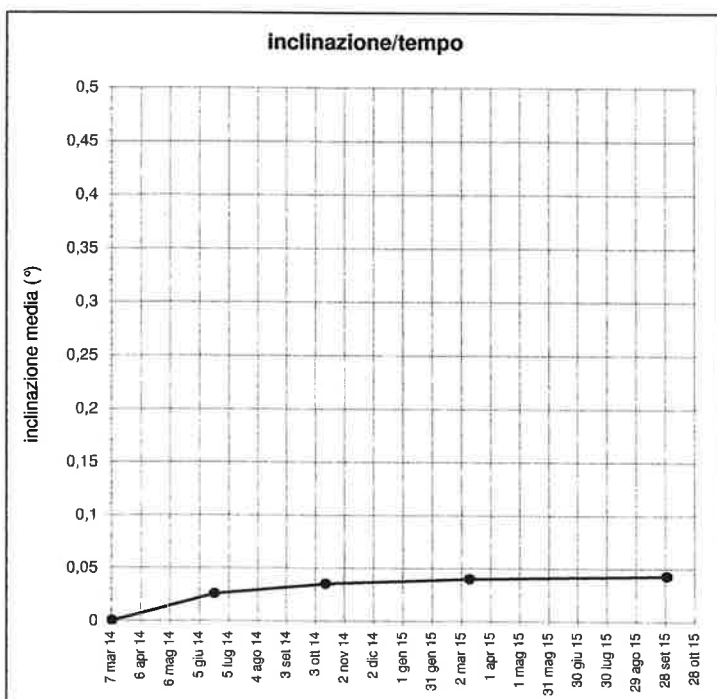
Tipo di sensore: servoaccelerometro biassiale

Linearità: 0,05% FS

Accuratezza: $\pm 0,002^\circ$

quantità misurate

elaborazione rispetto alla prima lettura

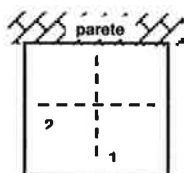
[illegible]

BASE INCLINOMETRICA N. 2

caratteristiche della base inclinometrica

Materiale: acciaio inox

Accoppiamento con lo strumento di misura: a centramento forzato

**caratteristiche dello strumento di misura**

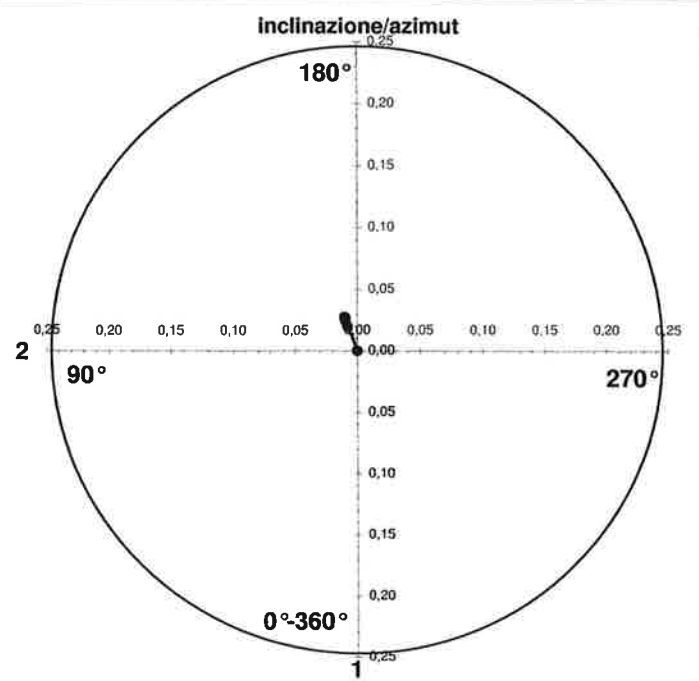
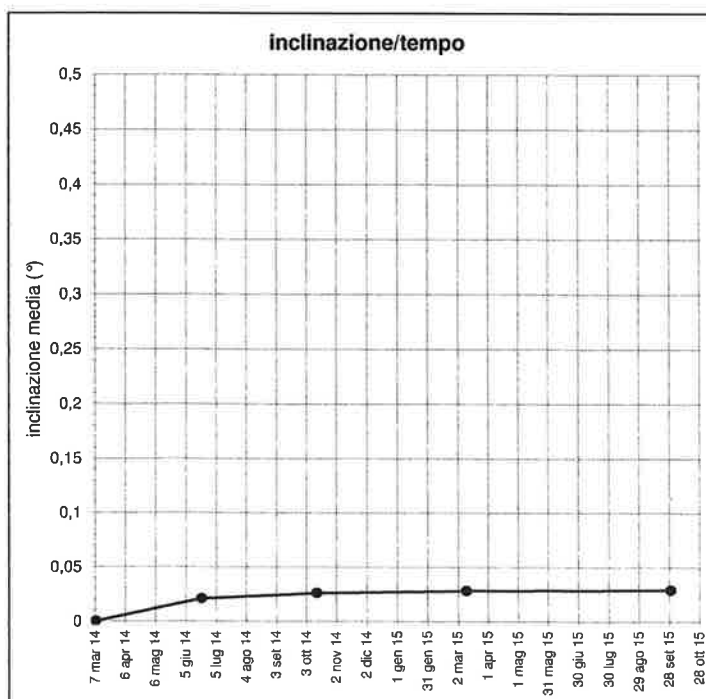
Tipo di sensore: servoaccelerometro biassiale

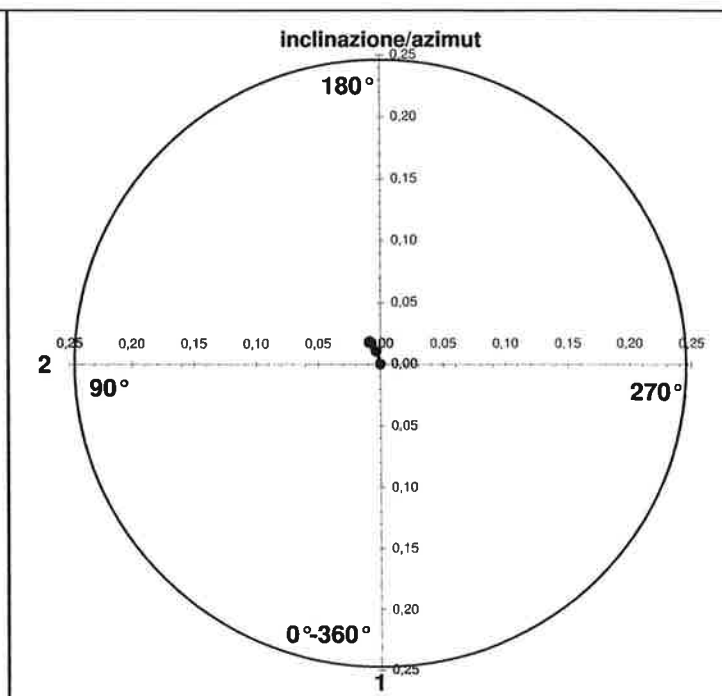
Linearità: 0,05% FS

Accuratezza: $\pm 0,002^\circ$

quantità misurate

elaborazione rispetto alla prima lettura

[illegible]



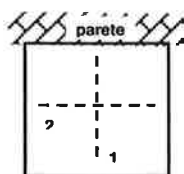
COMMITTENTE: Comune di Montefalcone Appennino

CANTIERE: Consolidamento versante sud

BASE INCLINOMETRICA N. 4

caratteristiche della base inclinometrica

Materiale:	acciaio inox
Accoppiamento con lo strumento di misura:	a centramento forzato

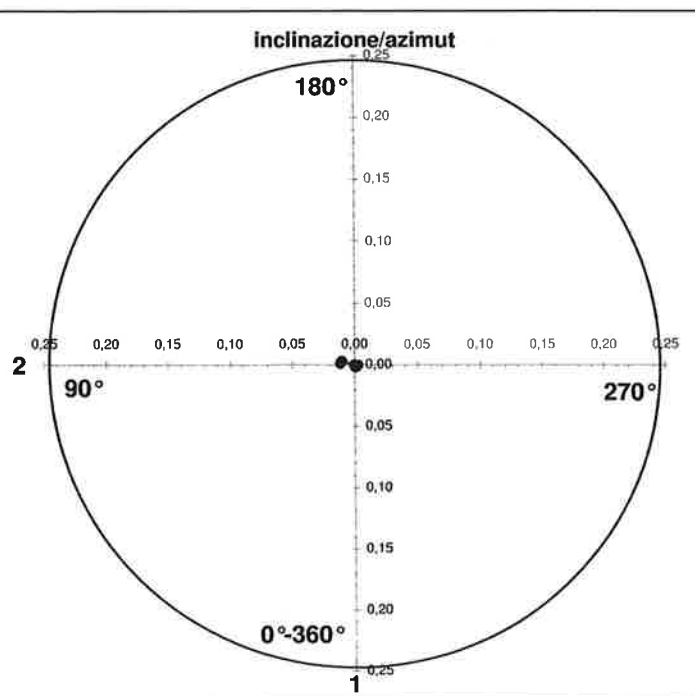
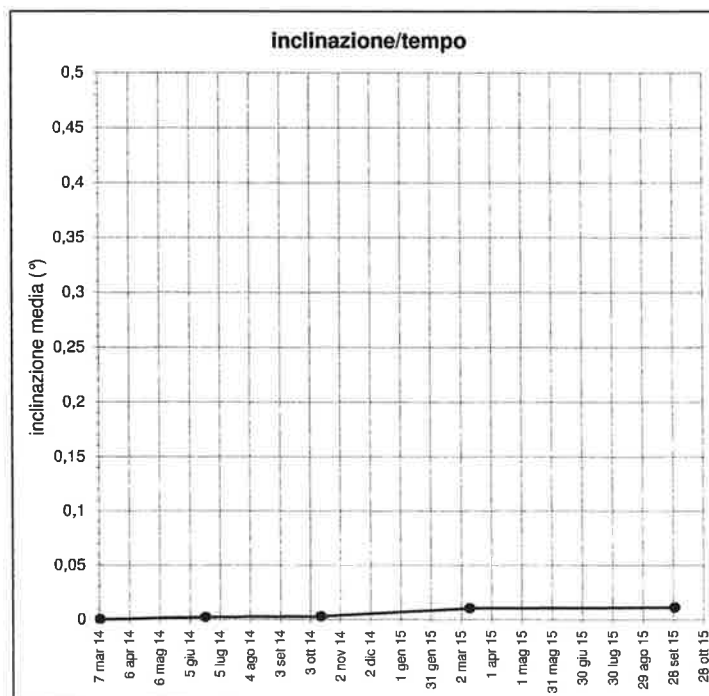


caratteristiche dello strumento di misura

Tipo di sensore:	servoaccelerometro biassiale
Linearità:	0,05% FS
Accuratezza:	+/- 0.002°

quantità misurate

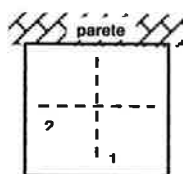
elaborazione rispetto alla prima lettura

[illegible]

BASE INCLINOMETRICA N. 5

caratteristiche della base inclinometrica

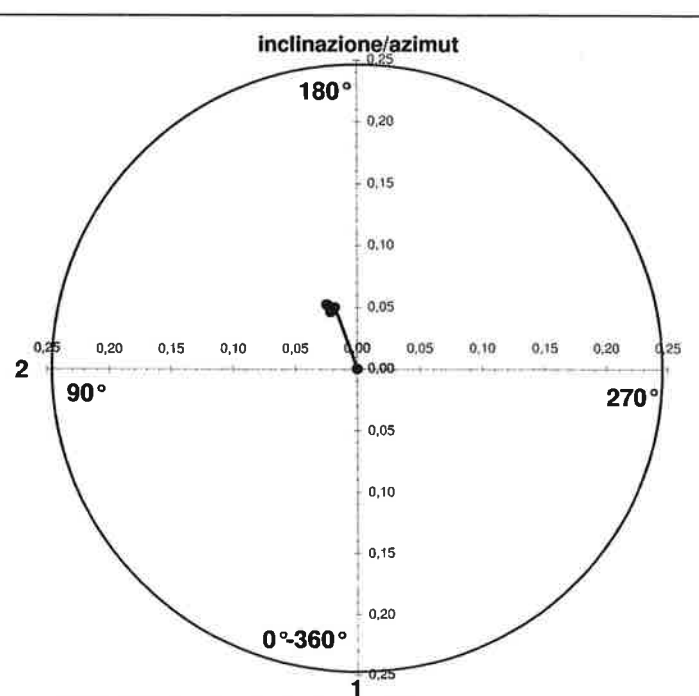
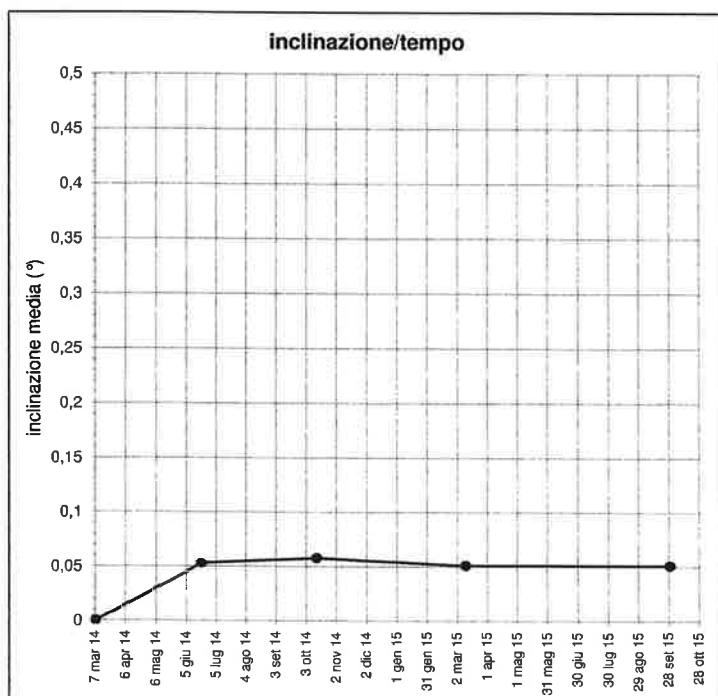
Materiale:	acciaio inox
Accoppiamento con lo strumento di misura:	a centrimento forzato

**caratteristiche dello strumento di misura**

Tipo di sensore:	servoaccelerometro biassiale
Linearità:	0,05% FS
Accuratezza:	+/- 0,002°

quantità misurate

elaborazione rispetto alla prima lettura

[illegible]

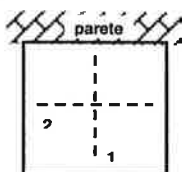
COMMITTENTE: Comune di Montefalcone Appennino

CANTIERE: Consolidamento versante sud

BASE INCLINOMETRICA N. 6

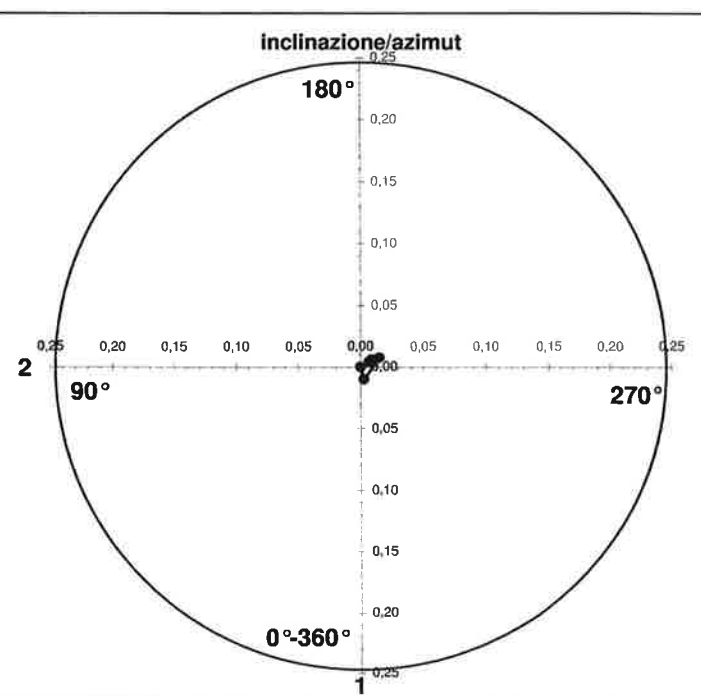
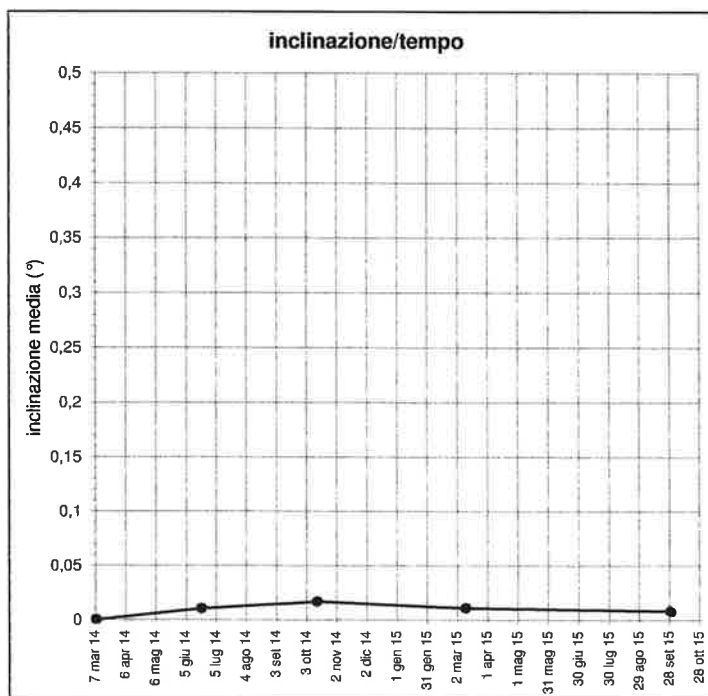
caratteristiche della base inclinometrica

Materiale:	acciaio inox
Accoppiamento con lo strumento di misura:	a centramento forzato

**caratteristiche dello strumento di misura**

Tipo di sensore:	servoaccelerometro biassiale
Linearità:	0,05% FS
Accuratezza:	+/- 0,002°

quantità misurate

elaborazione rispetto alla prima lettura[illegible]

COMMITTENTE: Comune di Montefalcone Appennino

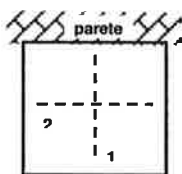
CANTIERE: Consolidamento versante sud

BASE INCLINOMETRICA N. 7

caratteristiche della base inclinometrica

Materiale: acciaio inox

Accoppiamento con lo strumento di misura: a centramento forzato

**caratteristiche dello strumento di misura**

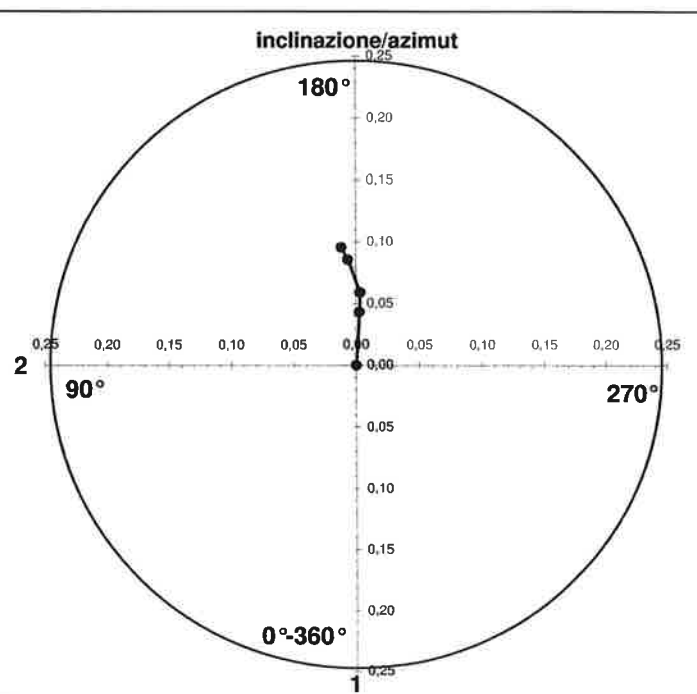
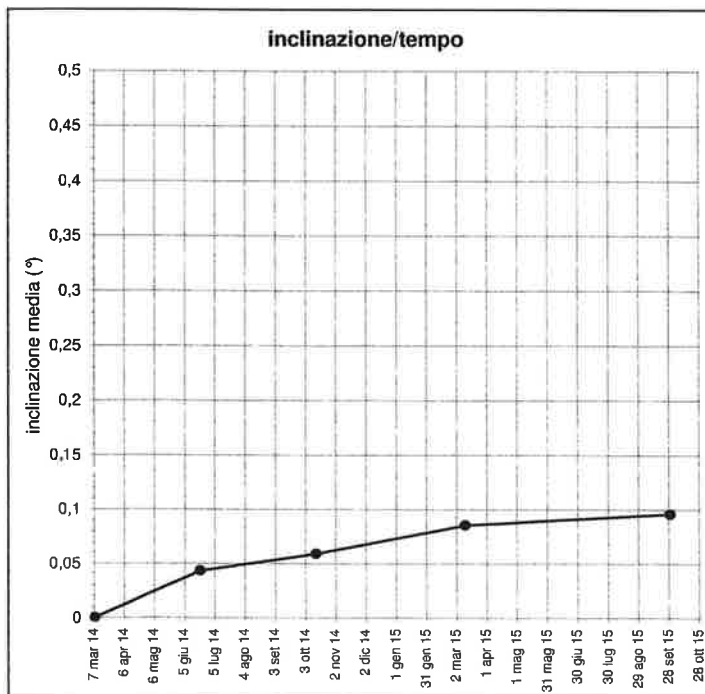
Tipo di sensore: servoaccelerometro biassiale

Linearità: 0,05% FS

Accuratezza: $\pm 0,002^\circ$

quantità misurate

elaborazione rispetto alla prima lettura

[illegible]

COMMITTENTE: Comune di Montefalcone Appennino

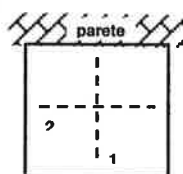
CANTIERE: Consolidamento versante sud

BASE INCLINOMETRICA N. 8

caratteristiche della base inclinometrica

Materiale: acciaio inox

Accoppiamento con
lo strumento di misura: a centramento forzato

**caratteristiche dello strumento di misura**

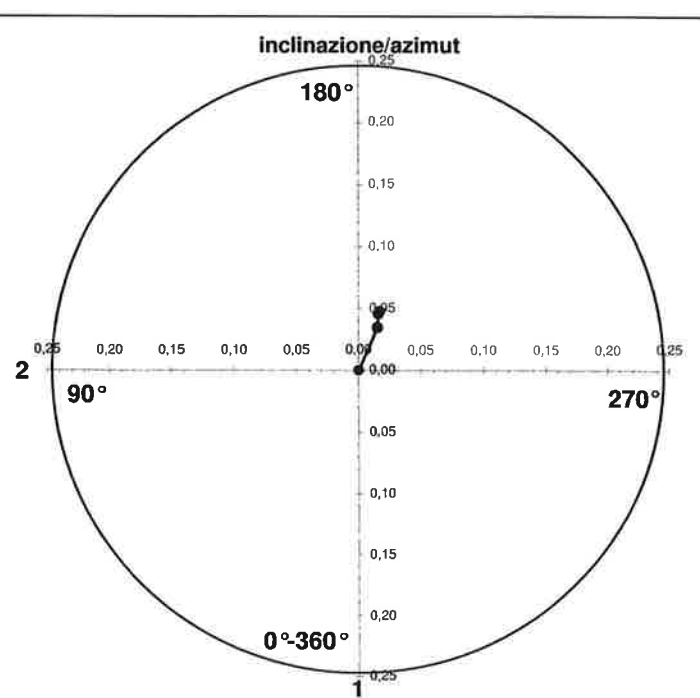
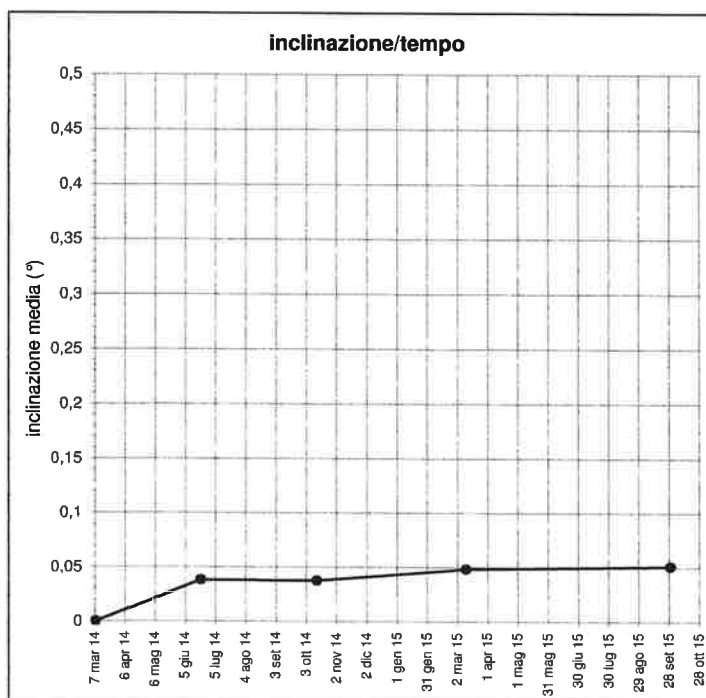
Tipo di sensore: servoaccelerometro biassiale

Linearità: 0,05% FS

Accuratezza: $\pm 0,002^\circ$

quantità misurate

elaborazione rispetto alla prima lettura

[illegible]

FESSURIMETRI - Letture dal 30/11/2010 al 29/09/2015

