



Regione Umbria

Regione Umbria
Provincia di Perugia
Comuni di Nocera Umbra e Valtopina



Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4,32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)

Titolo:

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Numero documento:

Commessa						Fase	Tipo doc.	Prog. doc.				Rev.	
2	3	4	3	0	4	D	R	0	3	1	1	0	0

Proponente:

FRI-EL

FRI-EL S.p.A.
Piazza della Rotonda 2
00186 Roma (RM)
fri-elspa@legalmail.it
P. Iva 01652230218
Cod. Fisc. 07321020153

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione:



Matek Systems S.r.l.
Via Vesuvio 3
01030 Vitorchiano (vt)
info@mateksystems.com
P. Iva 01847750567
Cod. Fisc. 01847750567

Geologo:

Dott. Geol. Marco Orfei



Sul presente documento sussiste il DIRITTO di PROPRIETA'. Qualsiasi utilizzo non preventivamente autorizzato sarà perseguito ai sensi della normativa vigente

REVISIONI	N.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
	00	13.06.2023	EMISSIONE PER AUTORIZZAZIONE	M. LAUDATO	M. ORFEI	M. ORFEI

INDICE

1. Premessa e quadro normativo 3

2. Ubicazione e caratteristiche dell'intervento..... 7

3. Geomorfologia ed idrografia 12

4. Geologia 17

 4.1 Assetto geologico generale..... 17

 4.2 Quadro geolitologico locale..... 19

5. Idrogeologia 21

6. Sismicità..... 24

 6.1 Sismicità Regionale 24

 6.2 Sismicità Locale 25

7. Indagini in situ 37

 7.1. Prove geotecniche in sito 37

 7.1.1. Prove penetrometriche dinamiche DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) 37

 7.2. Prove geofisiche 39

 7.2.1. Stese sismiche MASW 39

 7.2.2. Misure di microtremore HVSR 53

8. Liquefazione..... 67

9. Modelli geologici e geotecnici..... 69

10. Azioni sismiche di progetto..... 75

 10.1. Pericolosità sismica di base 75

 10.2. Risposta Sismica Locale (RSL) e categoria di sottosuolo 81

	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

11. Considerazioni conclusive 88

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – TABULATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE DPSH

ALLEGATO 2 – TABULATI DELLE PROVE SISMICHE MASW

ALLEGATO 3 – SEZIONI GEOLITOLOGICHE

ALLEGATO 4 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



MATEK SYSTEMS SRL
Sede Legale: Via Vesuvio n° 3 – 01030 Vitorchiano (VT)
 Tel/Fax 0761.370600 – Gsm 337.964864
 C.F. e P.IVA 01847750567
info@mateksystems.com - www.mateksystems.com



	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

1. Premessa e quadro normativo

La scrivente Matek System S.r.l., con sede legale in Vitorchiano, Via Vesuvio n. 3, P.IVA 01847750567, nella figura del Dott. Geol. Marco Orfei, iscritto all'Ordine dei Geologi del Lazio al n. 1904, polizza Responsabilità Civile "Cattolica Assicurazioni" n. 2208260640559, su incarico della Soc. FRI-EL S.p.a. con sede in Roma, Piazza della Rotonda 2, ha redatto la presente relazione di modellazione geologica, sismica e geotecnica del volume significativo, nel seguito definita "relazione geologica", ai sensi del D.M. II. 17.01.2018, nel seguito NTC18, e della Circolare C.S.LL.PP. 617/09, nel seguito Circolare, finalizzata all'ottenimento dei permessi necessari alla costruzione ed esercizio di un impianto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica, denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4,32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno in provincia di Perugia, collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) da inserire in entra-esce alla linea RTN a 132 kV "Nocera Umbra – Gualdo Tadino", ubicata nel comune di Nocera Umbra.

Lo studio eseguito ha come oggetto la valutazione dei caratteri geologici e geomorfologici dell'area in esame nonché il proprio comportamento sismico e le caratteristiche geotecniche dei terreni.

FRI-EL	<i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i>	
<i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i>		
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

In particolare sui siti denominati WTG VT01, WTG VT05 e WTG NU08, dove saranno realizzate opere ed infrastrutture connesse all'impianto in progetto, sono state realizzate delle indagini geologiche, geotecniche e sismiche.

Le indagini geologiche hanno avuto lo scopo di caratterizzare, dal punto di vista lito-stratigrafico, geotecnico e sismico, i terreni presenti al sedime delle opere da realizzare.

Le indagini sono state condotte ai sensi del D.M. LL.PP. 11.3.1988 "Norme tecniche per indagini su terreni e rocce...omissis", e della Circolare del Min. LL.PP. n° 30483/88, nonché sulla base di quanto riportato al capitolo 6 al quale si rimanda.

La presente relazione geologica, a corredo della documentazione progettuale, viene redatta inoltre per l'ottenimento dell'autorizzazione ai fini sismici, prevista dall'art. 94 del DPR 380/01, essendo il territorio dichiarato sismico dalla OPCM 3274/03 e s.m.i. e OPCM 3519/06 e s.m.i. e dalla successiva norma regionale di recepimento, D.G.R. Umbria n. 1111/12, che ha definito i Comuni di Valtopina e Nocera Umbra (PG) in Zona Sismica 2 e quello di Foligno (PG) in Zona Sismica 1.

Infine, il presente elaborato tecnico, viene prodotto nel rispetto delle specifiche competenze professionali così come definite dall'art. 41 del DPR 328/01.

Dal punto di vista normativo si richiamano finalità e contenuti che, ai sensi delle normative vigenti, sia nazionali che regionali, il presente elaborato deve presentare.

D.M. II.TT. 17.01.2018

§ 6.1.2 Prescrizioni generali

Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.

	<p>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
<p>Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00</p>		

I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica, dedotti da specifiche indagini, devono essere esposti in una specifica relazione geologica di cui al § 6.2.1.

§ 6.2 Articolazione del progetto

Il progetto delle opere e degli interventi si articola nelle seguenti fasi:

1. caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
2. scelta del tipo di opera o di intervento e programmazione delle indagini geotecniche;
3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr. § 3.2.2);

§ 6.2.1 Caratterizzazione e modellazione geologica del sito

Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.

In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico.

Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto.

Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, l'identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.

§ 6.2.2 Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, devono riguardare il volume significativo e, in presenza di azioni sismiche, devono essere conformi a quanto prescritto ai §§ 3.2.2 e 7.11.2.

Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto

5



MATEK SYSTEMS SRL
Sede Legale: Via Vesuvio n° 3 – 01030 Vitorchiano (VT)
 Tel/Fax 0761.370600 – Gsm 337.964864
 C.F. e P.IVA 01847750567
info@mateksystems.com - www.mateksystems.com



	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

stesso. Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.

...omissis...

Lo studio si è svolto nel mese di Giugno 2023 ed è stato articolato nelle seguenti attività:

- Sopralluogo preliminare per l'acquisizione dello stato dei luoghi e della logistica;
- Individuazione delle caratteristiche morfologiche ed idrauliche a livello generale e puntuale sui singoli siti d'intervento;
- Rilevamento geologico ed idrogeologico generale e puntuale sui singoli siti d'intervento e lungo la traccia del cavidotto in progetto;
- Esecuzione di una campagna di indagini geotecniche e sismiche, sui siti d'intervento denominati WTG VT01, WTG VT05 e WTGNU08 consistente in:
 - n. 3 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH;
 - n. 3 indagini di sismica attiva in *array* di tipo *Multichannel Analysis of Surface Waves* (MASW);
 - n. 3 indagini di sismica passiva a stazione singola, con tecnica dei rapporti spettrali *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr).
- Interpretazione delle risultanze delle indagini eseguite;

La presente relazione descrive e commenta i risultati dello studio eseguito.

2. Ubicazione e caratteristiche dell'intervento

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto di produzione energia rinnovabile da fonte eolica nei comuni di Nocera Umbra e Foligno, quest'ultimo interessato dalle sole opere connesse ed infrastrutture indispensabili.

L'Impianto Eolico in oggetto è costituito da n. 10 aerogeneratori, con potenza nominale massima di 4,32 MW per un totale di 43,20 MW, e dalle relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili, ed è collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) da inserire in entra-esce alla linea RTN a 132 kV "Nocera Umbra – Gualdo Tadino", ubicata nel comune di Nocera Umbra.

In tabella 1, si riportano le coordinate in formato UTM (WGS84) degli aerogeneratori.

AEROGENERATORE	COORDINATE AEROGENERATORE UTM (WGS84) - FUSO 33		COMUNE
	Long. E [m]	Lat. N [m]	
WTG VT01	321065	4769197	VALTOPINA
WTG VT02	320785	4769791	VALTOPINA
WTG NU03	320863	4770532	NOCERA UMBRA
WTG VT04	320514	4771128	VALTOPINA
WTG VT05	320200	4772166	VALTOPINA
WTG NU6	320970	4772126	NOCERA UMBRA
WTG NU7	320424	4773063	NOCERA UMBRA
WTG NU8	323533	4779799	NOCERA UMBRA
WTG NU9	323769	4780641	NOCERA UMBRA
WTG NU10	323229	4781022	NOCERA UMBRA

Tabella 1 - Coordinate in formato UTM (WGS84) degli aerogeneratori

	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

Nello specifico, il progetto prevede:

- n. 10 aerogeneratori, ciascuno con potenza massima di 4,32 MW, rotore tripala a passo variabile, diametro massimo pari a 155 m e altezza complessiva massima fuori terra pari a 180 m;
- viabilità di accesso, con carreggiata di larghezza pari a 5,00 m;
- n. 10 piazzole di costruzione, necessarie per accogliere temporaneamente sia i componenti delle macchine che i mezzi necessari al sollevamento dei vari elementi, di dimensioni di circa 40 x 60 m;
- rete di elettrodotto interrato a 36 kV di collegamento interno fra gli aerogeneratori;
- rete di elettrodotto interrato costituito da dorsali a 36 kV di collegamento tra gli aerogeneratori e la Cabina di Consegna a 36 kV;
- Cabina di Consegna a 36 kV;
- Impianto di Utenza per la Conneessione, costituito dall'elettrodotto a 36 kV per il collegamento in antenna dell'impianto sulla Stazione Elettrica della RTN;
- Impianto di Rete per la Conneessione, costituito dallo stallo arrivo produttore a 36 kV nella suddetta Stazione.

Per agevolare la lettura e la comprensione di quanto si riferisce e al fine di fornire una documentazione quanto più completa possibile, sono stati acclusi alcuni allegati grafici e cartografici, relativi ai siti d'intervento denominati WTG VT01, WTG VT05 e WTGNU08:

- Stralci delle cartografie I.G.M., dalle quali si nota come gli interventi ricadano nelle Tavole 123 II SO "Valtopina" e 123 II NE "Monte Pennino" in scala 1:25.000;
- Stralci delle cartografie C.T.R. (Carta Tecnica Regionale), Sezioni nn. 312100 "Valtopina", 312020 "Gaifana" e 312060 "Nocera Umbra", in scala 1:10.000;
- Stralci del Piano di Assetto Idrogeologico – Piano delle aree sottoposte a tutela per pericolo di frana redatto dall’Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Tavole 235 e 246 di 304, in scala 1:10.000;
- Stralci del Catalogo delle Faglie Capaci – Progetto ITHACA;
- Stralci delle Carte del Vincolo Idrogeologico per i siti d’indagine, in scala 1:25.000;
- Stralci immagini Google Earth con ubicazione delle indagini eseguite per i siti WTG VT01, WTG VT05 e WTG NU08.

In particolare i siti d’indagine sono:

- Siti WTG VT01 e WTG VT05 sono ubicati nel Comune di Valtopina (PG);
- Sito WTG NU08 ubicato nel Comune di Nocera Umbra (PG).

Le coordinate geografiche dei siti d’indagine, evidenziate nelle seguenti figure, nel sistema WGS84 sono le seguenti:

Latitudine: ϕ_{WGS84}	43.054384
Longitudine: λ_{WGS84}	12.802802



Figura 1 – Stralcio immagine da Google Earth, con ubicazione del Sito WTG VT01.

Latitudine: ϕ_{WGS84}	43.080896
Longitudine: λ_{WGS84}	12.791229



Figura 2 – Stralcio immagine da Google Earth, con ubicazione del Sito WTG VT05.

Latitudine: ϕ_{WGS84}	43.150364
Longitudine: λ_{WGS84}	12.829717



Figura 3 – Stralcio immagine da Google Earth, con ubicazione del Sito WTG NU08.

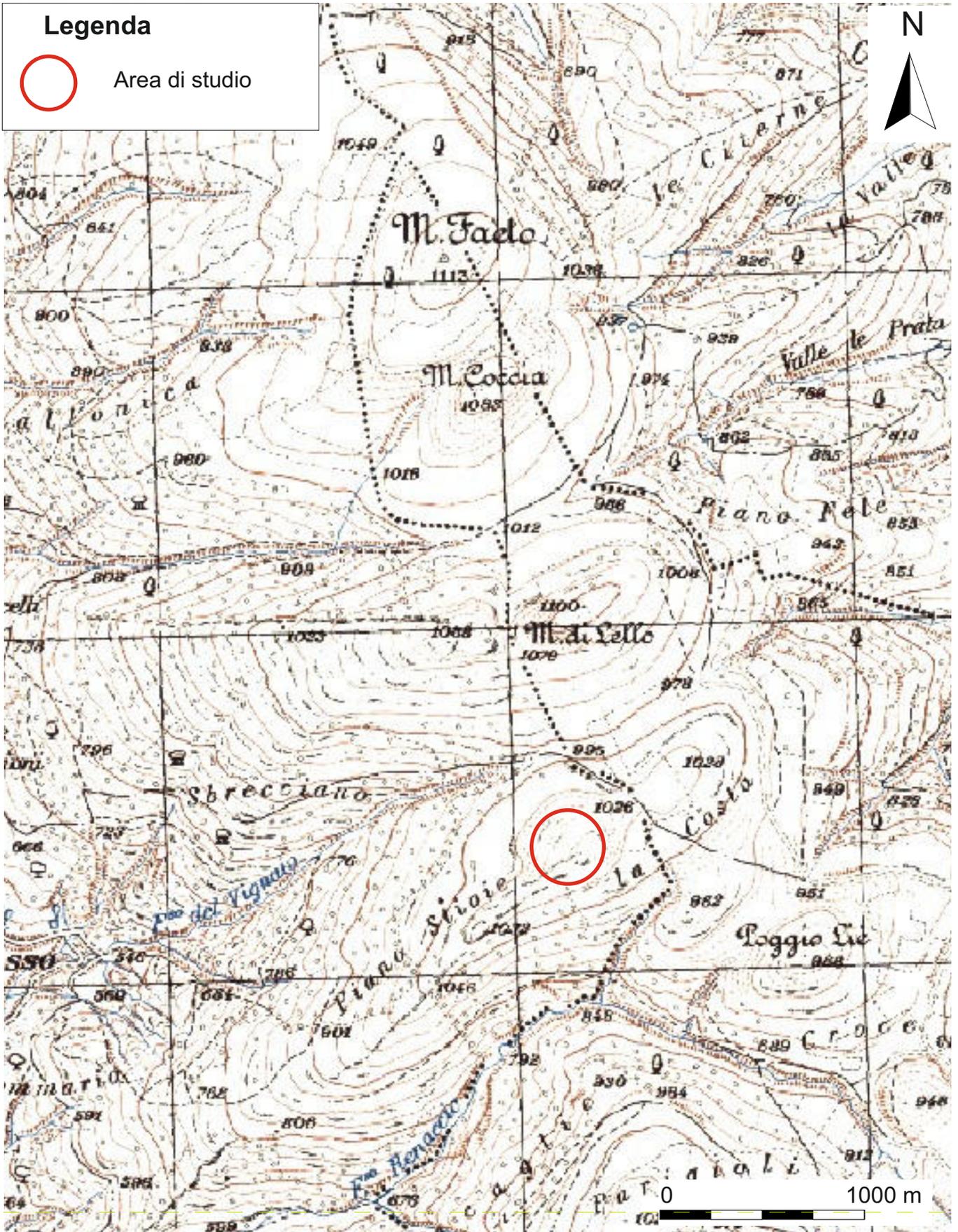
COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT01

Stralcio IGM - Tav. N. 123 II SO "Valtopina"
Scala 1:25.000

Legenda

 Area di studio



COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT05

Stralcio IGM - Tav. N. 123 II SO "Valtopina"

Scala 1:25.000

Legenda



Area di studio

N



COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)

Sito WTG NU08

Stralcio IGM - Tav. N. 123 II NE "Monte Pennino"

Scala 1:25.000

Legenda



Area di studio

N



COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT01

Stralcio CTR - Sezione n. 312100 "Valtopina"

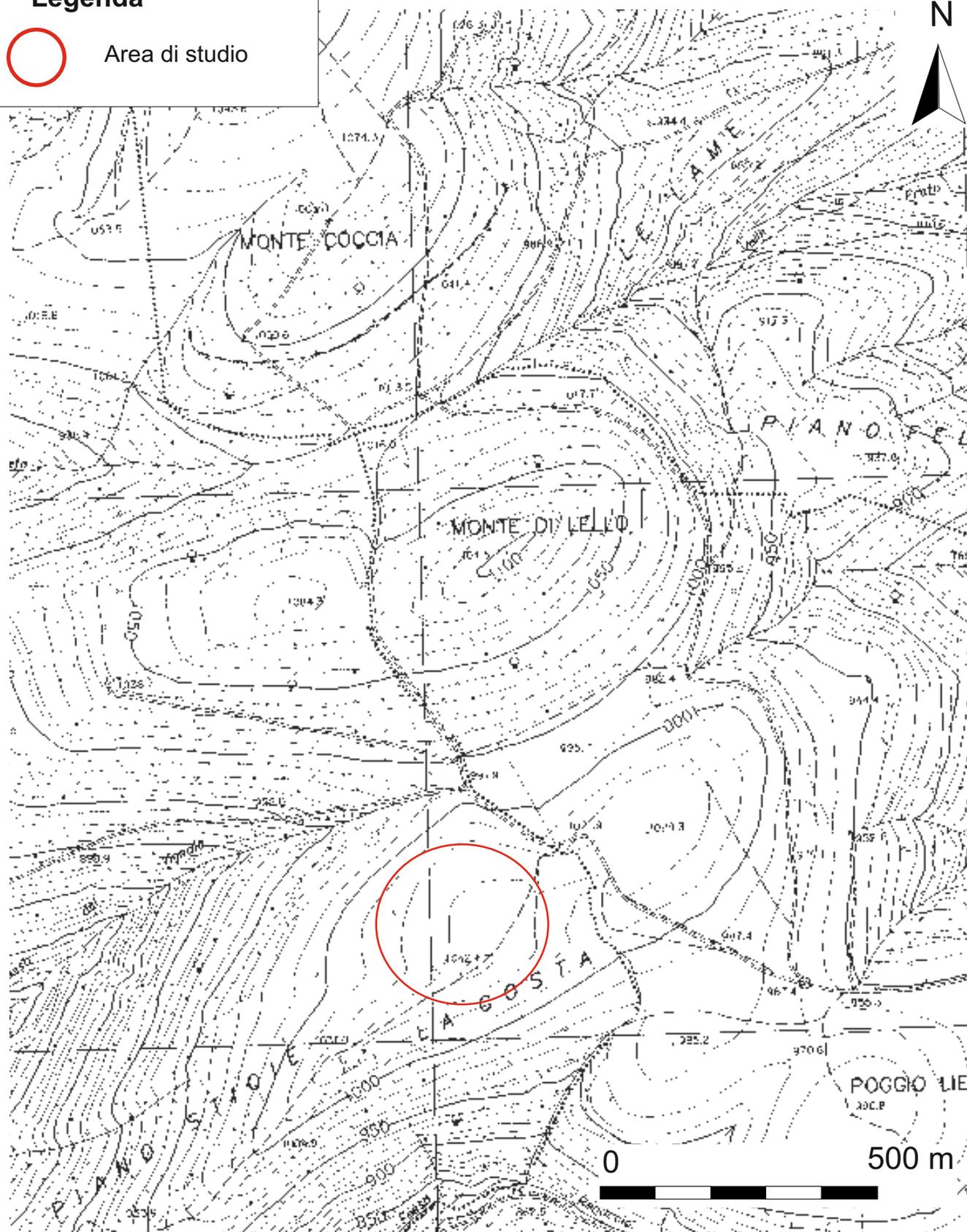
Scala 1:10.000

Legenda



Area di studio

N



COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT05

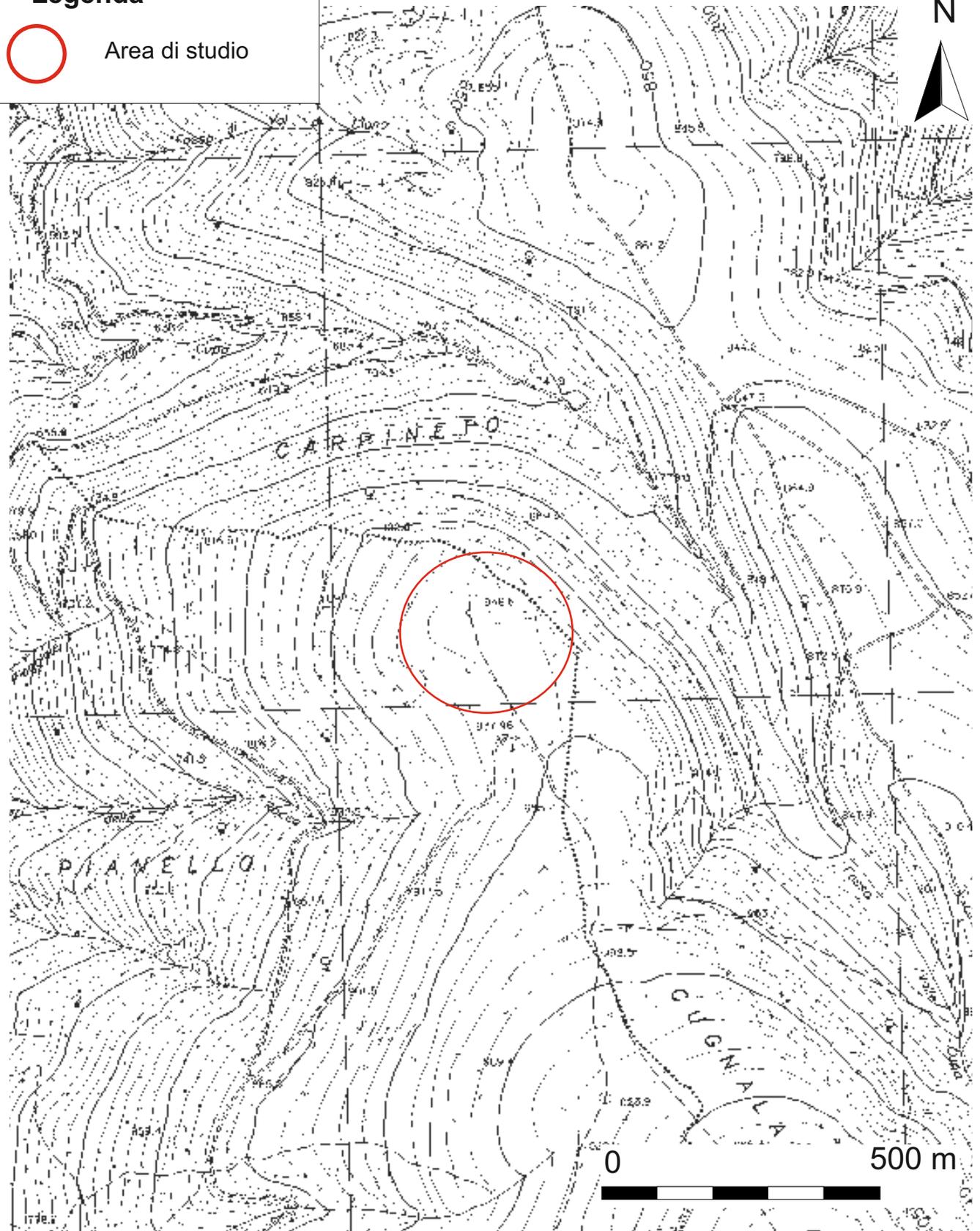
Stralcio CTR - Sezione n. 312100 "Valtopina"

Scala 1:10.000

Legenda



Area di studio



COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)

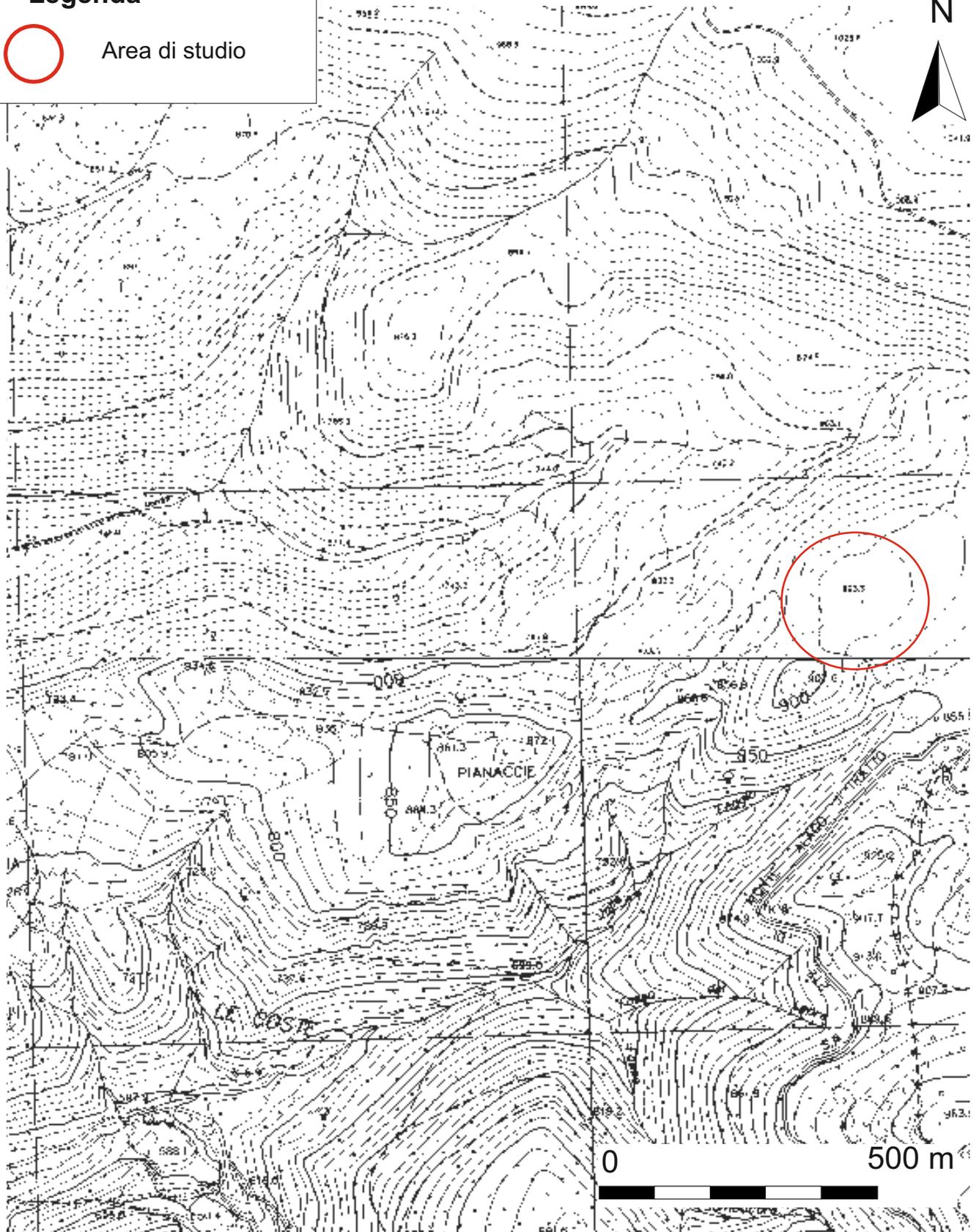
Sito WTG NU08

Stralcio CTR - Sezioni nn. 312020 "Gaifana" e 312060 "Nocera Umbra"
Scala 1:10.000

Legenda



Area di studio



COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT01

Stralcio Carta assetto Geomorfologico PAI - Tav. 235 di 304

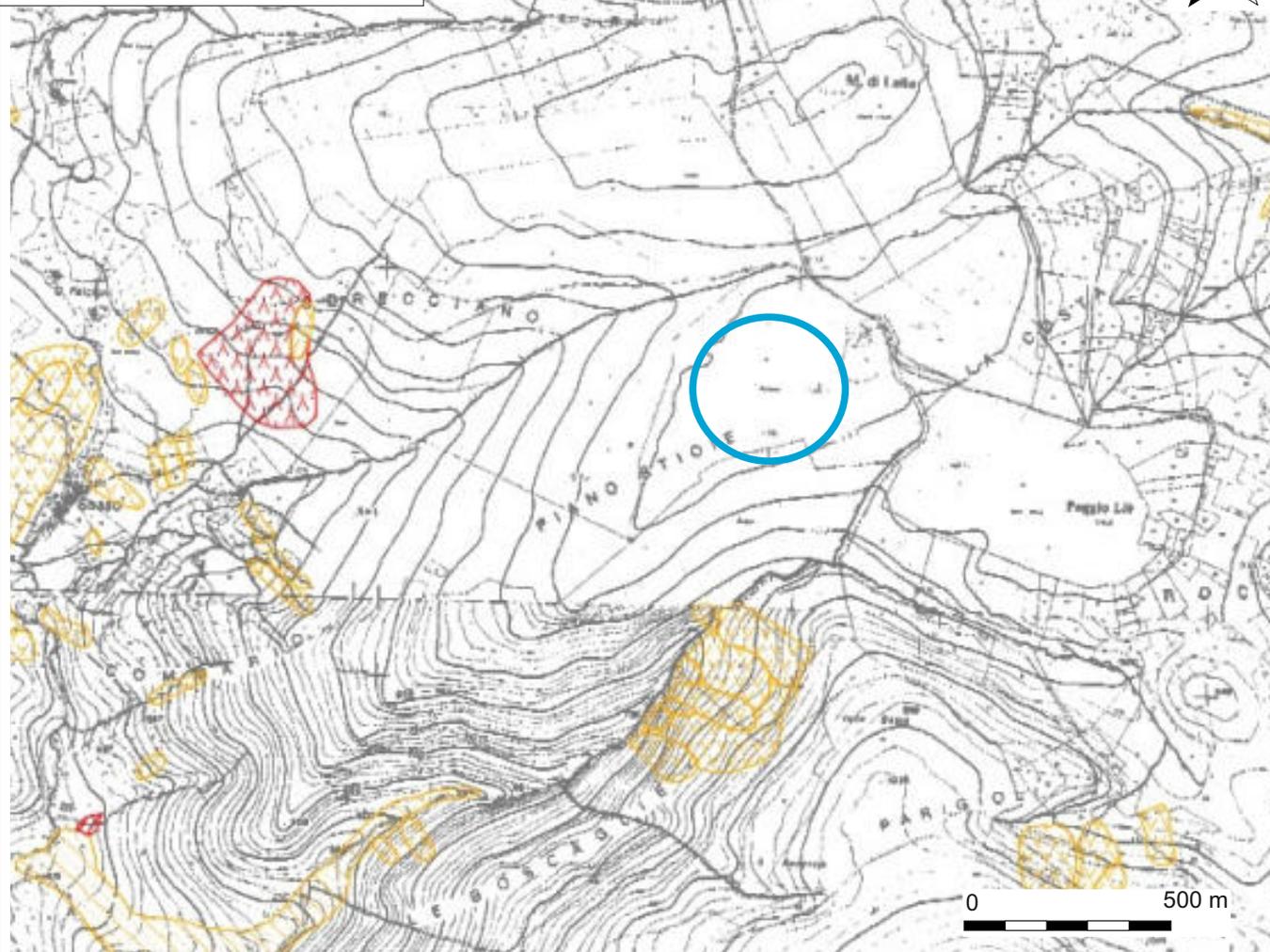
Autorità di Bacino del Fiume Tevere

Scala 1:10.000

Legenda



Area di studio



0 500 m

Legenda

Inventario delle frane

francina frana frana frana
altre scivolanti rotolanti presunte

- frana per crollo o ribaltamento
- frana per scivolamento
- frana per colamento
- frana complessa
- area con franosità diffusa
- area interessata da deformazioni gravitativo profonde (DGPV)
- area interessata da deformazioni superficiali lente e/o sottili
- falda e/o cono di detrito
- debris flow (colata di detrito)

francina frana frana frana
altre scivolanti rotolanti presunte

- area a calanchi o in erosione
- frana presunta
- orlo di scarpata di frana
- frana non cartografabile

Situazioni di rischio da frana

PAI - Progetto di primo aggiornamento

- R4 - 'molto elevato'
 - R3 - 'elevato'
- Piano vigente
- R4 - 'molto elevato'
 - R3 - 'elevato'

COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT05

Stralcio Carta assetto Geomorfologico PAI - Tav. 235 di 304

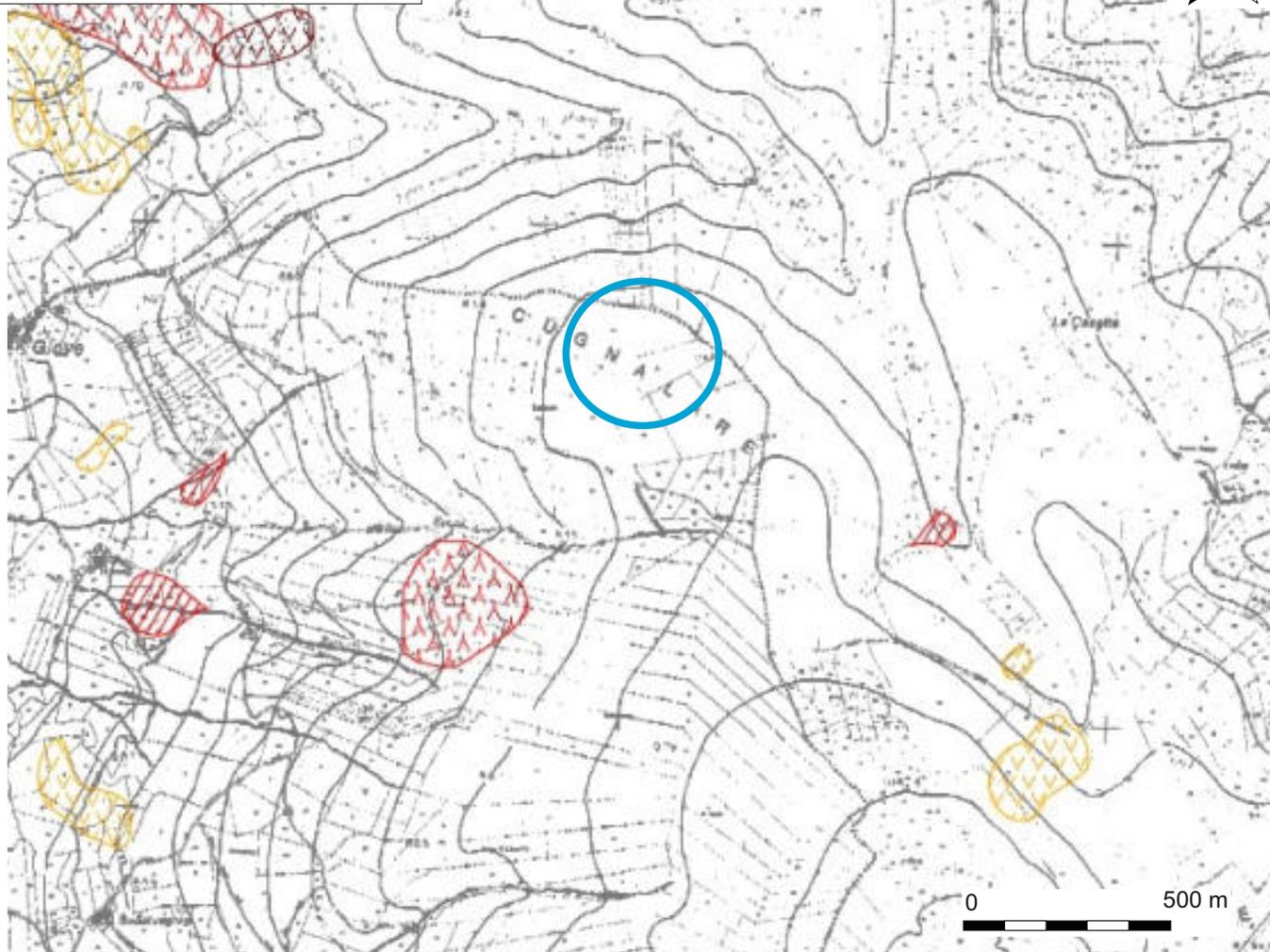
Autorità di Bacino del Fiume Tevere

Scala 1:10.000

Legenda

 Area di studio

N



Legenda

Inventario delle frane

fenomeno
alluv. galleggianti rotolanti presunto

-     frana per crollo o ribaltamento
-     frana per scivolamento
-     frana per colamento
-     frana complessa
-     area con franosità diffusa
-     area interessata da deformazioni gravitativo profonde (DGPV)
-     area interessata da deformazioni superficiali lente e/o sottili
-     falda e/o cono di detrito
-     debris flow (colata di detrito)

fenomeno
alluv. galleggianti rotolanti presunto

-     area a calanchi o in erosione
-     frana presunta
-     orlo di scarpata di frana
-     frana non cartografabile

Situazioni di rischio da frana

PAI - Progetto di primo aggiornamento

-  R4 - 'molto elevato'
-  R3 - 'elevato'

Piano vigente

-  R4 - 'molto elevato'
-  R3 - 'elevato'

COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)

Sito WTG NU08

Stralcio Carta assetto Geomorfologico PAI - Tav. 246 di 304

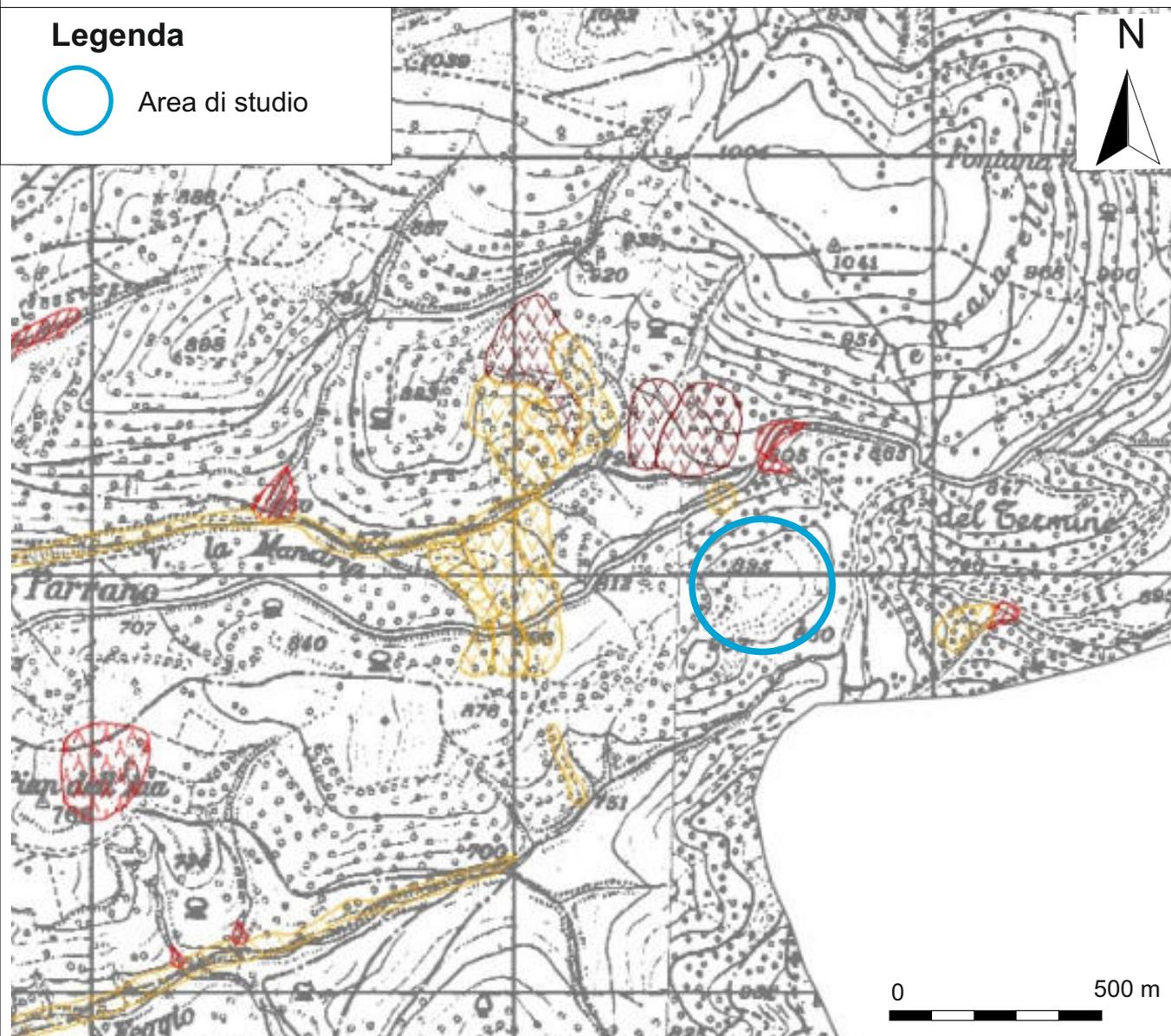
Autorità di Bacino del Fiume Tevere

Scala 1:10.000

Legenda



Area di studio



Legenda

Inventario delle frane

tronconi tronconi tronconi tronconi
altici saliscanti rotoli' presunte

- frana per crollo o ribaltamento
- frana per scivolamento
- frana per colamento
- frana complessa
- area con franosità diffusa
- area interessata da deformazioni gravitativo profonde (DGPV)
- area interessata da deformazioni superficiali lente e/o sottili
- falda e/o cono di detrito
- debris flow (colata di detrito)

tronconi tronconi tronconi tronconi
altici saliscanti rotoli' presunte

- area a calanchi o in erosione
- frana presunta
- orlo di scarpata di frana
- frana non cartografabile

Situazioni di rischio da frana

PAI - Progetto di primo aggiornamento

- R4 - 'molto elevato'
 - R3 - 'elevato'
- Piano vigente
- R4 - 'molto elevato'
 - R3 - 'elevato'

COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT01

Progetto ITHACA - "Catalogo delle Faglie Capaci"
(<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>)

Legenda



Area di studio



Faglie capaci



COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT05

Progetto ITHACA - "Catalogo delle Faglie Capaci"
(<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>)

Legenda



Area di studio



Faglie capaci



COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)
Sito WTG NU08

Progetto ITHACA - "Catalogo delle Faglie Capaci"
(<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>)

Legenda

-  Area di studio
-  Faglie capaci



COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT01

Stralcio Carta del Vincolo Idrogeologico

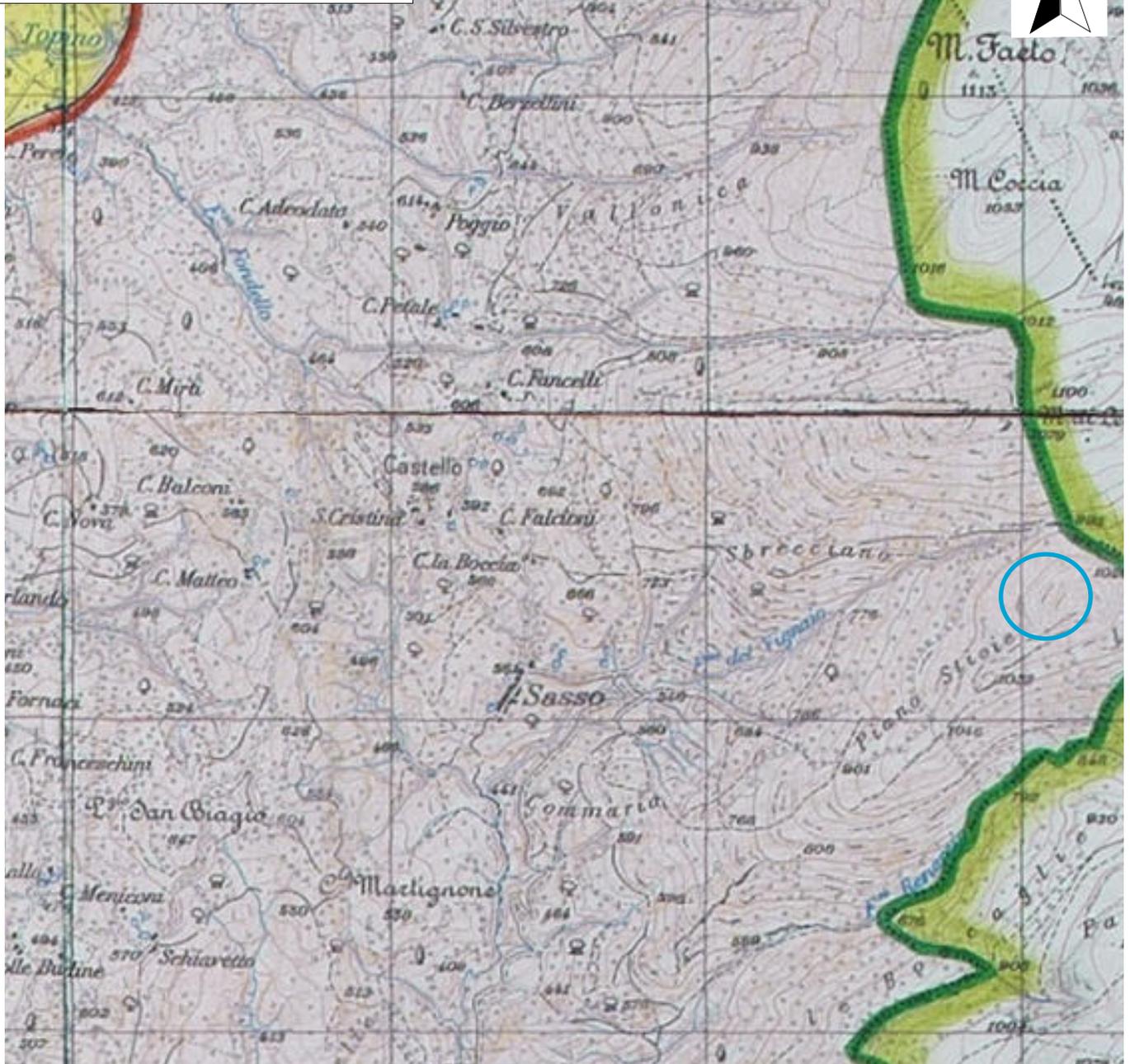
Scala 1:25.000

Legenda



Area di studio

N



-  Confine territoriale del Comune
-  Limite delle zone vincolate
-  Zone assoggettate a Vincolo
-  Terreni esclusi dal Vincolo

0 1000 m



COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT05

Stralcio Carta del Vincolo Idrogeologico

Scala 1:25.000

Legenda



Area di studio



-  Confine territoriale del Comune
-  Limite delle zone vincolate
-  Zone assoggettate a Vincolo
-  Terreni esclusi dal Vincolo

0 1000 m



COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)

Sito WTG NU08

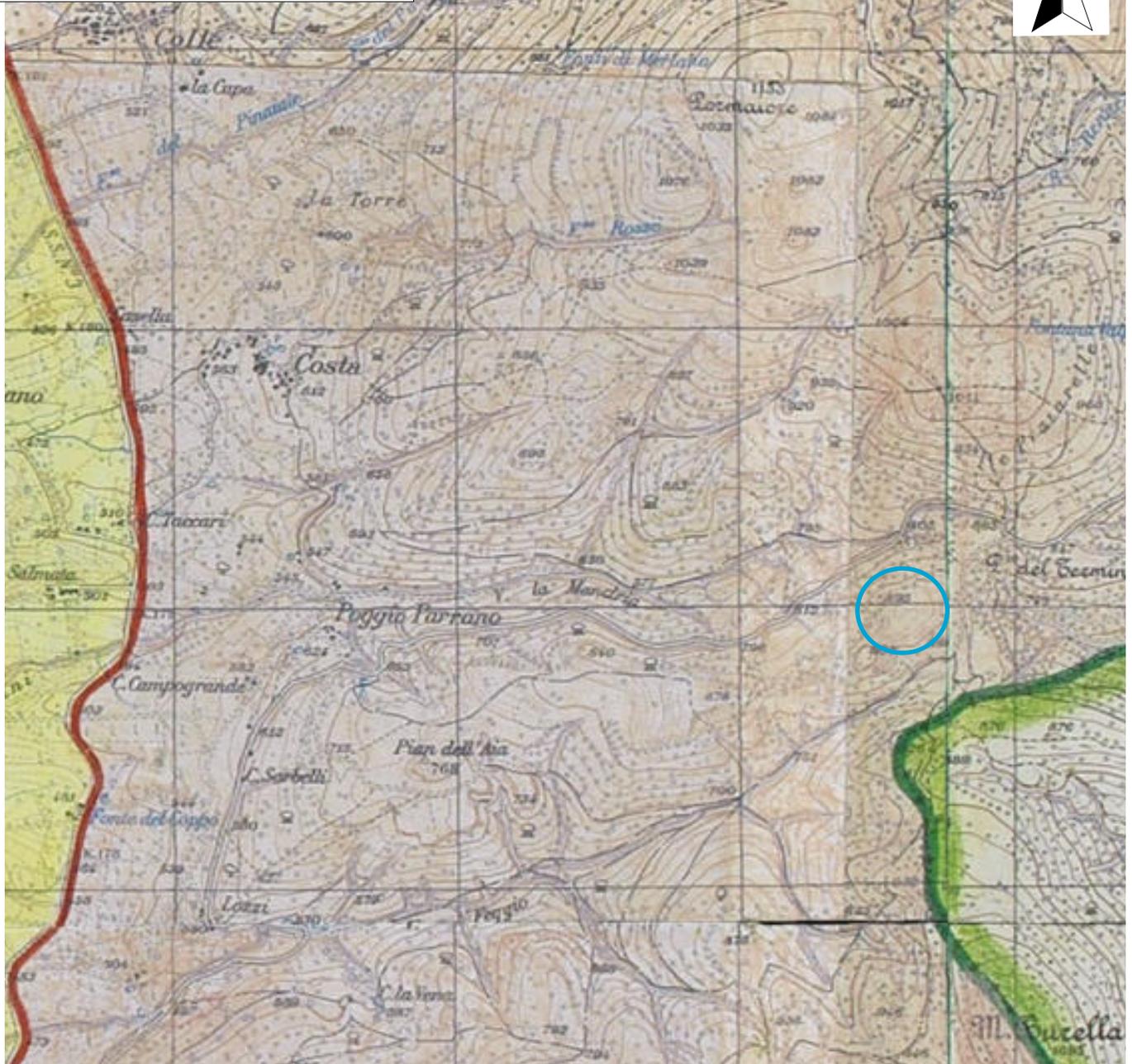
Stralcio Carta del Vincolo Idrogeologico

Scala 1:25.000

Legenda



Area di studio



-  Confine territoriale del Comune
-  Limite delle zone vincolate
-  Zone assoggettate a Vincolo
-  Terreni esclusi dal Vincolo

0 1000 m



COMUNE di VALTOPINA (PG)
Sito WTG VT01

CARTA UBICAZIONE INDAGINI ESEGUITE
Stralcio immagine Google Earth

Legenda

- P_n Prova penetrometrica DPSH
- T_n Prova tomografica H/V
- MASW_n Indagine sismica MASW
- n n' Traccia sezione geolitologica



COMUNE di VALTOPINA (PG)
Sito WTG VT05

CARTA UBICAZIONE INDAGINI ESEGUITE
Stralcio immagine Google Earth

Legenda

- P_n Prova penetrometrica DPSH
- T_n Prova tomografica H/V
- MASW_n Indagine sismica MASW
- n n' Traccia sezione geolitologica



COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)
Sito WTG NU08

CARTA UBICAZIONE INDAGINI ESEGUITE
Stralcio immagine Google Earth

Legenda

- Pn Prova penetrometrica DPSH
- Tn Prova tomografica H/V
- MASWn Indagine sismica MASW
- n — n' Traccia sezione geolitologica



	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

3. Geomorfologia ed idrografia

Da un punto di vista generale l'impianto in progetto si sviluppa lungo la catena appenninica Umbro-Marchigiana.

In particolare nell'aree dove saranno realizzati gli aerogeneratori e lungo il percorso del cavidotto affiorano depositi sedimentari calcarei e arenacei antichi mentre nella zona dove sarà realizzata la stazione SE affiorano depositi fluviali recenti.

Le forme del paesaggio sono da attribuire sia all'azione morfogenica operata dai corsi d'acqua temporanei o perenni sia ai movimenti tettonici, che hanno interessato le catene montuose e le sottostanti aree vallive.

L'analisi della cartografia Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – Progetto IFFI, dell'Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale (I.S.P.R.A.) e della cartografia geomorfologica del P.A.I. dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, ha mostrato che nelle aree dove saranno ubicate le opere in progetto e lungo l'intero tracciato del cavidotto, non sono cartografati fenomeni gravitativi di instabilità, in atto o prevedibili.

Nello specifico il sito di progetto WTG VT01 è ubicato ad una distanza di circa 4 Km in direzione Est-Nord/Est dall'abitato di Valtopina, ed è posto ad una quota media di 1.033 m s.l.m..

Il sito di progetto WTG VT05 è ubicato ad una distanza di circa 4 Km in direzione Nord/Est dall'abitato di Valtopina, ed è posto ad una quota media di 944 m s.l.m..

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

Il sito di progetto WTG NU08 è ubicato ad una distanza di circa 5 Km in direzione Nord-Nord/Est dall'abitato di Nocera Umbra, ed è posto ad una quota media di 893 m s.l.m..

Dal sopralluogo effettuato può affermarsi una sostanziale stabilizzazione delle forme, senza evidenza di fenomenologie degenerative in atto, come si deduce anche dall'esame del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico PAI – Tavole 235 e 246 di 304 dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, tale dato è altresì confermato dall'esame dell'archivio delle frane censite in Italia dal quale infatti, non si rilevano fenomeni franosi in atto (<https://sinacloud.isprambiente.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=1f45ee6f77b94d5ab749e58f490d091e>).

Le aree di progetto dove saranno collocati gli aereogeneratori sono collocate sulla sommità di rilievi montuosi, caratterizzati da blande pendenze dell'ordine di 5-10 %, che aumentano spostandosi verso Ovest in direzione dell'incisione valliva in cui sorgono i comuni di Valtopina e Nocera Umbra.

Per quanto concerne il reticolo idrografico, nell'area scorrono numerosi fossi a direzione prevalente Nord/Est-Sud/Ovest che sfociano in valle nel Fiume Topino, che scorre in direzione circa Sud raccordandosi al Fiume Chiasco, affluente in riva sinistra del Fiume Tevere.

Dalla consultazione dell'elaborato "234304_D_D_0316_00 Carta Vincolo Idrogeologico", nel quale è stato sovrapposta la cartografia del vincolo idrogeologico al tracciato del cavidotto e delle opere in progetto, appare evidente che ad esclusione della

	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

stazione SE, il tracciato del cavidotto e gli aereogeneratori in progetto ricadono tutti in aree assoggettate al Vincolo Idrogeologico.

In generale non sono in stati rilevati fenomeni sorgentizi o di ristagno delle acque, che risultano sufficientemente drenate dai terreni di copertura superficiali o convogliate verso le reti infrastrutturali presenti.

Pertanto, l'interferenza tra le opere e i corsi d'acqua risulta di fatto trascurabile ai fini della fattibilità idraulica e geomorfologica dell'intervento.

In riferimento a quanto sopra esposto, si ritengono le aree d'intervento stabili ed esenti da fenomeni gravitativi di instabilità in atto o prevedibili ed inoltre si ritiene che non esistono interferenze con le acque di scorrimento superficiali, relazionabili al sistema idrografico naturale presente, tali da determinare condizioni di rischio a danno dell'area d'intervento per fenomeni di esondazione ed alluvionamento; si formula pertanto un giudizio favorevole di fattibilità delle opere in progetto, in riferimento alla stabilità morfologica del versante ed alle acque di scorrimento superficiali.

Il sito d'indagine SE si trova a circa 5 km circa Nord dal centro abitato di Nocera Umbra (PG) ed è posto ad una quota di 468 metri s.l.m.

L'area di studio non risulta eccessivamente modificata da interventi antropici ed è possibile riconoscere l'originaria morfologia, caratterizzata da un assetto topografico pianeggiante.

Dal sopralluogo effettuato può affermarsi una sostanziale stabilizzazione delle forme, senza evidenza di fenomeni gravitativi di instabilità, in atto o prevedibili, come si deduce anche dall'esame del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico PAI dell'Autorità di Bacino

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

del Fiume Tevere; tale dato è altresì confermato dall'esame dell'archivio delle frane censite in Italia (<http://www.mais.sinanet.apat.it/cartanetiffi/cartografia.asp>): dal quale infatti, non si rilevano fenomeni franosi in atto.

Nell'area investigata è presente il Torrente Caldogna posto in direzione circa Sud/Ovest che scorre verso Sud confluendo nel Fiume Topino.

Tali fossi sono caratterizzati da portate direttamente connesse al regime meteorico stagionale.

In generale non sono in stati rilevati fenomeni di ruscellamento diffuso, sorgentizi o di ristagno delle acque, che risultano sufficientemente drenate dai terreni di copertura superficiali o convogliate verso le reti infrastrutturali presenti.

Pertanto l'interferenza tra le opere e i corsi d'acqua risulta di fatto trascurabile ai fini della fattibilità idraulica e geomorfologica dell'intervento.

In riferimento a quanto sopra esposto, si ritengono le aree dove saranno ubicate le opere in progetto, stabili ed esenti da fenomeni gravitativi di instabilità in atto o prevedibili ed inoltre si ritiene che non esistono interferenze con le acque di scorrimento superficiali, relazionabili al sistema idrografico naturale presente, tali da determinare condizioni di rischio a danno dell'area d'intervento per fenomeni di esondazione ed alluvionamento; si formula pertanto un giudizio favorevole di fattibilità delle opere in progetto, in riferimento alla stabilità morfologica del versante ed alle acque di scorrimento superficiali.

Ciò consente di esprimere, per quanto di competenza, parere favorevole di fattibilità delle opere in progetto per le finalità di cui all'art. 61 del D.P.R. 380/01, che s'intendono ottemperate con il rilascio dell'autorizzazione sismica ex art. 94 del D.P.R. 380/01.

15



MATEK SYSTEMS SRL
Sede Legale: Via Vesuvio n° 3 – 01030 Vitorchiano (VT)
 Tel/Fax 0761.370600 – Gsm 337.964864
 C.F. e P.IVA 01847750567
info@mateksystems.com - www.mateksystems.com



	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

Per una miglior comprensione di quanto sopra descritto, si rimanda alla consultazione dell'elaborato "234304_D_D_0314_00 Carta Geomorfologica", nel quale è stato sovrapposto alla cartografia del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, il tracciato del cavidotto e delle opere in progetto.

Si riportano di seguito le "carte geomorfologiche" di dettaglio per i singoli siti d'indagine analizzati, in scala 1:10.000.



COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT01

CARTA GEOMORFOLOGICA
Stralcio CTR - Sezione n. 312100 "Valtopina"
Scala 1:10.000

Legenda



Delimitazione area di studio



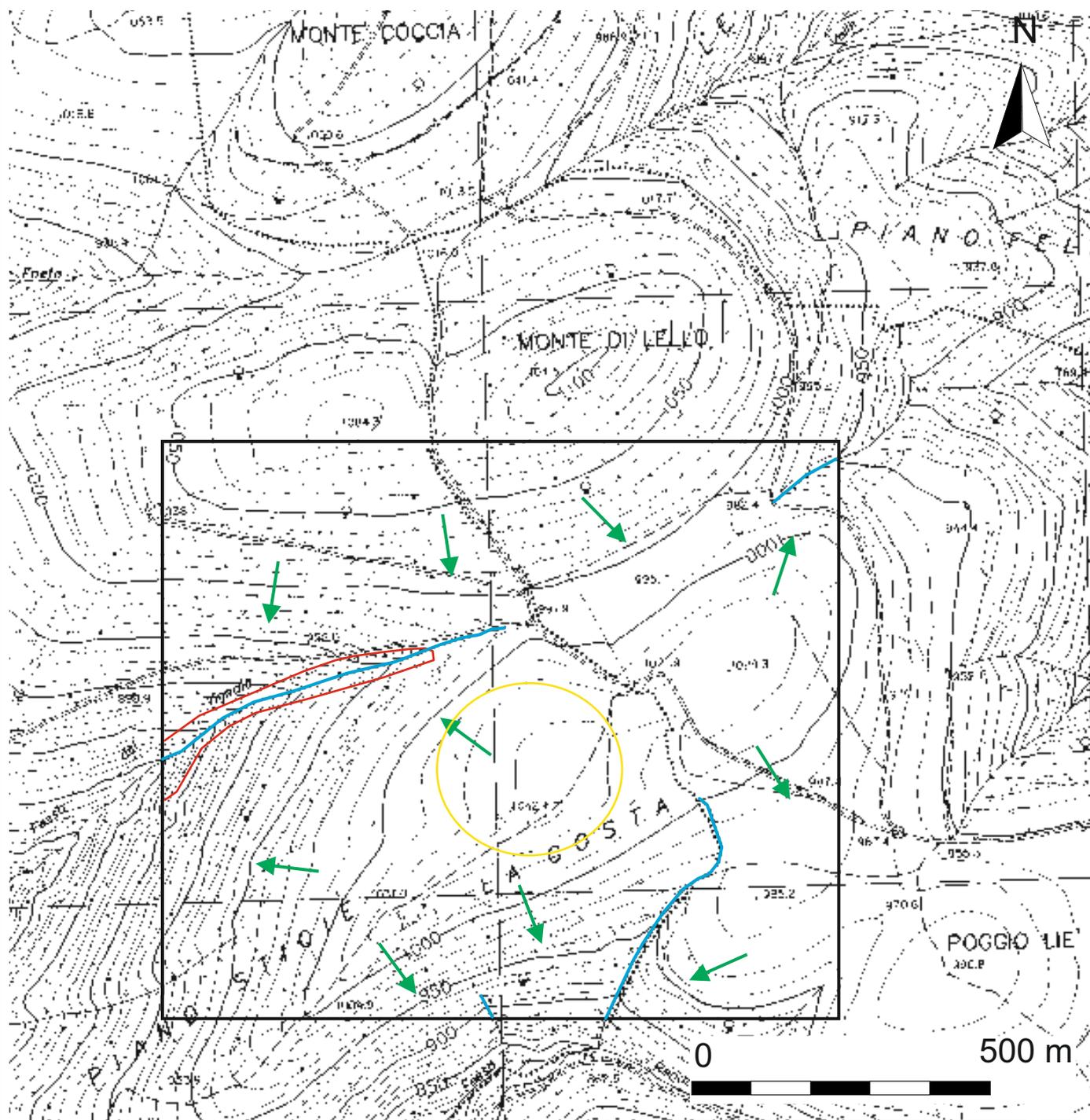
Orlo di scarpata



Direzione preferenziale
del drenaggio superficiale



Reticolo idrografico



COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT05

CARTA GEOMORFOLOGICA
Stralcio CTR - Sezione n. 312100 "Valtopina"
Scala 1:10.000

Legenda



Delimitazione area di studio



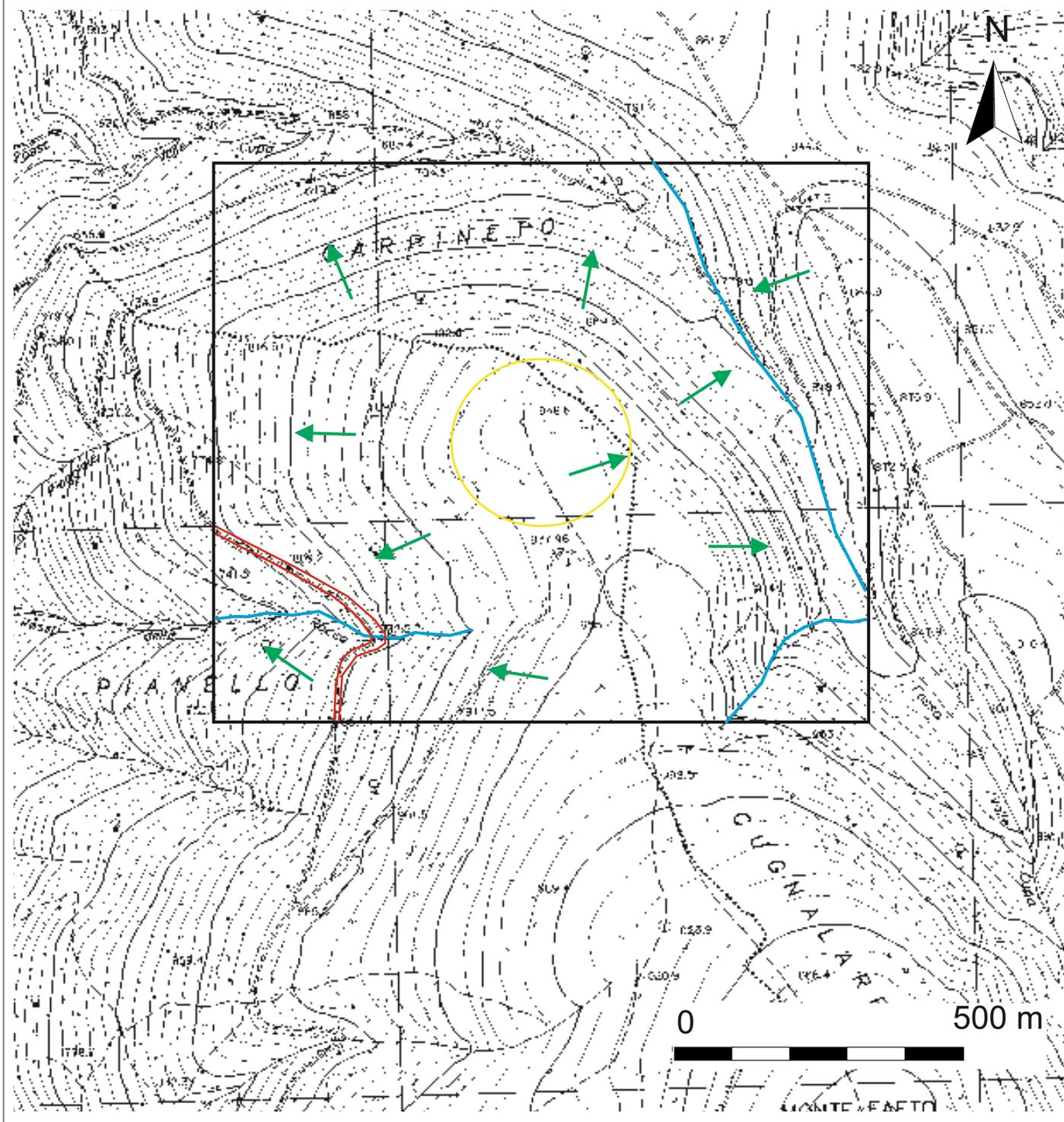
Orlo di scarpata



Direzione preferenziale
del drenaggio superficiale



Reticolo idrografico



COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)
Sito WTG NU08

CARTA GEOMORFOLOGICA
Stralcio CTR - Sezioni nn. 312020 "Gaifana" e 312060 "Nocera Umbra"
Scala 1:10.000

Legenda



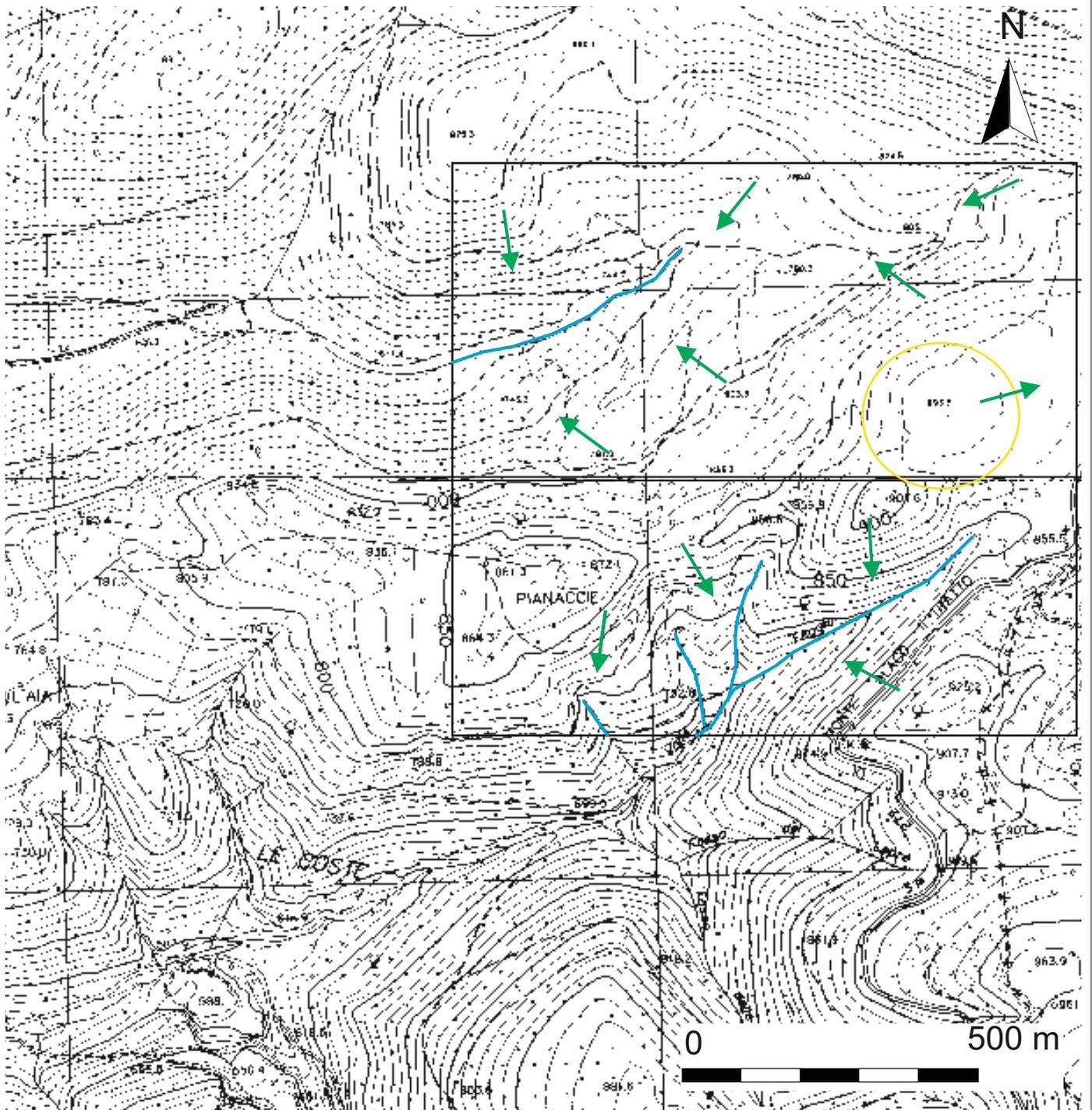
Delimitazione area di studio



Direzione preferenziale
del drenaggio superficiale



Reticolo idrografico



	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

4. Geologia

4.1 Assetto geologico generale

Dal punto di vista geologico la zona in esame ricade nell'ampio Appennino Umbro Marchigiano (A.U.M.).

L'A.U.M. è una catena neogenica costituita da un sistema di pieghe parallele e da sovrascorrimenti con vergenza adriatica.

L'attuale assetto strutturale è il risultato di due importanti fasi tettoniche (compressiva e distensiva) che hanno interessato la sequenza sedimentaria stratigrafica mesozoica.

La fase compressiva si è sviluppata dal Messiniano al Pliocene inferiore ed ha portato alla formazione di pieghe, faglie inverse e sovrascorrimenti, con conseguente accorciamento della copertura sedimentaria che in questo settore appenninico sembra essere rilevante.

La tettonica distensiva postorogena ha avuto inizio probabilmente nel Pliocene superiore ed è quella che darà l'assetto morfostrutturale finale alla regione, in cui faglie dirette a prevalente direzione appenninica dislocano le precedenti strutture compressive.

Queste faglie, organizzate in fasci, hanno generalmente immersione ad W-SW, rigetti dell'ordine anche del migliaio di metri e una disposizione en-echelon (Calamita et alii, 1992); molto importanti sono il fascio M. Vettore-M. Bove dislocante il piano di

	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

sovrascorrimento dei M. Sibillini ed il più occidentale fascio M. Fema-Norcina, ad andamento NNW-SSE.

Il momento parossistico della fase distensiva si raggiunge con l'attivazione di faglie antitetiche ad andamento appenninico e di altre trasversali rispetto alle principali, che hanno portato alla formazione delle depressioni tettoniche.

La configurazione finale è assimilabile ad una struttura a blocchi prismatici diversamente ribassati, in cui le aree depresse (graben) sono delimitate dagli altri elementi morfotettonici corrispondenti, cioè gli horst.

Dal Pleistocene inferiore la zona dove si sviluppano i comuni di Valtopina e Nocera UMBRA ha costituito un'area subsidente, sede di una sedimentazione continentale, lacustre e fluviale.

I depositi fluvio-lacustri poggiano sulla serie carbonatica e si raccordano sul lato NE agli affioramenti calcarei tramite importanti conoidi di deiezione attivi probabilmente fino al Pleistocene medio.

I processi deposizionali avvenivano contestualmente alla tettonica distensiva, fatto testimoniato dalla fagliazione e gradonatura delle conoidi di deiezione.

Nell'origine di queste imponenti conoidi ha avuto un ruolo fondamentale l'attività periglaciale Olocenica correlata alle principali fasi fredde, nel Pleistocene superiore (Wurm) e medio (Riss – Mindel), che hanno favorito la produzione di ingenti quantità di materiali detritici crioclastici.

Le faglie dirette, sono state attive per tutto il Quaternario, ed alcune di esse lo sono anche allo stato attuale, com'è deducibile dall'intensa sismicità presente nell'area.

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

4.2 Quadro geolitologico locale

In riferimento all'assetto generale richiamato nel paragrafo precedente, si può affermare che i siti di progetto denominati WTG VT01, WTG VT02, WTG NU03, WTG VT04, WTG VT05, WTG NU06, WTG NU07 e WTG NU08 sono caratterizzati dalla presenza di calcari e calcari marnosi di colore roseo rosso mattone, a frattura scagliosa, ben stratificati con noduli e liste di selce nera o rosa, ascrivibili alla *Formazione della Scaglia Rossa e Bianca* (sigla E²C⁶ del Foglio n. 123 "Assisi" –in scala 1:100.000).

I siti di progetto WTG NU09 e WTG NU10 sono caratterizzati dalla presenza di depositi di calcari di colore bianco, bianco avorio e grigio, compatti a frattura concoide, ben stratificati con selce in lenti o noduli di colore grigio scura, ascrivibili alla *Formazione del Calcare Rupestre* (sigla C³G¹¹ del Foglio n. 123 "Assisi" –in scala 1:100.000).

Il sito SE è caratterizzato dall'affioramento superficiale di depositi fluvio-lacustri costituiti da ciottoli poligenici e sabbie di origine fluviale, al di sotto dei quali si rinvencono depositi di ciottoli poligenici e sabbie più o meno argillose ascrivibili alla *Formazione Lacustre* (sigla I del Foglio n. 123 "Assisi" –in scala 1:100.000).

Al di sotto dei summenzionati depositi si rinvencono depositi di arenarie alternate a marne argillose ascrivibili alla *Formazione Marnoso Arenacea* (sigla M⁴⁻¹ del Foglio n. 123 "Assisi" –in scala 1:100.000).

In linea generale, l'intero sviluppo del cavidotto in progetto è caratterizzato dalla presenza in superficie di depositi prevalentemente vegetali e/o alterati.

	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

Al di sotto dei depositi su descritti, nelle aree dove saranno ubicati gli aerogeneratori e lungo il percorso del cavidotto sono presenti depositi di calcari e calcari marnosi litoidi e depositi di arenarie e marne argillose litoidi.

Inoltre dal rilevamento geologico eseguito e dall'esame della cartografia geologica è risultato evidente che le aree montuose sono caratterizzate dalla presenza di numerose faglie a cinematismo differente.

Dall'analisi della cartografia del Progetto ITHACA - "Catalogo delle Faglie Capaci" (<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>), risulta che gli elementi tettonici su descritti non sono catalogati come faglie attive e capaci.

In particolare nelle pagine precedenti sono state allegati degli stralci delle cartografie per i siti d'indagine analizzati.

Per una miglior comprensione di quanto sopra descritto, si rimanda alla consultazione dell'elaborato "234304_D_D_0313_00 Carta Geologica", nel quale è stato sovrapposto alla cartografia geologica regionale, il tracciato del cavidotto e delle opere in progetto.

Si riportano di seguito le "carte geologiche" di dettaglio per i singoli siti d'indagine analizzati, in scala 1:10.000.



COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT01

CARTA GEOLOGICA
Stralcio CTR - Sezione n. 312100 "Valtopina"
Scala 1:10.000

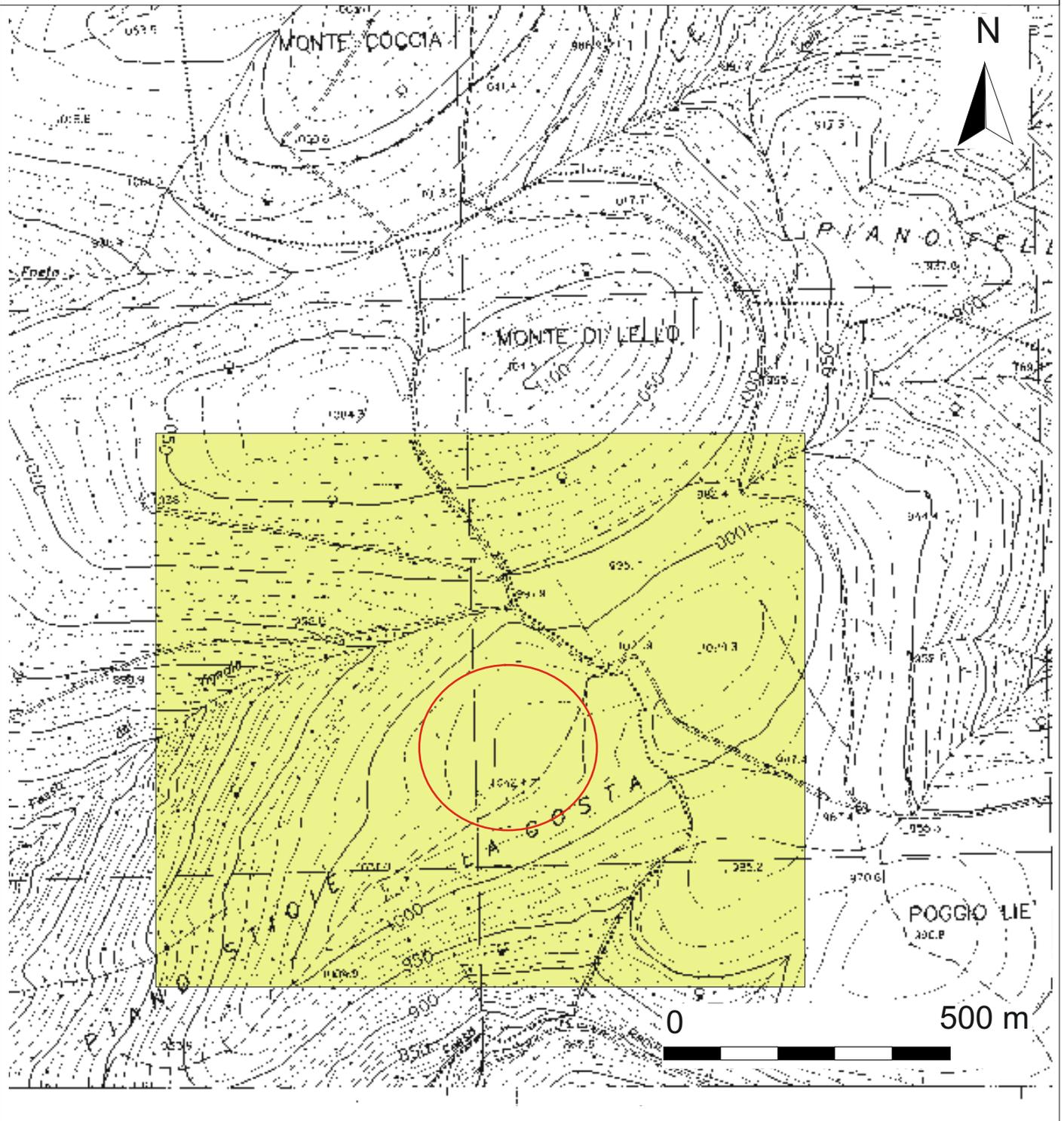
Legenda



Delimitazione area in studio



Formazione della scaglia rossa e bianca



COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT05

CARTA GEOLOGICA
Stralcio CTR - Sezione n. 312100 "Valtopina"
Scala 1:10.000

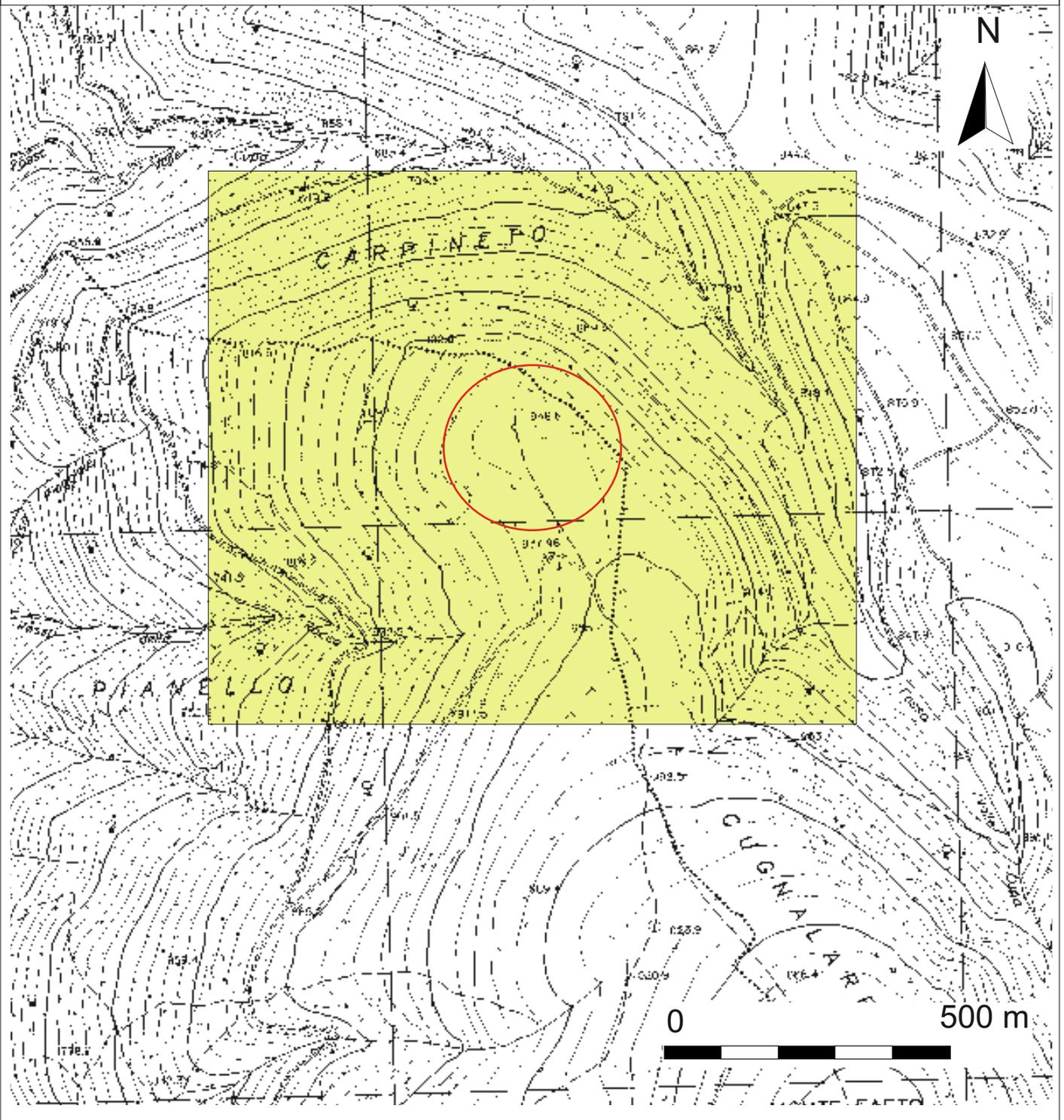
Legenda



Delimitazione area in studio



Formazione della scaglia rossa e bianca



COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)

Sito WTG NU08

CARTA GEOLOGICA

Stralcio CTR - Sezioni nn. 312020 "Gaifana" e 312060 "Nocera Umbra"

Scala 1:10.000

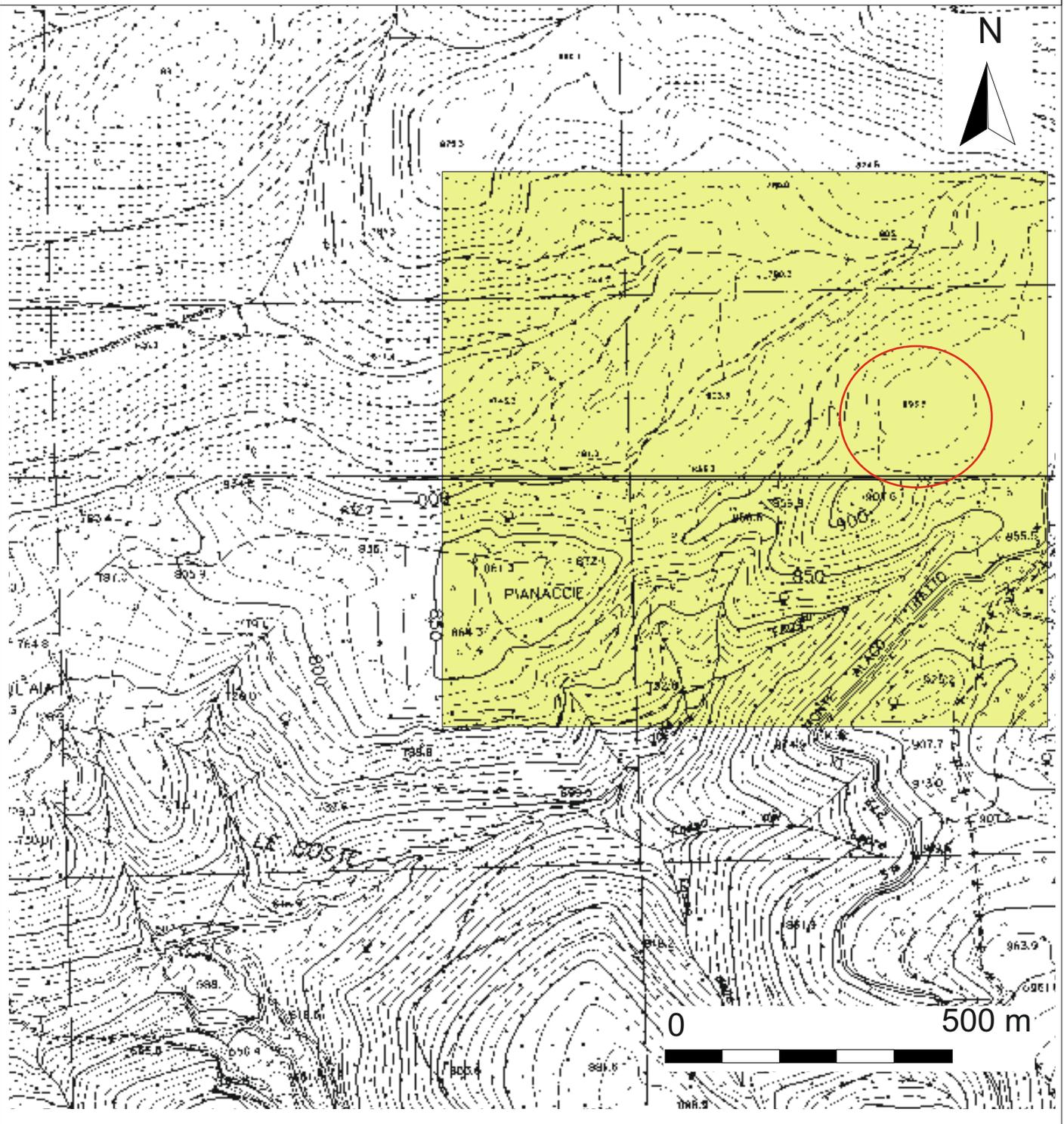
Legenda



Delimitazione area in studio



Formazione della scaglia rossa e bianca



	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

5. Idrogeologia

Dall'esame della "Carta Idrogeologica della Regione Umbria", appare evidente che le opere in progetto ricadono su un territorio caratterizzato dalla presenza di complessi idrogeologici di natura diversa, da quelli sedimentari di origine marina a quelli dei depositi alluvionali recenti e antichi.

Dal punto di vista idrogeologico di dettaglio, i terreni che affiorano nei siti d'indagine denominati WTG VT01, WTG VT02, WTG NU03, WTG VT04, WTG VT05, WTG NU06, WTG NU07 e WTG NU08 sono riferibili al *Complesso idrogeologico dei calcari e calcari marnosi*.

Questo complesso è costituito da calcari e calcari marnosi rosati e rossi con liste di selce rossa e livelli e noduli di selce nera, con spessori variabili dai 400-450 m a 600 m.

Sono sede di acquiferi significativi con sorgenti con portate massime di alcune decine di l/s e buona permeabilità per fratturazione e più raramente per fenomeni carsici.

La permeabilità tende a diminuire verso l'alto in corrispondenza delle frazioni argillose.

La conducibilità idraulica di questo complesso è mediamente compresa tra 1 e 5 m/g, assorbe in media 400/600 mm/a per precipitazioni variabili da 800 a 1300 mm.

Dal punto di vista idrogeologico di dettaglio, i terreni che affiorano nei siti d'indagine denominati WTG NU09 e WTG NU10 sono riferibili al *Complesso idrogeologico dei calcari micritici*.

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

Questo complesso è costituito da calcari micritici bianchi o grigio-chiari a frattura concoide con spessori da alcune decine ad un massimo di 400-450 m, con buone caratteristiche di permeabilità per fratturazione, ed è sede di importanti sorgenti con portate di circa 15 mc/s.

L'infiltrazione efficace è mediamente compresa tra 400 e 700 mm/a per precipitazioni comprese tra 800 e 1300 mm.

Dal punto di vista idrogeologico, dall'analisi dello schema idrogeologico dell'Italia centrale, risulta che, la falda basale è contenuta all'interno dei depositi carbonatici.

In considerazione della morfologia del sito, delle litologie affioranti e del sistema idrogeologico rilevato in zona si può affermare che non esistono evidenze che possano far ipotizzare un'interferenza tra le opere in progetto ed il regime ipogeo.

Dal un punto di vista idrogeologico di dettaglio, i terreni che affiorano nel sito d'indagine SE costituiscono il "*Complesso idrogeologico dei depositi alluvionali*".

Questo complesso è costituito da depositi eterogenei, prevalentemente sabbiosi-ghiaiosi con spessori generalmente entro i 30 metri, con permeabilità per porosità ed ospitano in genere acquiferi a falda libera, raramente acquiferi in pressione.

I valori della trasmissività delle aree degli acquiferi principali sono mediamente compresi tra 100 e 2000 mq/g con valori massimi anche superiori a 5000 mq/g.

Dal punto di vista idrogeologico, da un'anamnesi dei punti d'acqua censiti in zona e/o in possesso dello scrivente, integrata dall'analisi dello schema idrogeologico dell'Italia centrale, risulta che, la verticale del sito in esame, la falda basale giace ad una profondità dal piano di campagna maggiore di compresa tra 15,0 e 20,0 metri.

	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

In considerazione della morfologia del sito, delle litologie affioranti e del sistema idrogeologico rilevato in zona si può affermare che non esistono evidenze che possano far ipotizzare un'interferenza dell'intervento da realizzare con il regime ipogeo.

Per una miglior comprensione di quanto sopra descritto, si rimanda alla consultazione dell'elaborato "234304_D_D_0315_00 Carta Idrogeologica", nel quale è stato sovrapposto alla cartografia idrogeologica regionale, il tracciato del cavidotto e delle opere in progetto.

Si riportano di seguito le "carte idrogeologiche" di dettaglio per i singoli siti d'indagine analizzati, in scala 1:10.000.

COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT01

CARTA IDROGEOLOGICA
Stralcio CTR - Sezione n. 312100 "Valtopina"
Scala 1:10.000

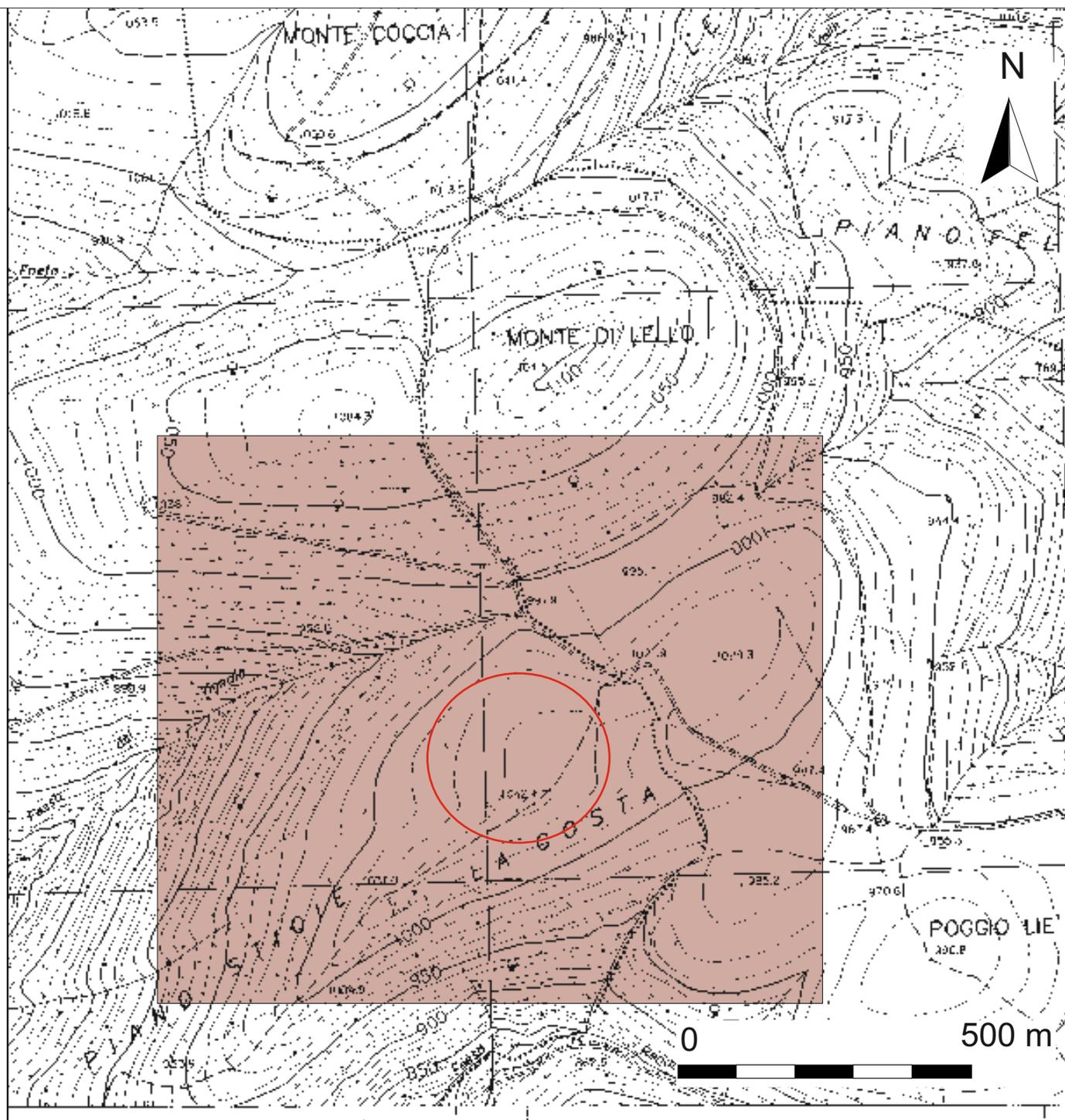
Legenda



Delimitazione area in studio



Complesso idrogeologico
dei calcari e calcari marnosi



COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT05

CARTA IDROGEOLOGICA
Stralcio CTR - Sezione n. 312100 "Valtopina"
Scala 1:10.000

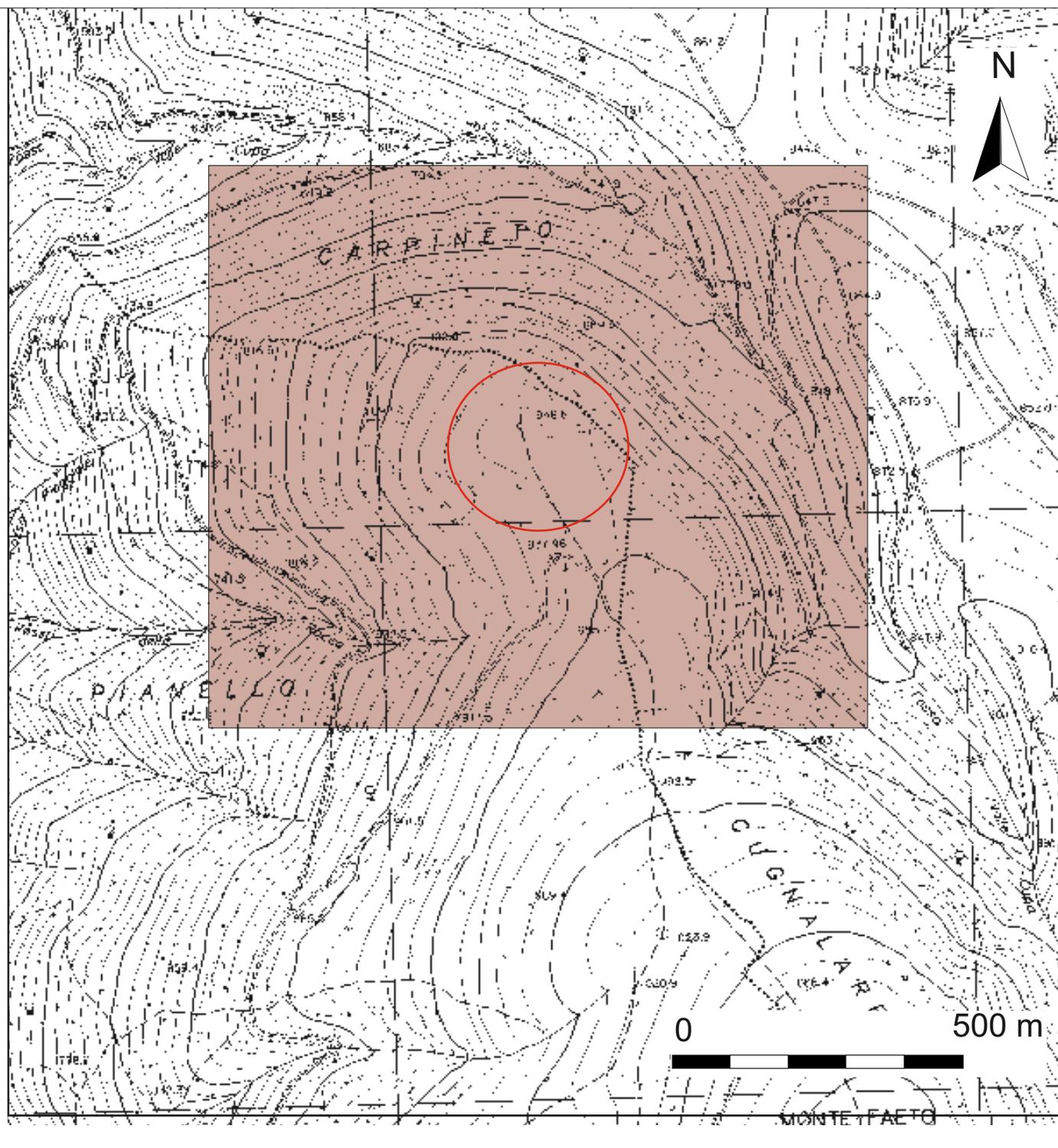
Legenda



Delimitazione area in studio



Complesso idrogeologico
dei calcari e calcari marnosi



COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)

Sito WTG NU08

CARTA IDROGEOLOGICA

Stralcio CTR - Sezioni nn. 312020 "Gaifana" e 312060 "Nocera Umbra"

Scala 1:10.000

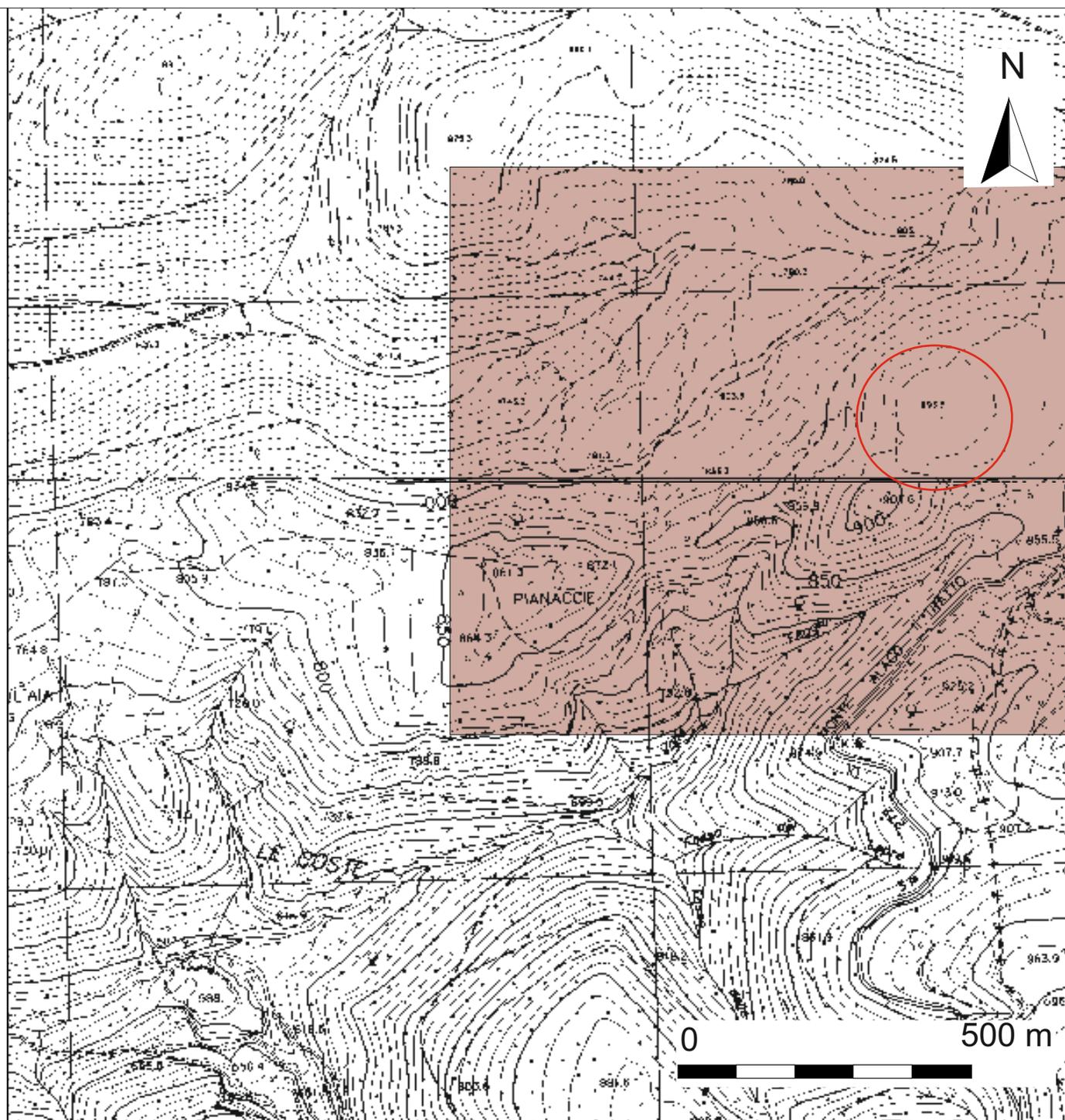
Legenda



Delimitazione area in studio



Complesso idrogeologico
dei calcari e calcari marnosi



	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

6. Sismicità

6.1 Sismicità Regionale

Le zone dove saranno realizzate le opere in progetto, sono collocate in prossimità di importanti aree sismogenetiche quali l'Appennino Umbro Marchigiano.

L'Umbria risulta caratterizzata da una diffusa e frequente attività sismica.

La massima intensità sismica osservata nell'area umbro-marchigiana è pari al X grado della scala Mercalli, che corrisponde ad una percentuale di distruzione pari al 75%. La massima magnitudo mai registrata, espressa secondo la scala Richter, è circa 6.5.

L'attività sismica si colloca prevalentemente nella crosta terrestre, a profondità inferiore a 15 km.

In effetti circa il 95% degli eventi con Magnitudo >3, avvenuti negli ultimi anni, si sono verificati al di sopra di questa profondità, all'interno di uno strato definibile sismogenetico.

I terremoti non avvengono con la stessa intensità e frequenza su tutto il territorio umbro, ma si concentrano lungo alcune fasce ben definite dal punto di vista geologico e fisiografico.

In particolare le zone maggiormente interessate risultano essere l'alta Val Tiberina (area di San Sepolcro e Città di Castello), la Valle Umbra (area di Valfabbrica, Assisi e Spoleto) e l'area di Terni, Narni e dei Monti Martani.

6.2 Sismicità Locale

Studi recenti riguardanti la distribuzione delle Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Stucchi et al. 2007 – disponibile on-line <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15/>) indicano, per le zone in oggetto, dei valori intorno al sesto-settimo grado della scala macrosismica MCS.

I più importanti eventi sismici avvenuti nelle zone e che hanno avuto un grande risentimento nell'aree in studio sono settantadue per il Comune di Nocera Umbra (PG), trentanove per il Comune di Valtopina (PG) e centoquaranta due per il Comune di Foligno (PG), e vengono riportati nelle tabelle sottostanti.

Storia sismica di Nocera Umbra (PG)

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
9	1279 04 30 18	Appennino umbro-marchigiano	9	6.20
5	1719 06 27 06 30	Valnerina	8	5.59
6	1740 07 13	Appennino umbro-marchigiano	6	4.63
7	1741 04 24 09 20	Fabrianese	9	6.17
9	1747 04 17	Appennino umbro-marchigiano	9	6.05
5-6	1748 07 25	Appennino umbro-marchigiano	5-6	4.40
8	1751 07 27 01	Appennino umbro-marchigiano	10	6.38
5	1804 07 28 23	Valle Umbra	6-7	4.95
5	1832 01 13 13	Valle Umbra	10	6.43
NF	1902 10 23 08 51	Reatino	6	4.74
3-4	1904 09 02 11 21	Maceratese	5-6	4.63
4-5	1904 09 24 09 30	Valle Umbra	5	4.24
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	7	5.10
NF	1905 12 09 21 41	Valle Umbra	5	4.24
NF	1906 02 05 16 34	Valnerina	5	4.41

25

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
NF	1908 03 17 03 59	Marche meridionali	5-6	4.61
NF	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	7-8	5.34
NF	1910 06 29 13 52	Valnerina	7	4.93
NF	1911 02 19 07 18 3	Forlivese	7	5.26
5	1914 07 31 21 05	Gualdo Tadino	5	4.47
3	1914 10 27 09 22	Lucchesia	7	5.63
5	1915 01 13 06 52 4	Marsica	11	7.08
NF	1915 03 15 11 23	Alta Valle del Chienti	7	4.97
4-5	1915 03 26 23 37	Perugino	6	4.55
4	1921 04 05 17 40	Appennino umbro-marchigiano	5	4.23
4	1930 10 30 07 13	Senigallia	8	5.83
5	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	8	5.69
NF	1956 10 07 19 12 4	Aquilano	5	4.46
NF	1958 05 08 00 13 2	Valnerina	5	4.25
4	1960 02 24 01 51	Appennino umbro-marchigiano	5	4.32
NF	1960 07 18 04 07	Ternano	6-7	4.53
3-4	1961 03 23 01 01	Bacino di Gubbio	7	4.96
NF	1964 08 02 10 40	Valnerina	6	4.53
5	1971 02 11 18 49 2	Valle del Chiascio	6	4.61
3	1973 12 30 06 30 3	Valle del Chiascio	7-8	5.11
5-6	1978 12 05 04 45	Nocera Umbra	4-5	4.22
6	1979 09 19 21 35 3	Valnerina	8-9	5.83
4	1980 02 28 21 04 4	Valnerina	6	4.97
NF	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	10	6.81
5-6	1982 10 17 04 54 3	Perugino	6	4.42
4	1982 10 17 06 45 3	Perugino	6	4.65
5-6	1982 10 18 02 45 1	Perugino	5-6	4.31

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
5-6	☒ 1982 10 19 01 22 5	Perugino	5	4.26
3	☒ 1986 10 13 05 10 0	Monti Sibillini	5-6	4.46
NF	☒ 1987 07 03 10 21 5	Costa Marchigiana	7	5.06
3	☒ 1989 12 22 06 48 1	Valle Umbra	5	4.44
4-5	☒ 1990 09 12 02 59 4	Valle Umbra	5-6	4.12
5-6	☒ 1993 06 04 21 36 5	Valle del Topino	5-6	4.39
5-6	☒ 1993 06 05 19 16 1	Valle del Topino	6	4.72
3	☒ 1997 07 15 08 51 1	Appennino umbro-marchigiano	4-5	3.34
5	☒ 1997 09 03 22 07 2	Appennino umbro-marchigiano	6	4.54
5	☒ 1997 09 07 23 28 0	Appennino umbro-marchigiano	5-6	4.19
3-4	☒ 1997 09 09 16 54 4	Appennino umbro-marchigiano	5-6	3.78
3-4	☒ 1997 09 10 06 46 5	Appennino umbro-marchigiano	5	3.85
6-7	☒ 1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	7-8	5.66
7-8	☒ 1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	8-9	5.97
5	☒ 1998 02 07 00 59 4	Appennino umbro-marchigiano		4.41
4	☒ 1998 03 21 16 45 0	Appennino umbro-marchigiano		5.00
4-5	☒ 1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano		5.26
5	☒ 1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano		4.78
5	☒ 1998 06 01 13 57 1	Appennino umbro-marchigiano		4.02
4-5	☒ 1998 06 02 23 11 2	Appennino umbro-marchigiano		4.25
5-6	☒ 1998 08 11 05 22 5	Appennino umbro-marchigiano		3.26
5-6	☒ 2000 08 11 04 33 4	Appennino umbro-marchigiano	4-5	3.58
NF	☒ 2000 09 02 05 17 0	Appennino umbro-marchigiano	5	4.40
3	☒ 2001 04 16 08 51 5	Appennino umbro-marchigiano	4-5	3.57
NF	☒ 2005 04 12 00 31 5	Maceratese	4	3.74
2	☒ 2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	5	4.14
NF	☒ 2006 04 10 19 03 3	Maceratese	5	4.06

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
NF	2006 10 21 07 04 1	Anconetano	5	4.21
5	2016 10 26 19 18 0	Valnerina		6.07

Tabella 2. Elenco degli eventi sismici sia storici che strumentali che hanno interessato direttamente o indirettamente l'area in studio. Is - intensità al sito (MCS); AE - Denominazione dell'area dei maggiori effetti; Io - Intensità epicentrale (MCS); Mw - magnitudo momento.

Storia sismica di Valtopina (PG)

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
6	1979 09 19 21 35 3	Valnerina	8-9	5.83
5	1980 02 28 21 04 4	Valnerina	6	4.97
4-5	1980 05 24 20 16 0	Monti Sibillini	5-6	4.48
4	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	10	6.81
5	1982 10 17 04 54 3	Perugino	6	4.42
6	1982 10 18 15 29 2	Perugino	6-7	4.56
3	1987 07 03 10 21 5	Costa Marchigiana	7	5.06
3	1989 11 19 03 40 2	Valnerina	5	4.13
4	1989 12 22 06 48 1	Valle Umbra	5	4.44
2	1990 09 12 02 59 4	Valle Umbra	5-6	4.12
5	1993 06 04 21 36 5	Valle del Topino	5-6	4.39
5-6	1993 06 05 19 16 1	Valle del Topino	6	4.72
4	1997 07 15 08 51 1	Appennino umbro-marchigiano	4-5	3.34
4-5	1997 09 03 22 07 2	Appennino umbro-marchigiano	6	4.54
5-6	1997 09 07 23 28 0	Appennino umbro-marchigiano	5-6	4.19
4-5	1997 09 09 16 54 4	Appennino umbro-marchigiano	5-6	3.78
4-5	1997 09 10 06 46 5	Appennino umbro-marchigiano	5	3.85
7-8	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	7-8	5.66
7-8	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	8-9	5.97
8	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano		5.22
7-8	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano		5.47
6	1997 10 14 15 23 1	Valnerina		5.62

Intensity	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
5-6	1997 10 23 08 58 4	Appennino umbro-marchigiano		3.86
5	1997 11 09 19 07 3	Valnerina		4.87
5	1998 02 07 00 59 4	Appennino umbro-marchigiano		4.41
5	1998 03 21 16 45 0	Appennino umbro-marchigiano		5.00
5-6	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano		5.26
4-5	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano		4.78
4-5	1998 06 01 13 57 1	Appennino umbro-marchigiano		4.02
5	1998 06 02 23 11 2	Appennino umbro-marchigiano		4.25
5	1998 08 11 05 22 5	Appennino umbro-marchigiano		3.26
4-5	2000 06 22 12 16 3	Bacino di Gubbio	5	4.47
3	2000 08 11 04 33 4	Appennino umbro-marchigiano	4-5	3.58
4-5	2000 09 02 05 17 0	Appennino umbro-marchigiano	5	4.40
NF	2001 04 16 08 51 5	Appennino umbro-marchigiano	4-5	3.57
NF	2005 04 12 00 31 5	Maceratese	4	3.74
4	2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	5	4.14
NF	2006 04 10 19 03 3	Maceratese	5	4.06
3	2006 10 21 07 04 1	Anconetano	5	4.21

Tabella 3 – Elenco degli eventi sismici sia storici che strumentali che hanno interessato direttamente o indirettamente l'area di studio. Is - intensità al sito (MCS); AE - Denominazione dell'area dei maggiori effetti; Io - Intensità epicentrale (MCS); Mw - magnitudo momento.

Storia sismica di Foligno (PG)

Intensity	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
7-8	1279 04 30 18	Appennino umbro-marchigiano	9	6.20
F	1328 12 01	Valnerina	10	6.49
5-6	1477 01 30 16	Valle Umbra	5-6	4.40
7-8	1477 02 03 01	Valle Umbra	6-7	4.86
3-4	1672 04 14 15 45	Riminese	8	5.59
6-7	1690 01 26	Valle Umbra	6	4.63
5-6	1690 02 03 02 30	Valle Umbra	5-6	4.40

Intensity	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
5	1702 11 14	Valnerina	5-6	4.40
7	1703 01 14 18	Valnerina	11	6.92
7	1703 01 16 13 30	Appennino laziale-abruzzese		
5	1719 06 27 06 30	Valnerina	8	5.59
4-5	1730 05 12 05	Valnerina	9	6.04
6	1741 04 24 09 20	Fabrianese	9	6.17
5	1745 03	Valle Umbra	7	5.10
5	1751 06 11	Ternano	7	5.12
6-7	1751 07 27 01	Appennino umbro-marchigiano	10	6.38
4-5	1752 07 13 21 40	Appennino umbro-marchigiano	5	4.61
6	1766 12 24 12 24	Valnerina	6	4.63
4-5	1781 06 03	Cagliese	10	6.51
F	1785 05 03 02 30	Appennino umbro-marchigiano	7	5.10
7	1791 10 11 13 05	Appennino umbro-marchigiano	8	5.57
F	1792 07 20	Ternano	6-7	5.06
3	1795 06 19 23 30	Maceratese	6	4.70
7	1799 09 09 10 30	Foligno	7	5.10
5	1804 07 28 23	Valle Umbra	6-7	4.95
F	1805 07 26 21	Molise	10	6.68
4	1828 04 11 22 25	Appennino umbro-marchigiano	5-6	4.93
8	1832 01 13 13	Valle Umbra	10	6.43
5-6	1832 10 31	Foligno	5-6	4.40
6	1838 02 14 07 30	Valnerina	8	5.48
3	1842 01 23	San Severino Marche	4-5	4.41
5-6	1854 01 17 09	Narni	5-6	4.71
6	1854 02 12 05	Valle Umbra	8	5.57
6	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	8	5.85
F	1876 05 22 00 30	Spoletto	5-6	4.57
6	1878 09 15 07 20	Valle Umbra	8	5.46

Intensity	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
5	1881 03 11 22 50	Valle Umbra	5	4.51
F	1882 05 26 04 15	Cascia	5	4.45
3	1893 08 02 00 59	Valnerina	5-6	4.55
NF	1895 05 18 19 55 1	Fiorentino	8	5.50
4-5	1895 05 20 15 32 5	Valle Umbra	5-6	4.49
4	1895 08 25 00 17 1	Sellano	5	4.25
3-4	1897 01 19 19 20	Poggiodomo	6	4.68
5	1897 09 12 00 55	Valle Umbra	5	4.19
4-5	1897 12 18 07 24 2	Alta Valtiberina	7	5.09
5	1898 06 27 23 38	Reatino	8	5.50
5	1898 08 25 16 37 4	Valnerina	7	5.03
5	1898 09 12 14 14 1	Valnerina	8	5.48
5	1904 06 20 01 24	Assisi	5	4.10
5	1904 09 24 09 30	Valle Umbra	5	4.24
3-4	1905 12 09 21 41	Valle Umbra	5	4.24
NF	1907 01 23 00 25	Adriatico centrale	5	4.75
NF	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	6-7	5.36
3	1910 12 26 16 30	Monti della Laga	5-6	4.56
4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	7	5.63
4-5	1915 01 13 06 52 4	Marsica	11	7.08
4	1915 03 15 11 23	Alta Valle del Chienti	7	4.97
4	1915 03 26 23 37	Perugino	6	4.55
3	1916 08 16 07 06 1	Riminese	8	5.82
4	1917 04 26 09 35 5	Alta Valtiberina	9-10	5.99
3-4	1917 05 12 15 34 3	Ternano	7-8	5.03
3	1917 07 08 02	Appennino laziale-abruzzese	5-6	4.68
5	1917 07 19 00 55	Valle Umbra	4	3.70
4	1918 04 14 01 56	Monti Martani	6	4.48
3	1919 06 29 15 06 1	Mugello	10	6.38

Intensity	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
NF	1919 09 10 16 57	Val di Paglia	7-8	5.36
NF	1919 10 22 06 10	Anzio	6-7	5.22
4	1922 06 08 07 47	Valle del Chienti	6	4.73
F	1924 01 02 08 55 1	Senigallia	7-8	5.48
4	1927 08 16 00 53	Valnerina	6	4.57
5	1929 05 07 17 06	Valle Umbra	5	4.16
4	1930 10 30 07 13	Senigallia	8	5.83
3	1933 09 26 03 33 2	Maiella	9	5.90
6	1935 06 06 11 05	Valle Umbra	5	4.16
6	1936 04 05 18 10	Valle Umbra	5	4.16
3	1936 12 09 07 34	Caldarola	6-7	4.76
4	1940 10 16 13 17	Val di Paglia	7-8	5.29
4	1943 01 29	Monti Sibillini	6-7	4.94
3	1948 12 31 03 32	Monti Reatini	8	5.42
4	1949 03 28 21 34 2	Valnerina	4	3.70
5	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	8	5.69
5	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	7	5.25
5	1951 09 01	Monti Sibillini	7	5.25
NF	1958 05 08 00 13 2	Valnerina	5	4.25
5	1960 02 06 12 00 3	Valle Umbra	5	4.18
4	1960 03 16 01 52 4	Monti della Laga	5	4.44
4	1962 08 30 12 10	Valnerina	7	5.02
F	1964 08 02 10 40	Valnerina	6	4.53
5	1965 05 29 13 39 4	Valle Umbra	6-7	4.32
5	1965 05 31 09 22 1	Valle Umbra	5-6	4.48
2	1969 08 11 13 55	Lago Trasimeno	7	4.70
4	1969 09 26 23 40 3	Teramano	5	4.39
4	1970 09 07 14 02 2	Appennino umbro-marchigiano	5	4.35
4	1971 02 11 18 49 2	Valle del Chiascio	6	4.61

Intensity	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
4-5	☒ 1971 02 12 04 54 5	Valle del Chiascio	7	4.89
5	☒ 1971 04 02 01 43 5	Valnerina	6	4.50
F	☒ 1974 01 05 07 33 2	Valle del Chiascio	7-8	5.28
5	☒ 1978 07 30 05 19 2	Ternano	7	4.32
4-5	☒ 1978 12 05 04 45	Nocera Umbra	4-5	4.22
F	☒ 1979 01 25 23 53 0	Valnerina	5	4.44
6	☒ 1979 09 19 21 35 3	Valnerina	8-9	5.83
5	☒ 1980 02 28 21 04 4	Valnerina	6	4.97
3-4	☒ 1980 05 24 20 16 0	Monti Sibillini	5-6	4.48
4	☒ 1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	10	6.81
4	☒ 1982 10 17 04 54 3	Perugino	6	4.42
4	☒ 1982 10 18 15 29 2	Perugino	6-7	4.56
4	☒ 1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	7	5.62
2-3	☒ 1986 10 13 05 10 0	Monti Sibillini	5-6	4.46
3	☒ 1989 11 19 03 40 2	Valnerina	5	4.13
4	☒ 1989 12 22 06 48 1	Valle Umbra	5	4.44
4	☒ 1990 09 12 02 59 4	Valle Umbra	5-6	4.12
3-4	☒ 1992 02 18 09 20 2	Valle Umbra	5	3.48
4	☒ 1993 06 04 21 36 5	Valle del Topino	5-6	4.39
4-5	☒ 1993 06 05 19 16 1	Valle del Topino	6	4.72
NF	☒ 1997 07 15 08 51 1	Appennino umbro-marchigiano	4-5	3.34
3-4	☒ 1997 09 03 22 07 2	Appennino umbro-marchigiano	6	4.54
4-5	☒ 1997 09 07 23 28 0	Appennino umbro-marchigiano	5-6	4.19
3-4	☒ 1997 09 09 16 54 4	Appennino umbro-marchigiano	5-6	3.78
4	☒ 1997 09 10 06 46 5	Appennino umbro-marchigiano	5	3.85
6-7	☒ 1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	7-8	5.66
7	☒ 1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	8-9	5.97
5	☒ 1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano		5.22
7	☒ 1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano		5.47

FRI-EL	RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	
	<i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

Intensity	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
6	☰ 1997 10 14 15 23 1	Valnerina		5.62
5	☰ 1997 10 23 08 58 4	Appennino umbro-marchigiano		3.86
4-5	☰ 1997 11 09 19 07 3	Valnerina		4.87
5	☰ 1998 02 07 00 59 4	Appennino umbro-marchigiano		4.41
4	☰ 1998 02 16 13 45 1	Valnerina		3.75
6	☰ 1998 03 21 16 45 0	Appennino umbro-marchigiano		5.00

Tabella 4 – Elenco degli eventi sismici sia storici che strumentali che hanno interessato direttamente o indirettamente l'area di studio. Is - intensità al sito (MCS); AE - Denominazione dell'area dei maggiori effetti; Io - Intensità epicentrale (MCS); Mw - magnitudo momento.

Dall'analisi dei recenti inventari di faglie attive, nello specifico è stato consultato il Diss 3.1 (nello specifico il Diss 3.2: DissWorking Group, 2015 - consultabile on-line: <http://www.ingv.it/DISS/>), si riscontra la presenza di strutture sismogenetiche site in prossimità dell'areale di progetto.

In particolare le aree di progetto ricadano all'interno delle strutture sismogenetiche denominate "Piandimeleto-Bavareto" e "Colfiorito".

Tuttavia dall'analisi della cartografia del Progetto ITHACA - "Catalogo delle Faglie Capaci" (<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>), risulta nessuna delle aree di progetto è caratterizzata da elementi tettonici catalogati come faglie attive e capaci.

Con l'Ordinanza PCM 3274/03 e il successivo D.M. 14.01.2008 e D.M. 17.01.2018 si sono andati chiarendo e semplificando i rapporti fra esigenze normative e formati secondo i quali la pericolosità sismica deve essere valutata.

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

I dati di pericolosità sismica prodotti da INGV (MPS04 e successive integrazioni prodotte nell'ambito del progetto INGV-DPC S1, disponibili sui siti web <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> e <http://esse1.mi.ingv.it/>) hanno fornito una prima risposta, che ha avuto un riconoscimento ufficiale nell' Ordinanza PCM 3519/06 "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

Pertanto i territori dei Comuni di Nocera Umbra e Valtopina (PG) sono stati classificati appartenenti alla Zona Sismica 2 mentre quello di Foligno (PG) alla Zona sismica 1

Si fornisce inoltre la cartografia dei valori di pericolosità sismica del territorio nazionale espressi in termini di accelerazione massima del suolo (vedi Carta Classificazione Sismica e Carta dei Valori di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale).

Dalla Carta dei Valori di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale si osserva che la pericolosità sismica è stimata con una maggiore precisione; di fatto le variazioni sono continue e graduali, pertanto l'accelerazione orizzontale massima del suolo per l'area dove ricadono le opere in progetto, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi è a **0,225-0,250 g**, vale a dire lo scuotimento atteso del terreno in termini di accelerazione.

Si tratta di valori di accelerazione orizzontale attesa medio - alti.

Per quanto riguarda la microzonazione sismica, Comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno ricadono nelle Unità Amministrativa Sismica (UAS) omonime.

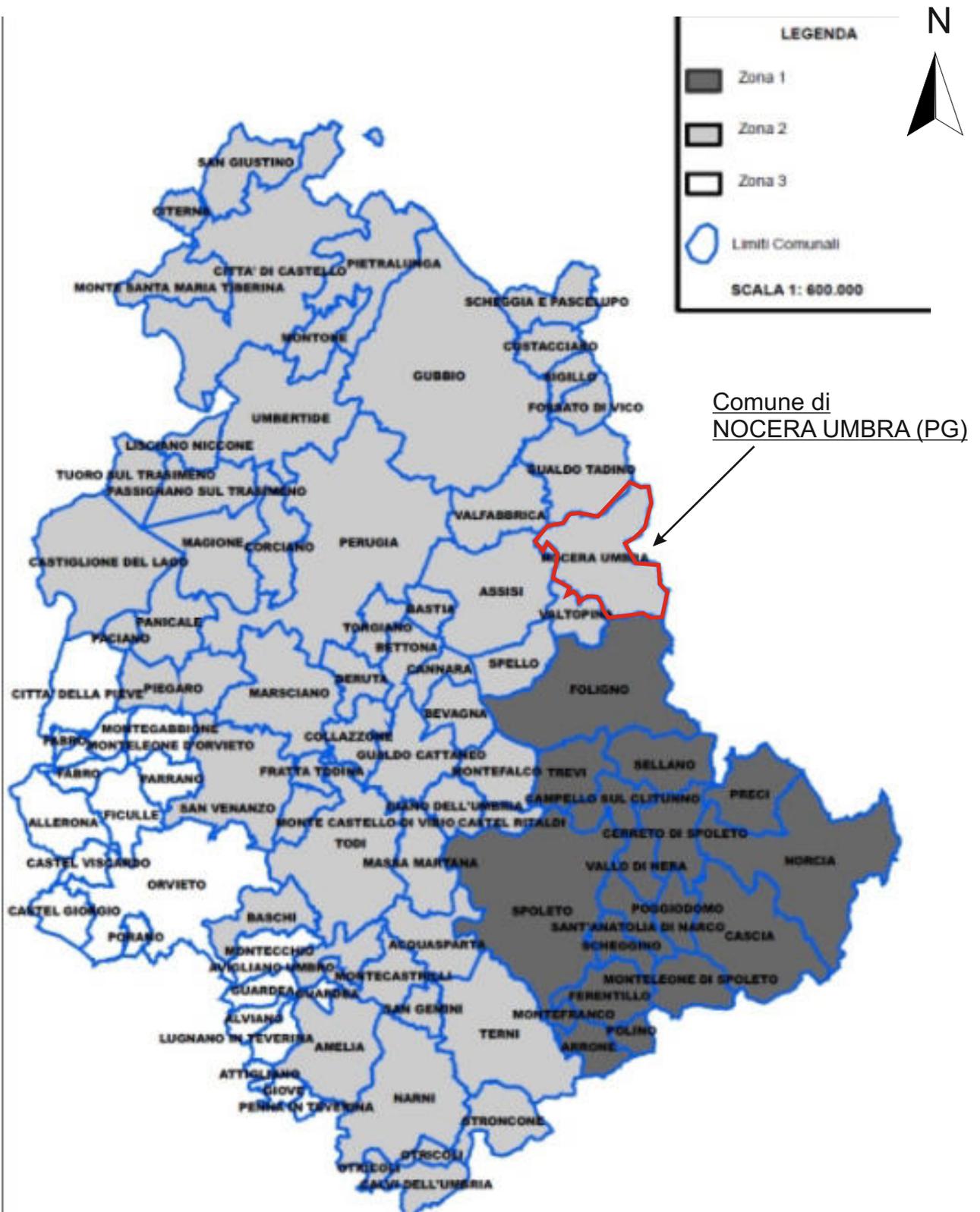
	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

In particolare i siti di progetto WTG VT01 e WTG NU08 ricadono in aree stabili mentre il sito di progetto WTG VT05 ricade in una zona a cavallo tra aree stabili ed aree suscettibili ad amplificazione sismica locale.

Di seguito si riportano gli stralci delle cartografie MOPS per i siti su descritti.

COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)
Impianto eolico denominato "Monte Busseto"

CARTA CLASSIFICAZIONE SISMICA
Ordinanza P.C.M. 3519 del 28/04/06 e con recepimento
delle variazioni operate dalla D.G.R. 1111 del 18/09/2012

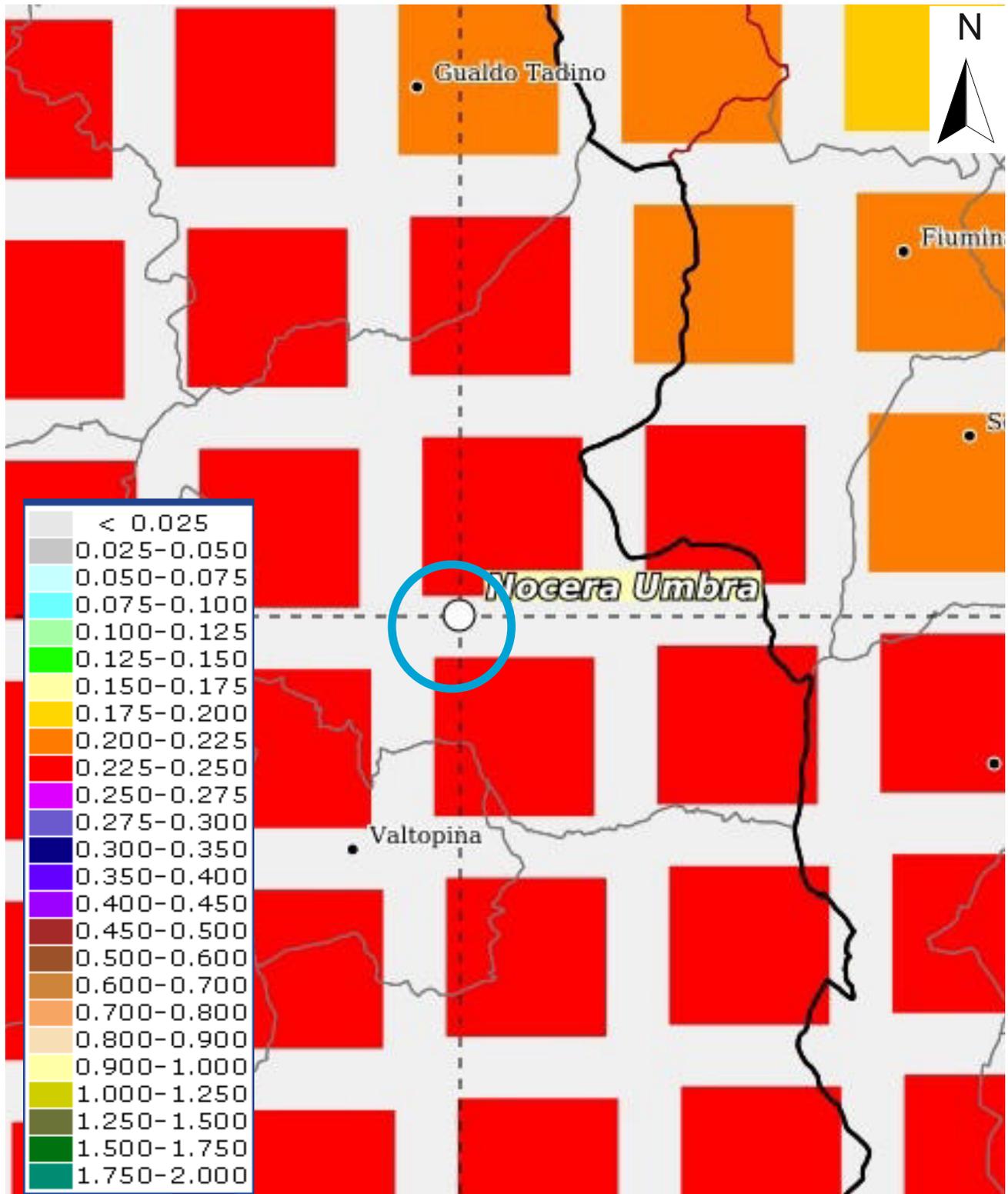


COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)
Impianto eolico denominato "Monte Busseto"

CARTA DEI VALORI DI PERICOLOSITA' SISMICA DEL TERRITORIO

(rif. Ordinanza PCM 3519 del 28/04/06)

Espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza > 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ($V_s > 800\text{m/s}$)

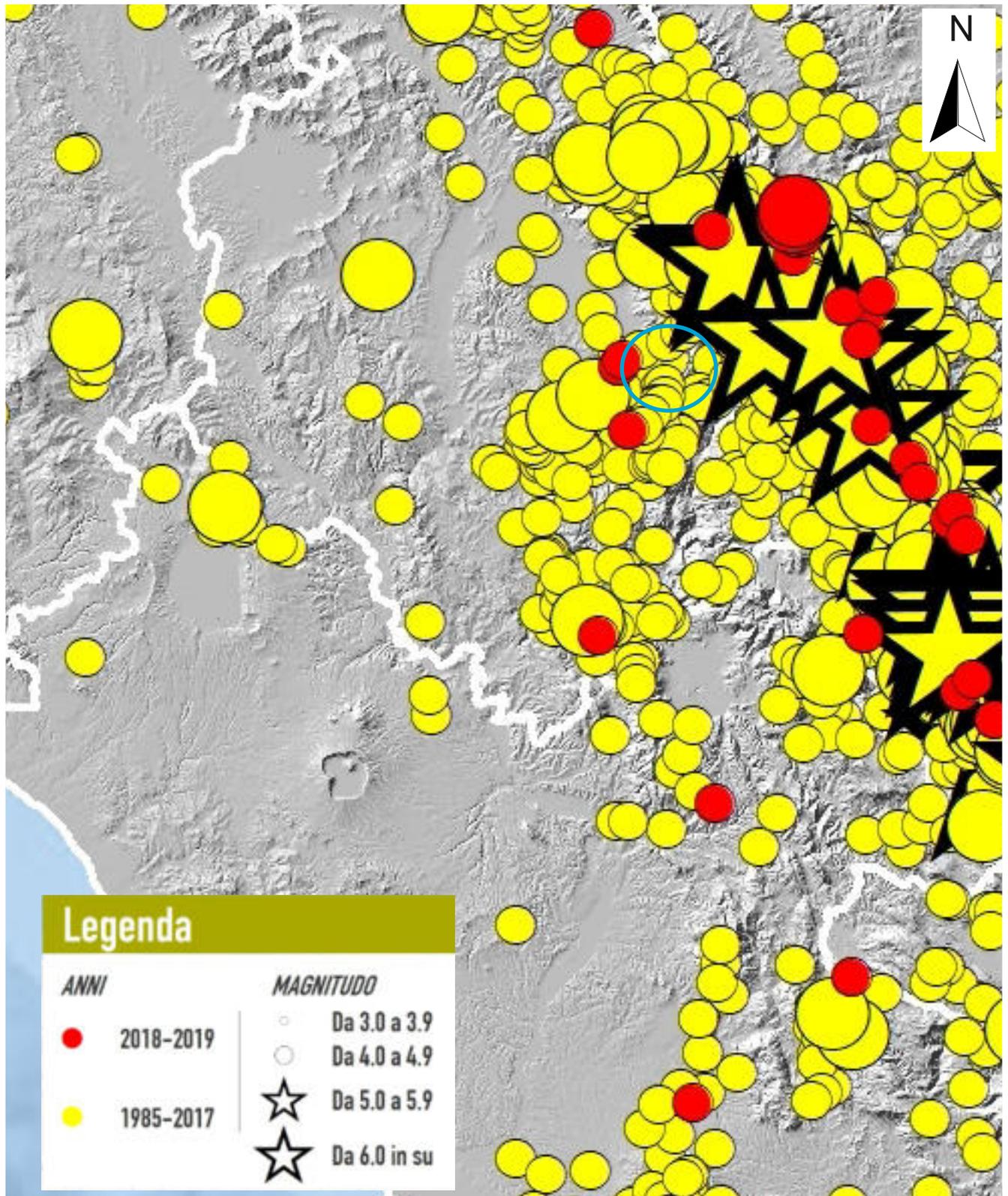


COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)
Impianto eolico denominato "Monte Busseto"

CARTA DELLA SISMICITA' STRUMENTALE

(Sismicità registrata nel periodo 1985-2019)

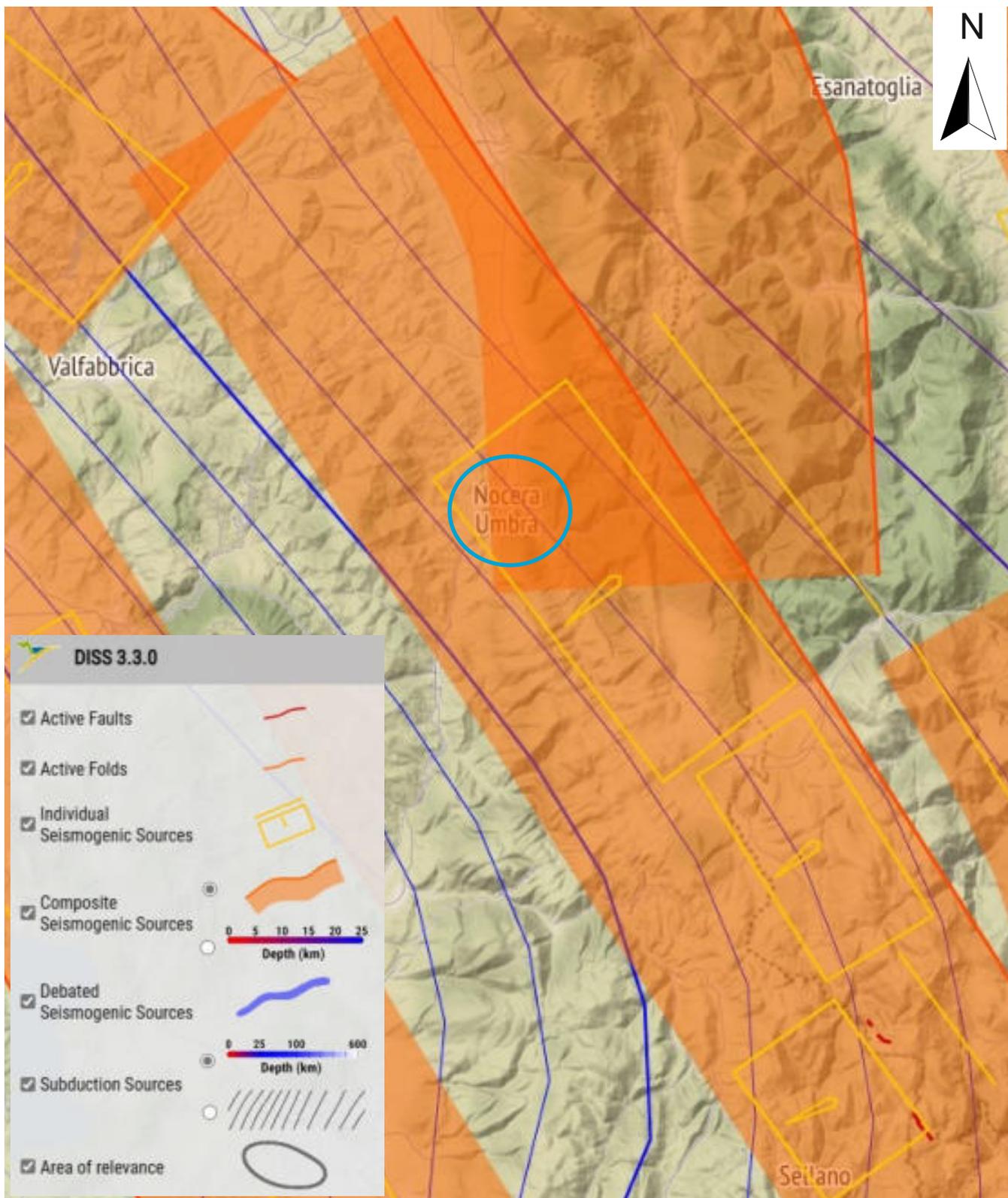
Fonte dei dati: Progetto ISIDE <http://iside.rm.ingv.it/>)



COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)
Impianto eolico denominato "Monte Busseto"

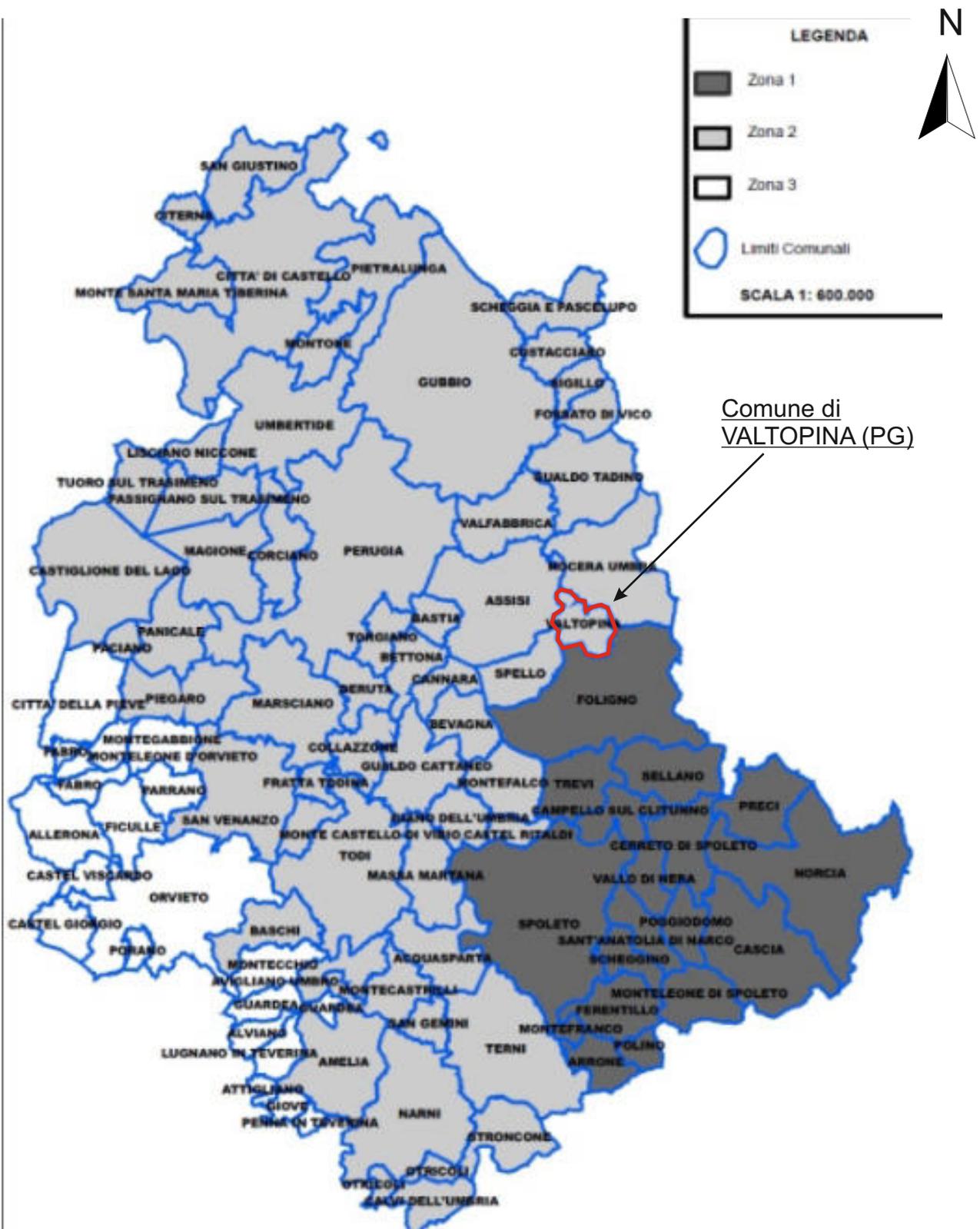
CARTA DELLA SISMICITA' STORICA, STRUMENTALE E
DELLE STRUTTURE SISMOGENETICHE

Dati disponibili on-line: http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3_INGV/GFMaplet/Default



COMUNE di VALTOPINA (PG)
Impianto eolico denominato "Monte Busseto"

CARTA CLASSIFICAZIONE SISMICA
Ordinanza P.C.M. 3519 del 28/04/06 e con recepimento
delle variazioni operate dalla D.G.R. 1111 del 18/09/2012

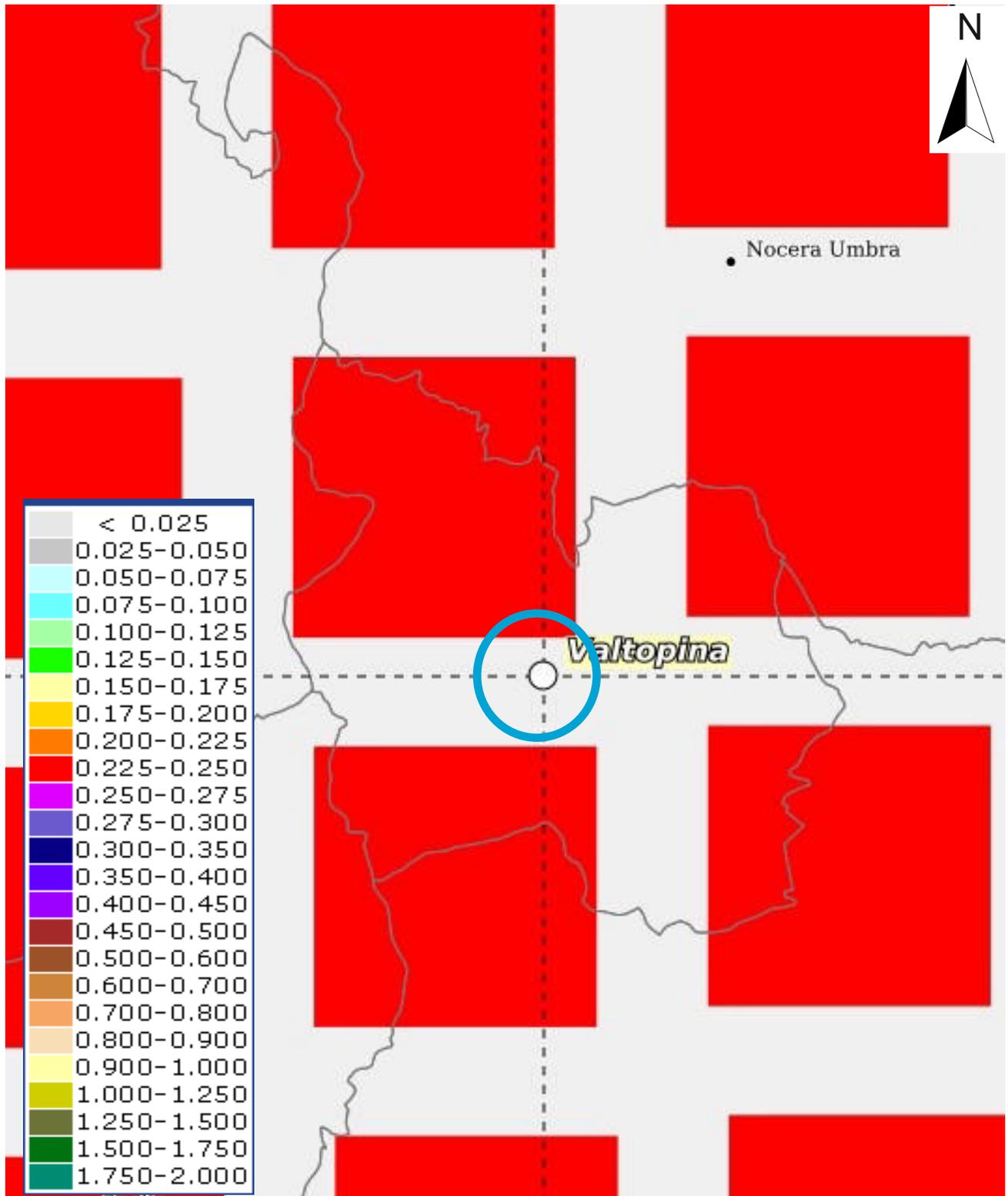


COMUNE di VALTOPINA (PG)
Impianto eolico denominato "Monte Busseto"

CARTA DEI VALORI DI PERICOLOSITA' SISMICA DEL TERRITORIO

(rif. Ordinanza PCM 3519 del 28/04/06)

Espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza > 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ($V_s > 800\text{m/s}$)

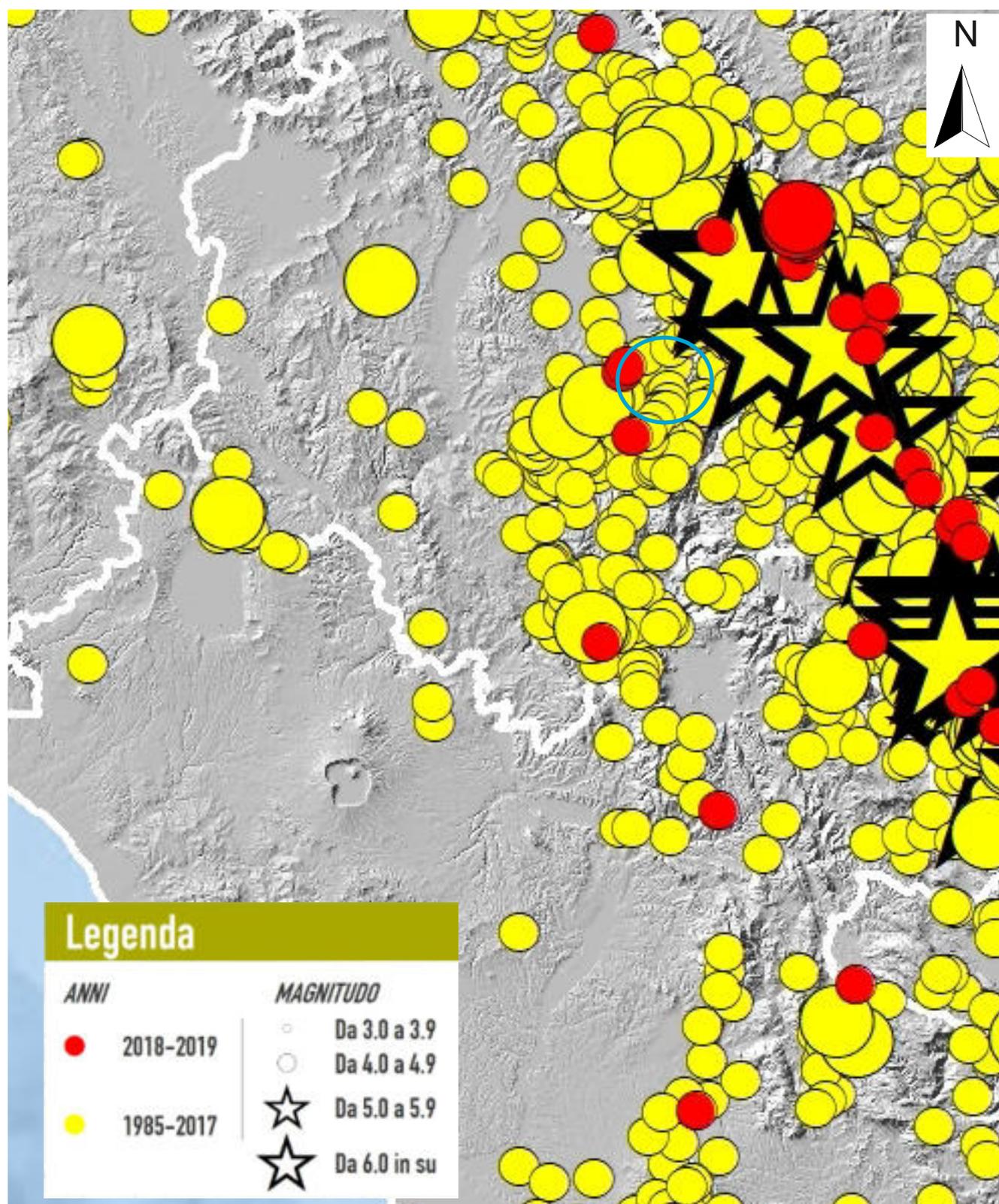


COMUNE di VALTOPINA (PG)
Impianto eolico denominato "Monte Busseto"

CARTA DELLA SISMICITA' STRUMENTALE

(Sismicità registrata nel periodo 1985-2019)

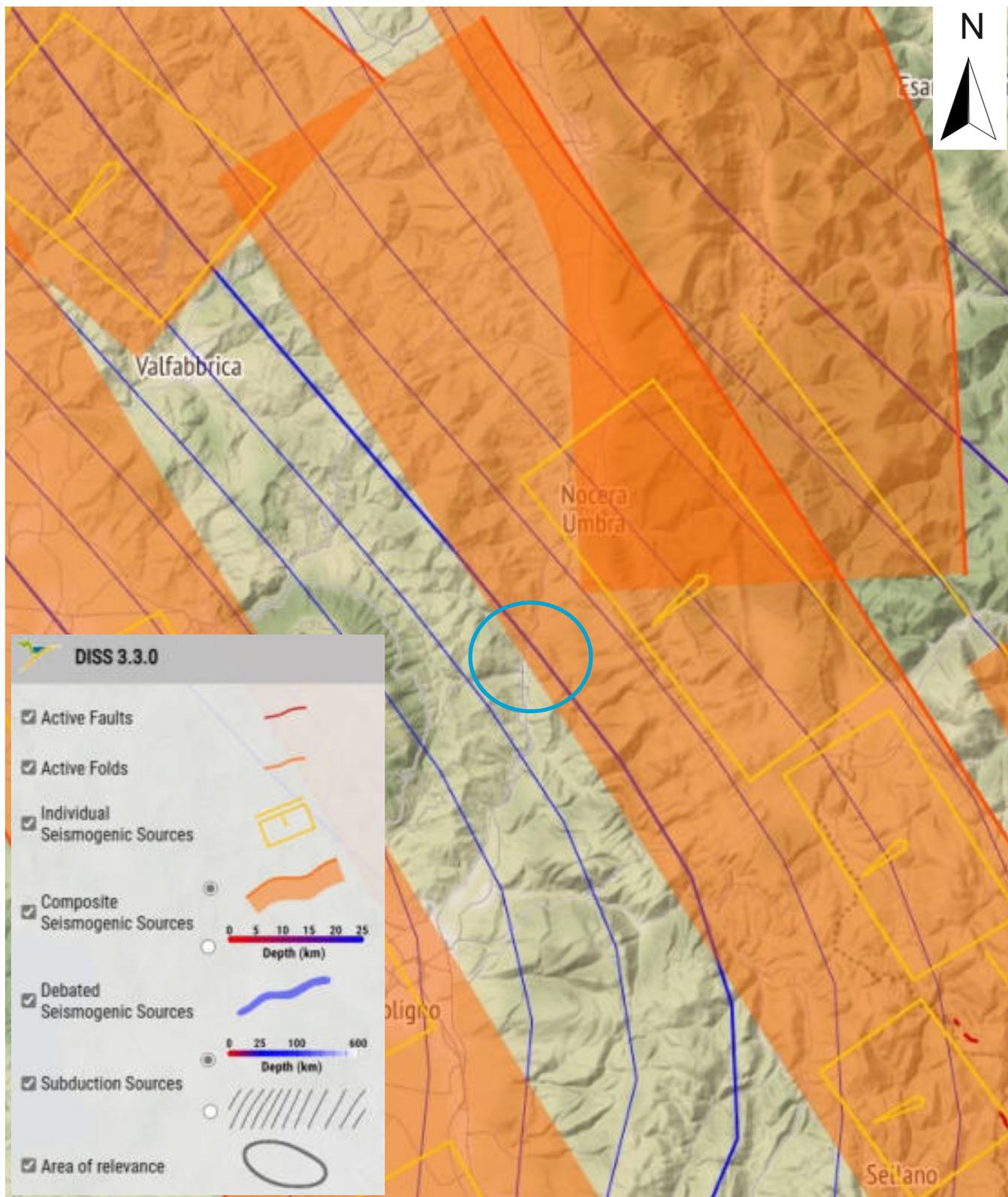
Fonte dei dati: Progetto ISIDE <http://iside.rm.ingv.it/>)



COMUNE di VALTOPINA (PG)
Impianto eolico denominato "Monte Busseto"

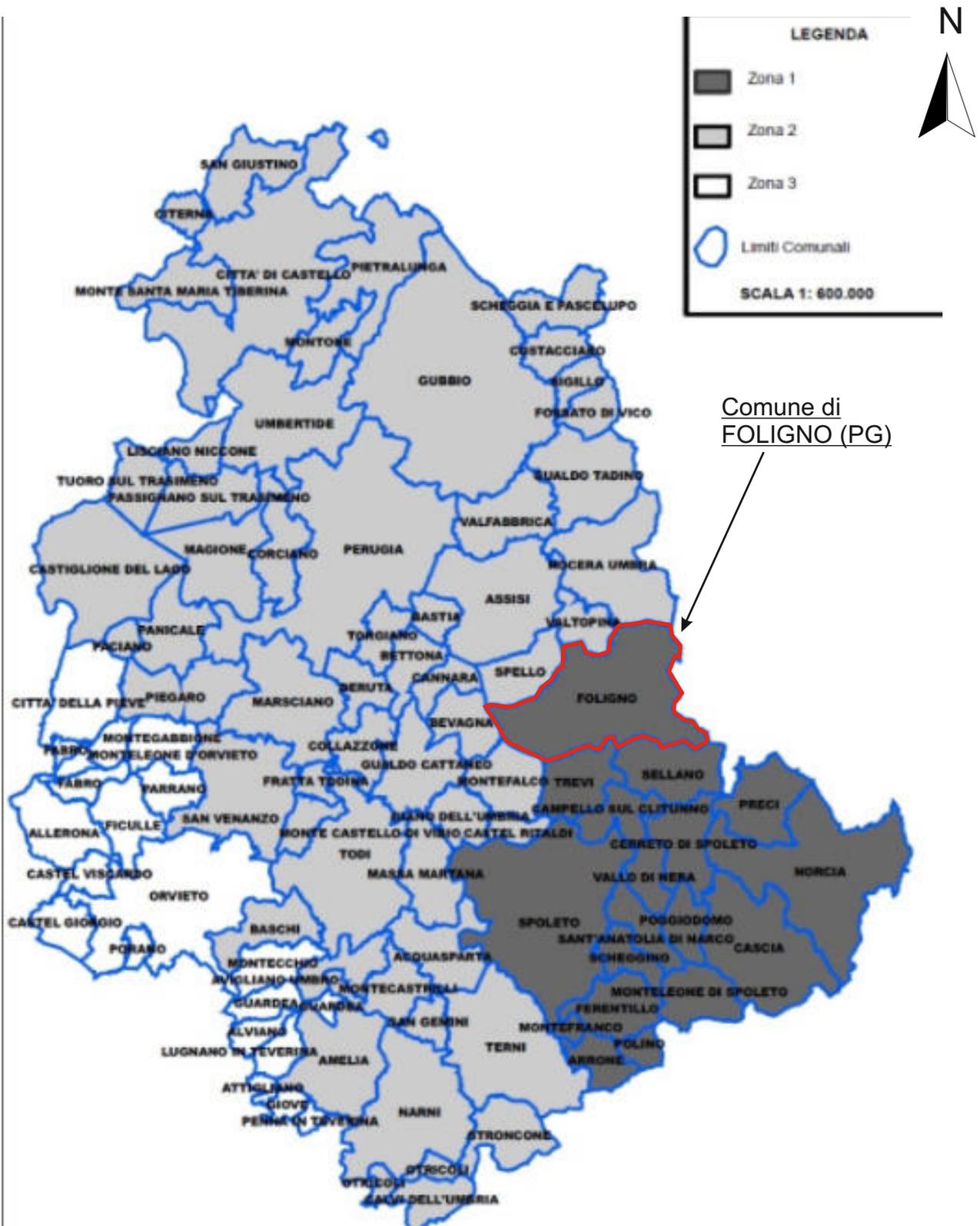
CARTA DELLA SISMICITA' STORICA, STRUMENTALE E
DELLE STRUTTURE SISMOGENETICHE

Dati disponibili on-line: http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3_INGV/GFMaplet/Default



COMUNE di FOLIGNO (PG)
Impianto eolico denominato "Monte Busseto"

CARTA CLASSIFICAZIONE SISMICA
Ordinanza P.C.M. 3519 del 28/04/06 e con recepimento
delle variazioni operate dalla D.G.R. 1111 del 18/09/2012

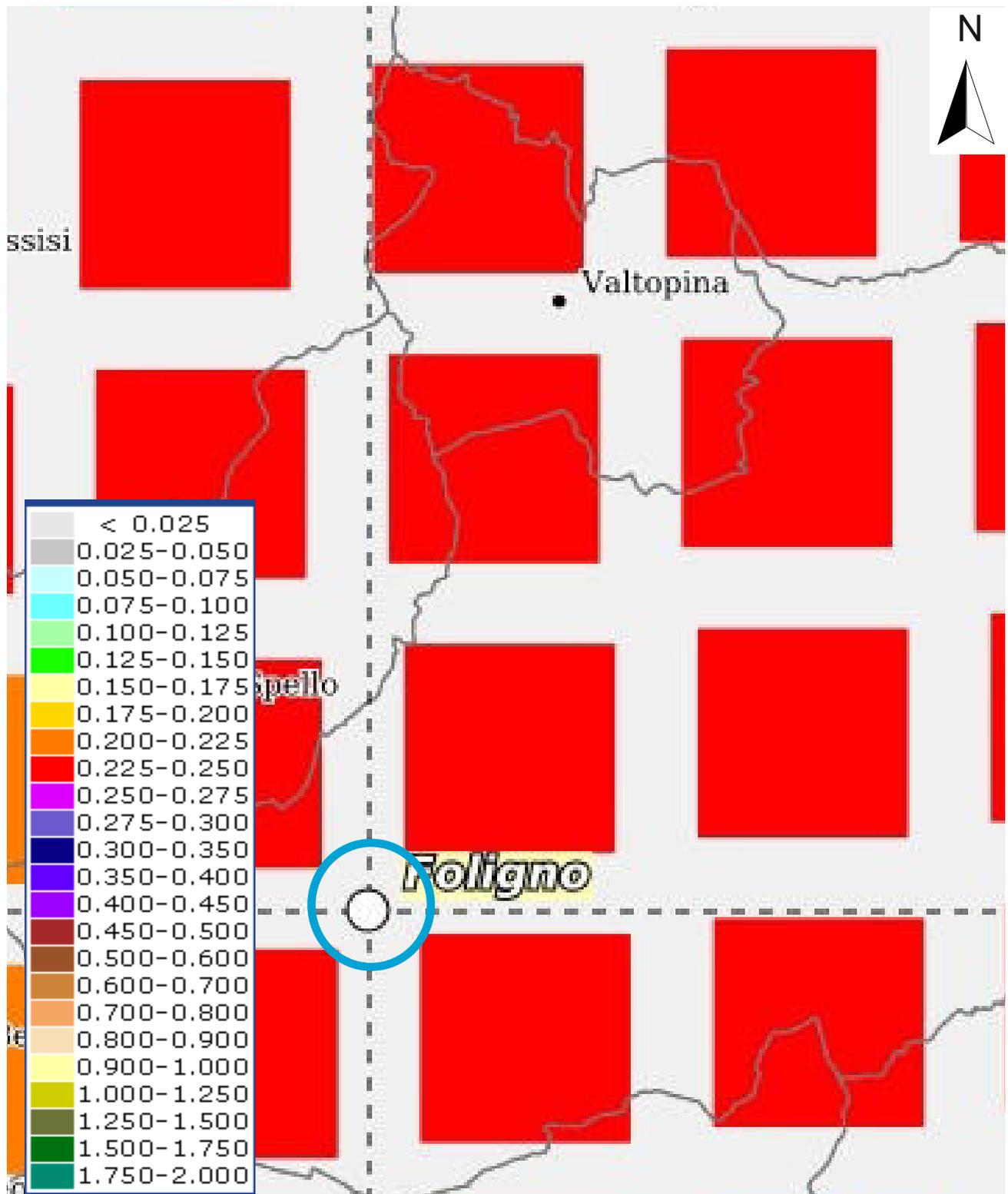


COMUNE di FOLIGNO (PG)
Impianto eolico denominato "Monte Busseto"

CARTA DEI VALORI DI PERICOLOSITA' SISMICA DEL TERRITORIO

(rif. Ordinanza PCM 3519 del 28/04/06)

Espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza > 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ($V_s > 800\text{m/s}$)

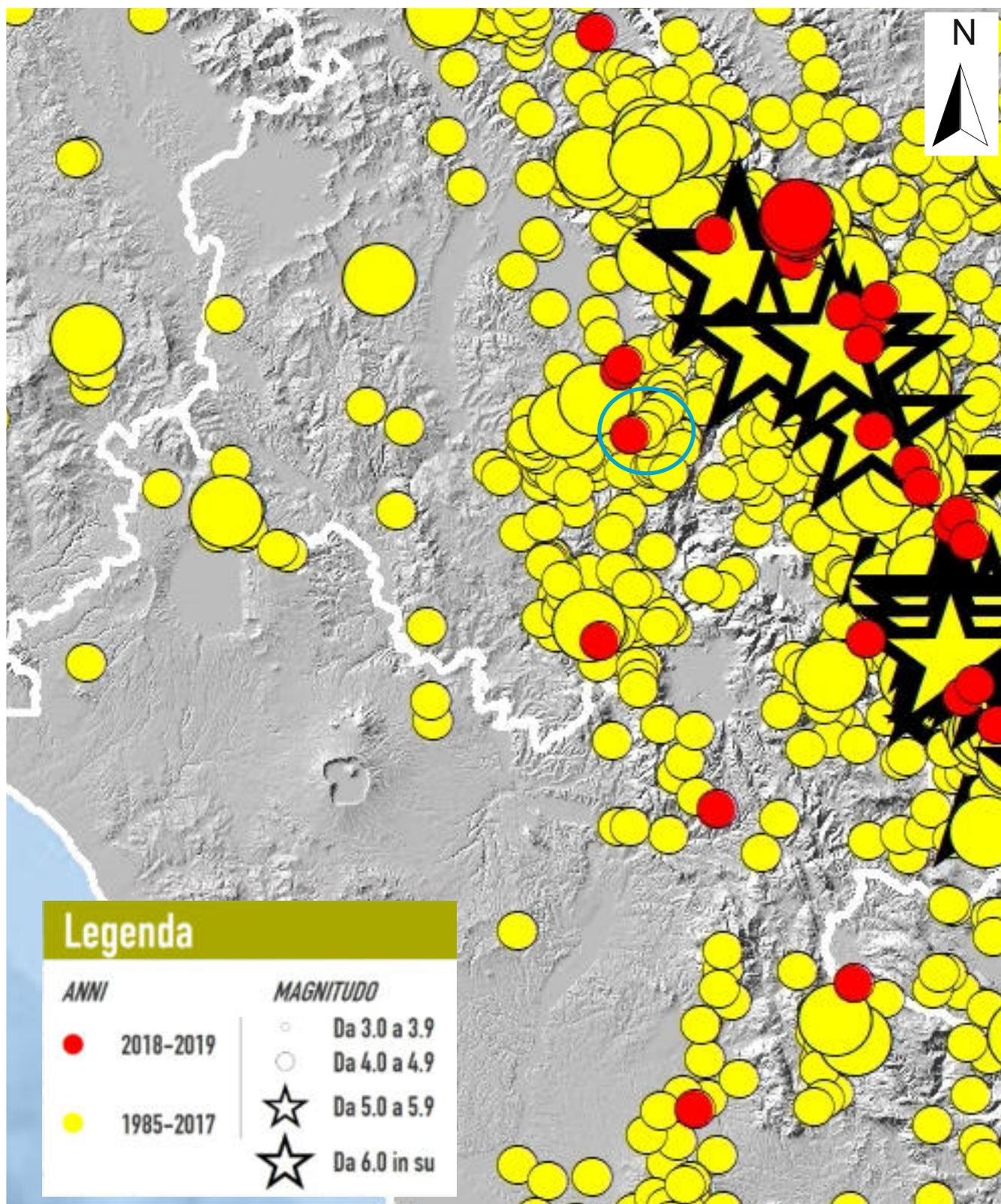


COMUNE di FOLIGNO (PG)
Impianto eolico denominato "Monte Busseto"

CARTA DELLA SISMICITA' STRUMENTALE

(Sismicità registrata nel periodo 1985-2019)

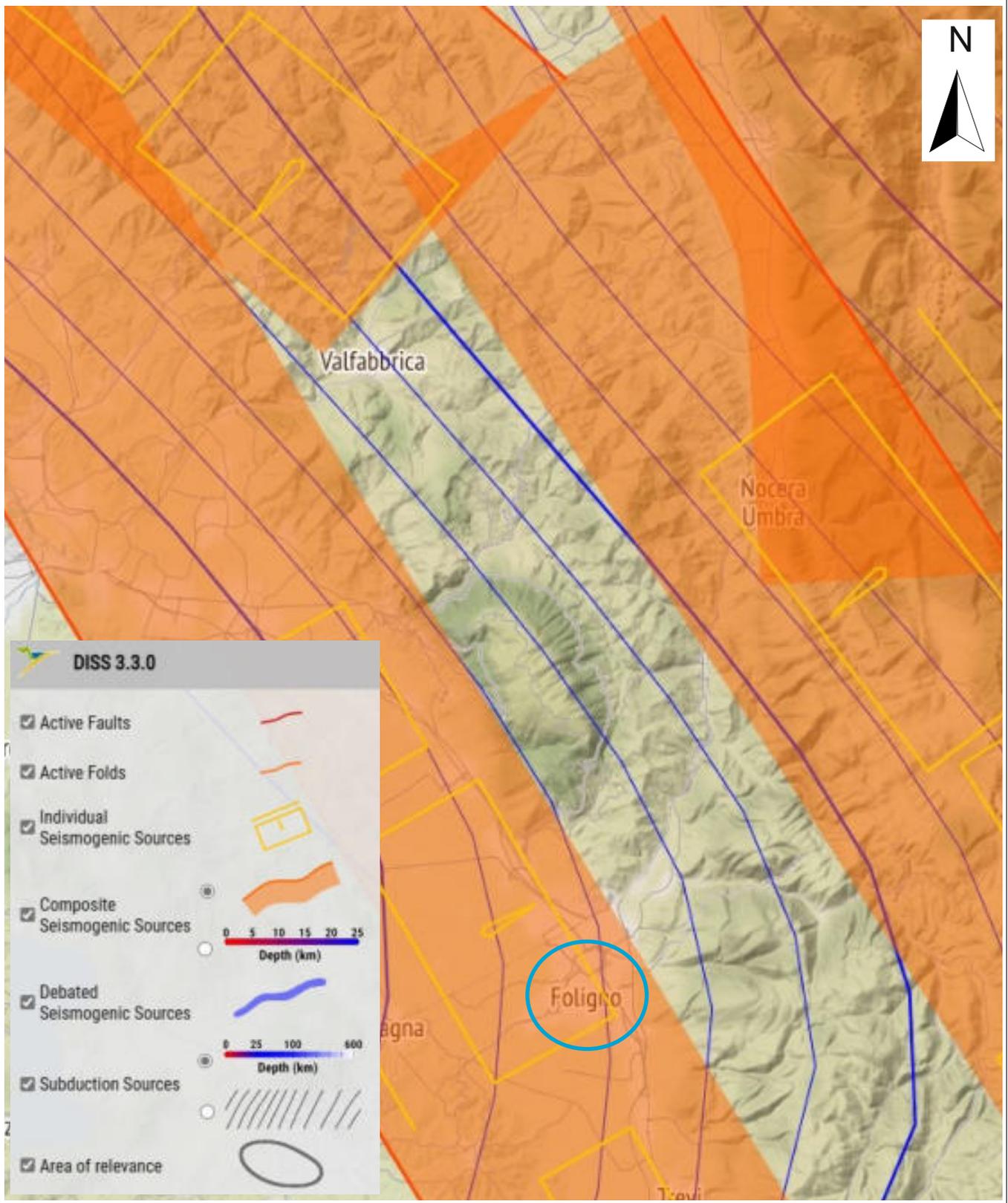
Fonte dei dati: Progetto ISIDE <http://iside.rm.ingv.it/>)



COMUNE di FOLIGNO (PG)
Impianto eolico denominato "Monte Busseto"

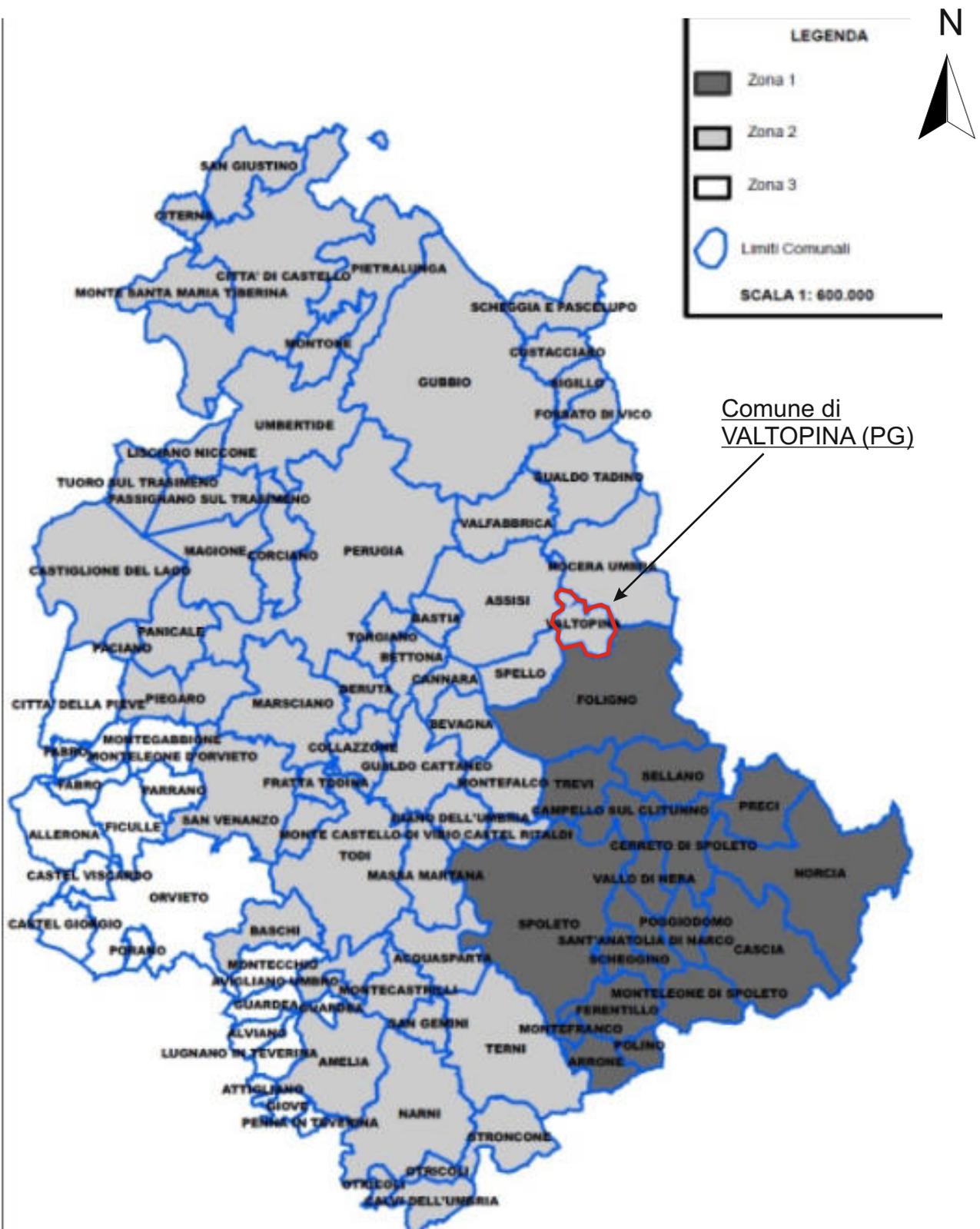
CARTA DELLA SISMICITA' STORICA, STRUMENTALE E
DELLE STRUTTURE SISMOGENETICHE

Dati disponibili on-line: http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3_INGV/GFMaplet/Default



COMUNE di VALTOPINA (PG)
Sito WTG VT01

CARTA CLASSIFICAZIONE SISMICA
Ordinanza P.C.M. 3519 del 28/04/06 e con recepimento
delle variazioni operate dalla D.G.R. 1111 del 18/09/2012

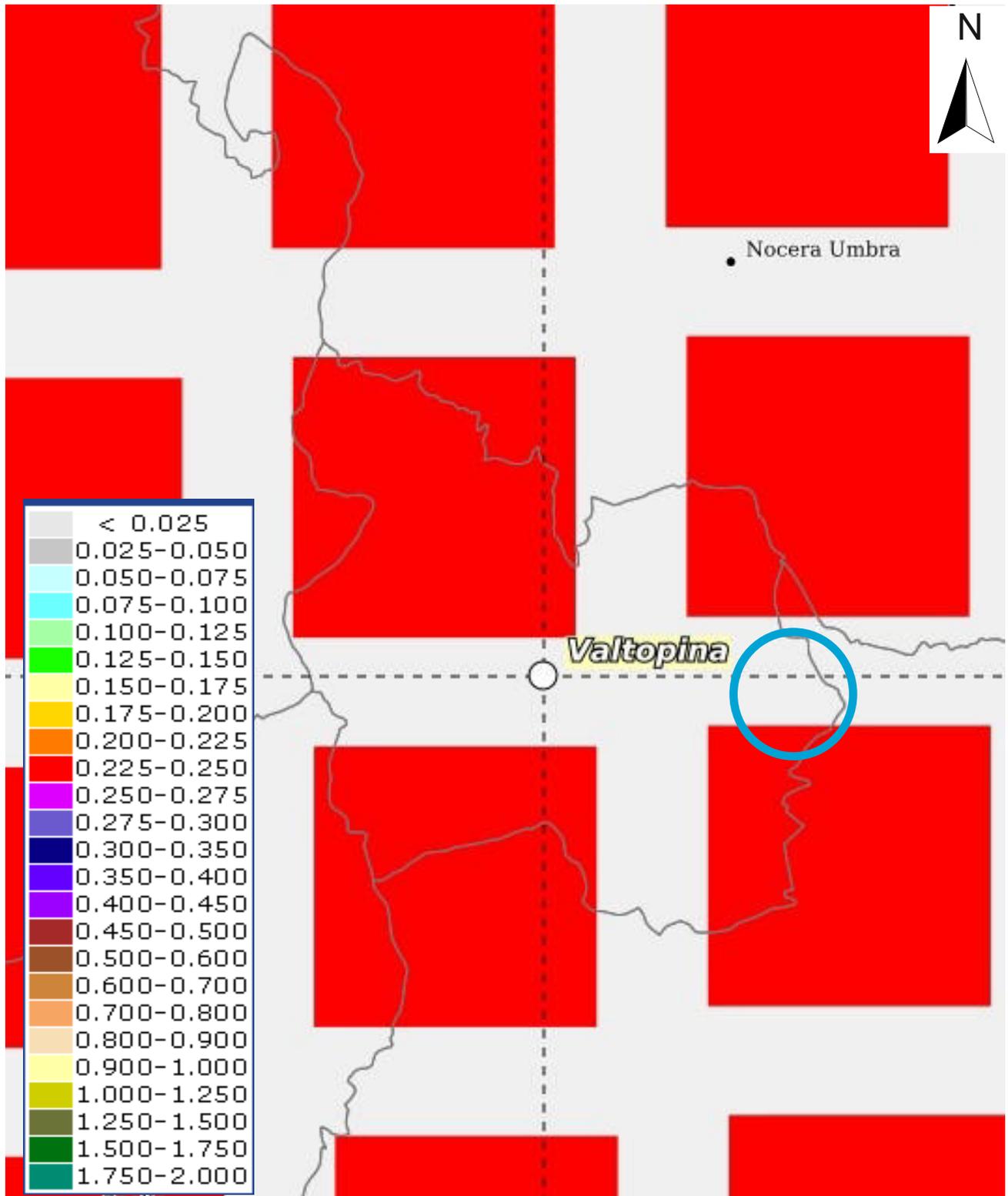


COMUNE di VALTOPINA (PG)
Sito WTG VT01

CARTA DEI VALORI DI PERICOLOSITA' SISMICA DEL TERRITORIO

(rif. Ordinanza PCM 3519 del 28/04/06)

Espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza > 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ($V_s > 800\text{m/s}$)

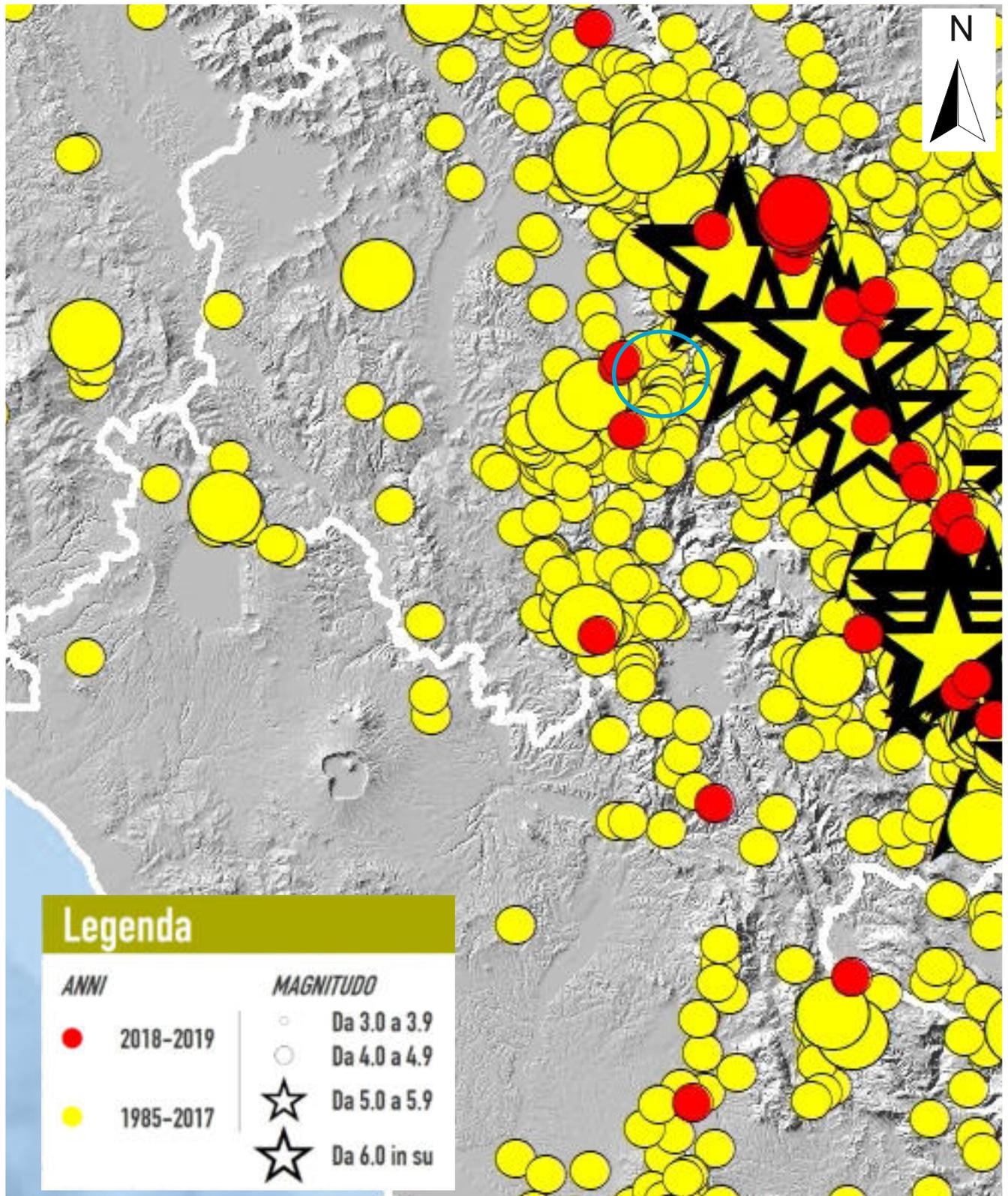


COMUNE di VALTOPINA (PG)
Sito WTG VT01

CARTA DELLA SISMICITA' STRUMENTALE

(Sismicità registrata nel periodo 1985-2019)

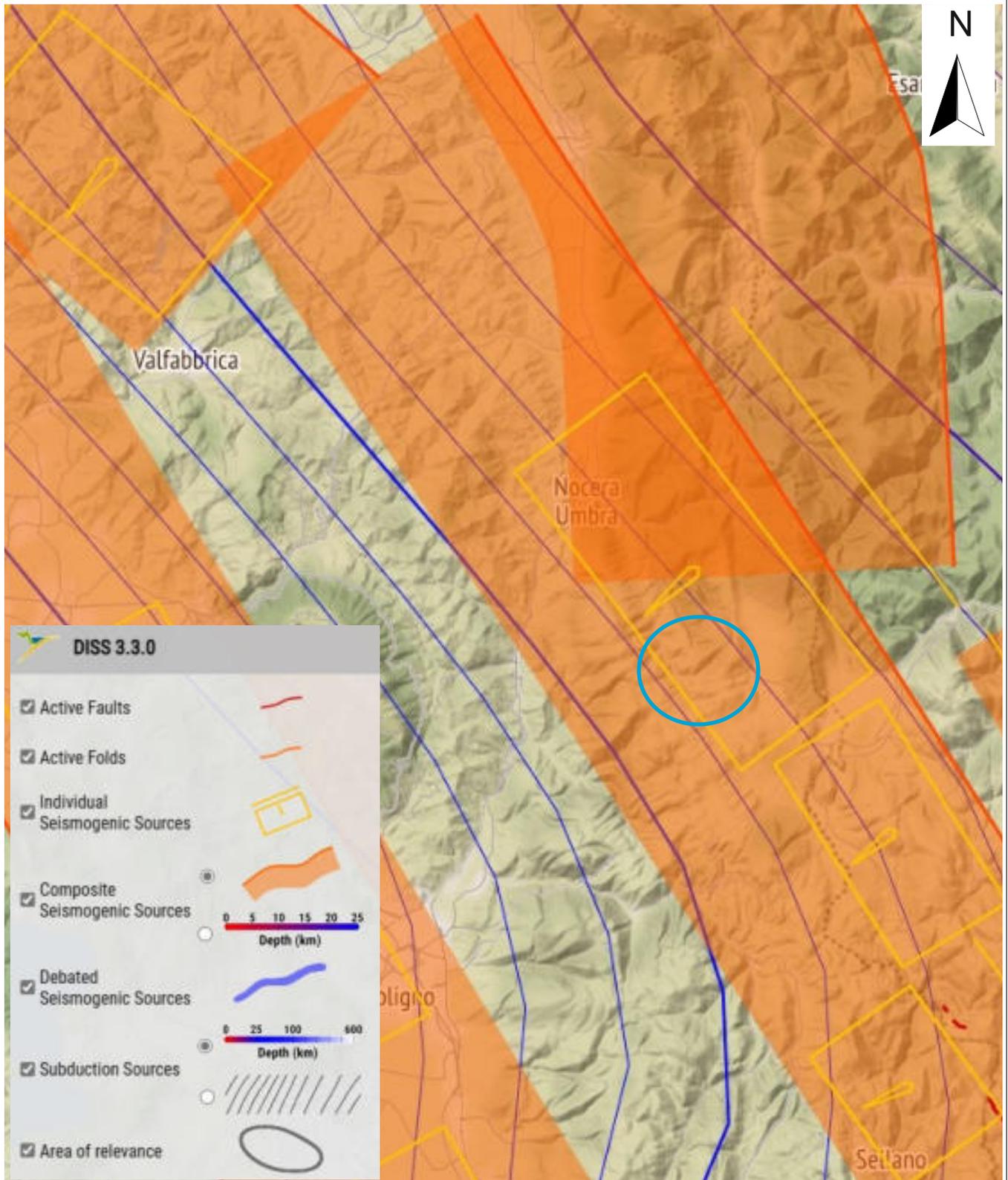
Fonte dei dati: Progetto ISIDE <http://iside.rm.ingv.it/>



COMUNE di VALTOPINA (PG)
Sito WTG VT01

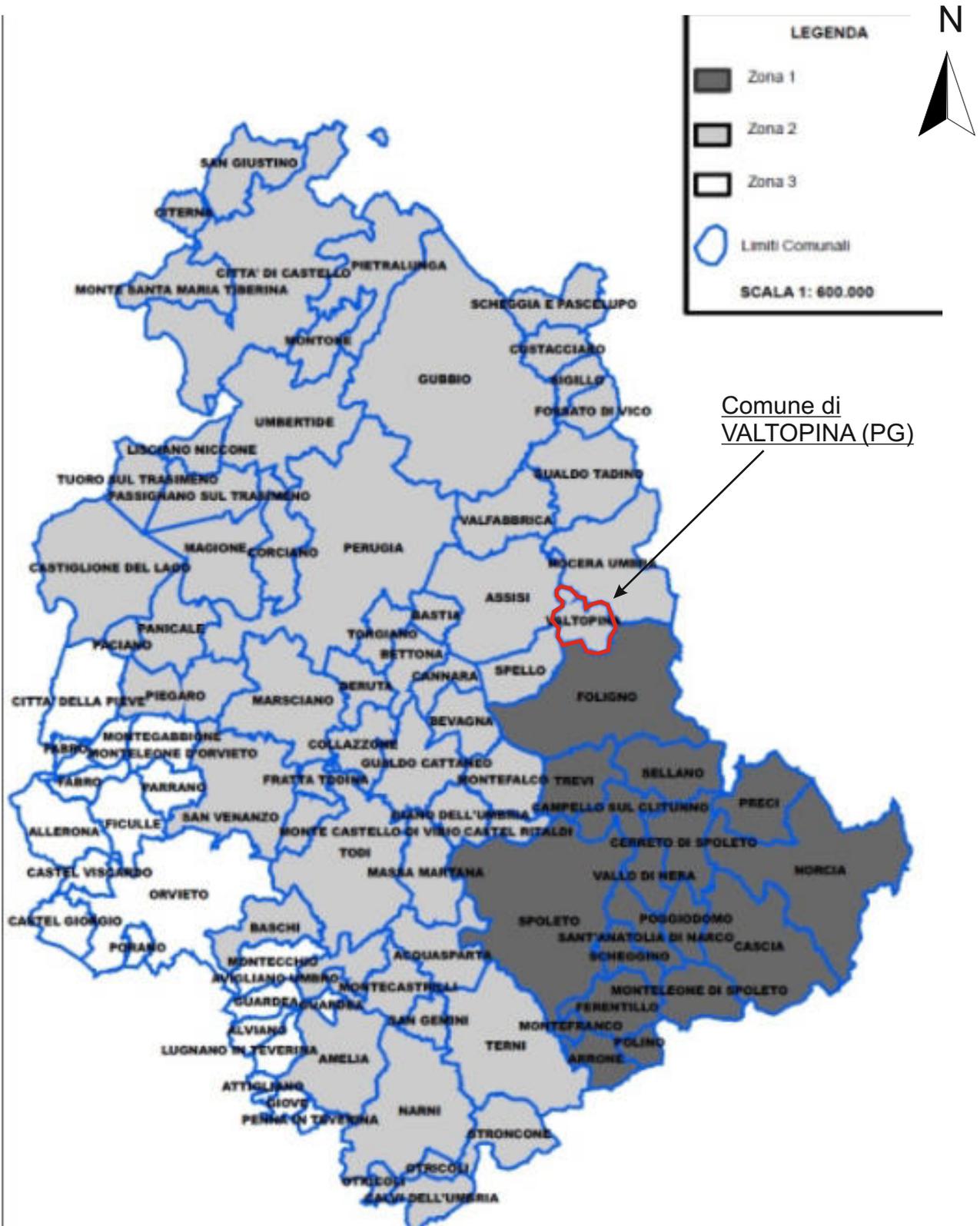
CARTA DELLA SISMICITA' STORICA, STRUMENTALE E
DELLE STRUTTURE SISMOGENETICHE

Dati disponibili on-line: http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3_INGV/GFMaplet/Default



COMUNE di VALTOPINA (PG)
Sito WTG VT05

CARTA CLASSIFICAZIONE SISMICA
Ordinanza P.C.M. 3519 del 28/04/06 e con recepimento
delle variazioni operate dalla D.G.R. 1111 del 18/09/2012

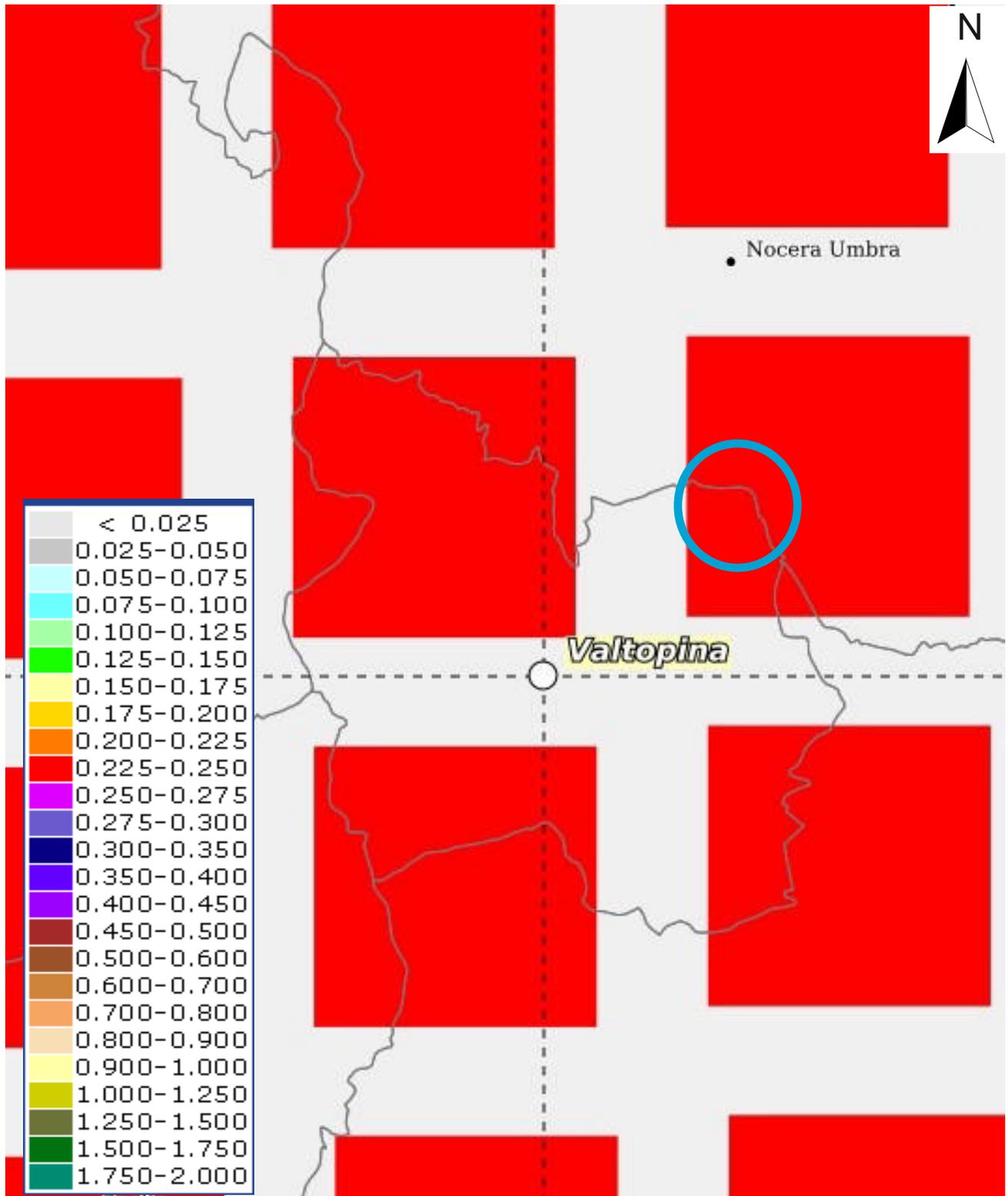


COMUNE di VALTOPINA (PG)
Sito WTG VT05

CARTA DEI VALORI DI PERICOLOSITA' SISMICA DEL TERRITORIO

(rif. Ordinanza PCM 3519 del 28/04/06)

Espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza > 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ($V_s > 800\text{m/s}$)

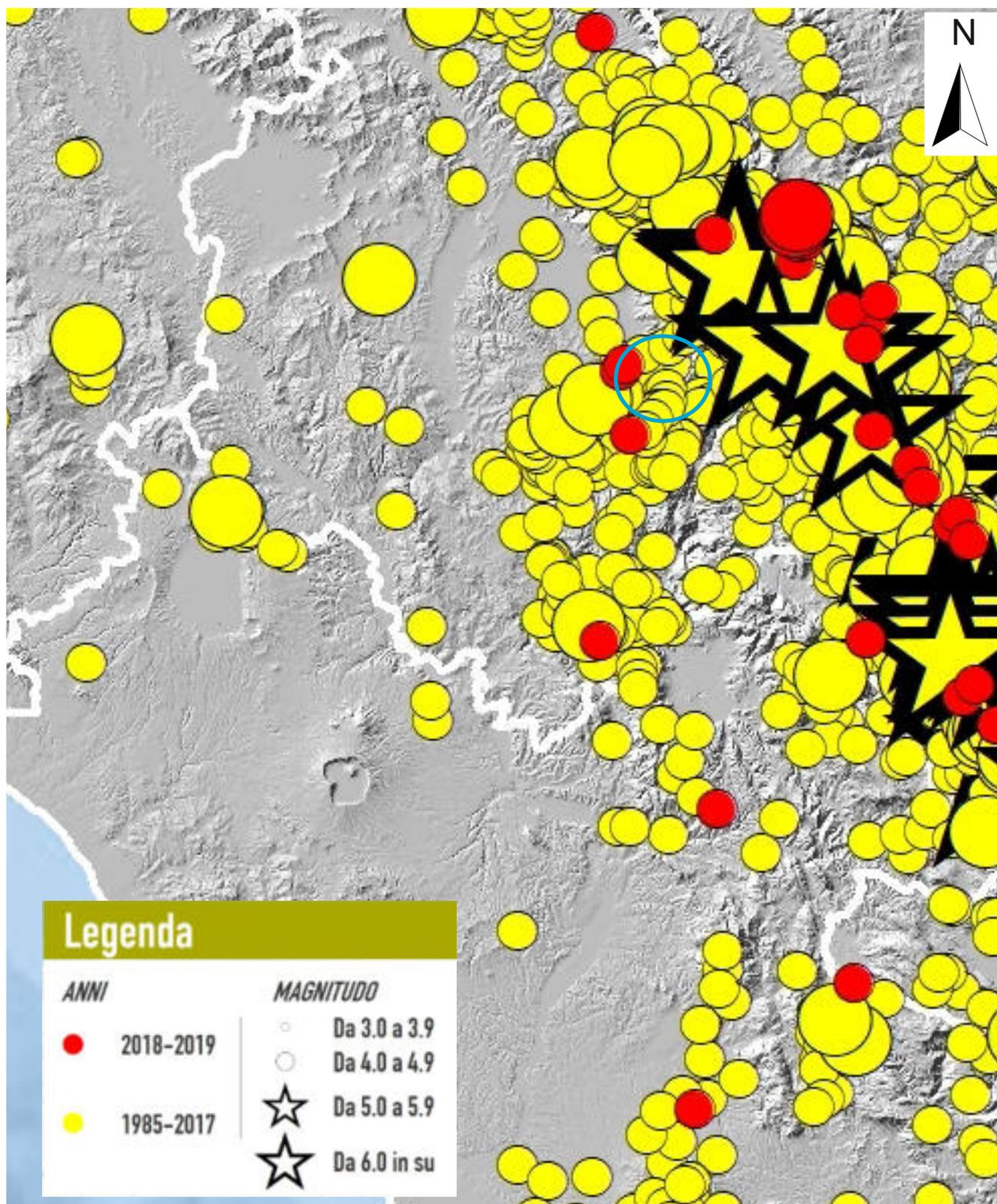


COMUNE di VALTOPINA (PG)
Sito WTG VT05

CARTA DELLA SISMICITA' STRUMENTALE

(Sismicità registrata nel periodo 1985-2019)

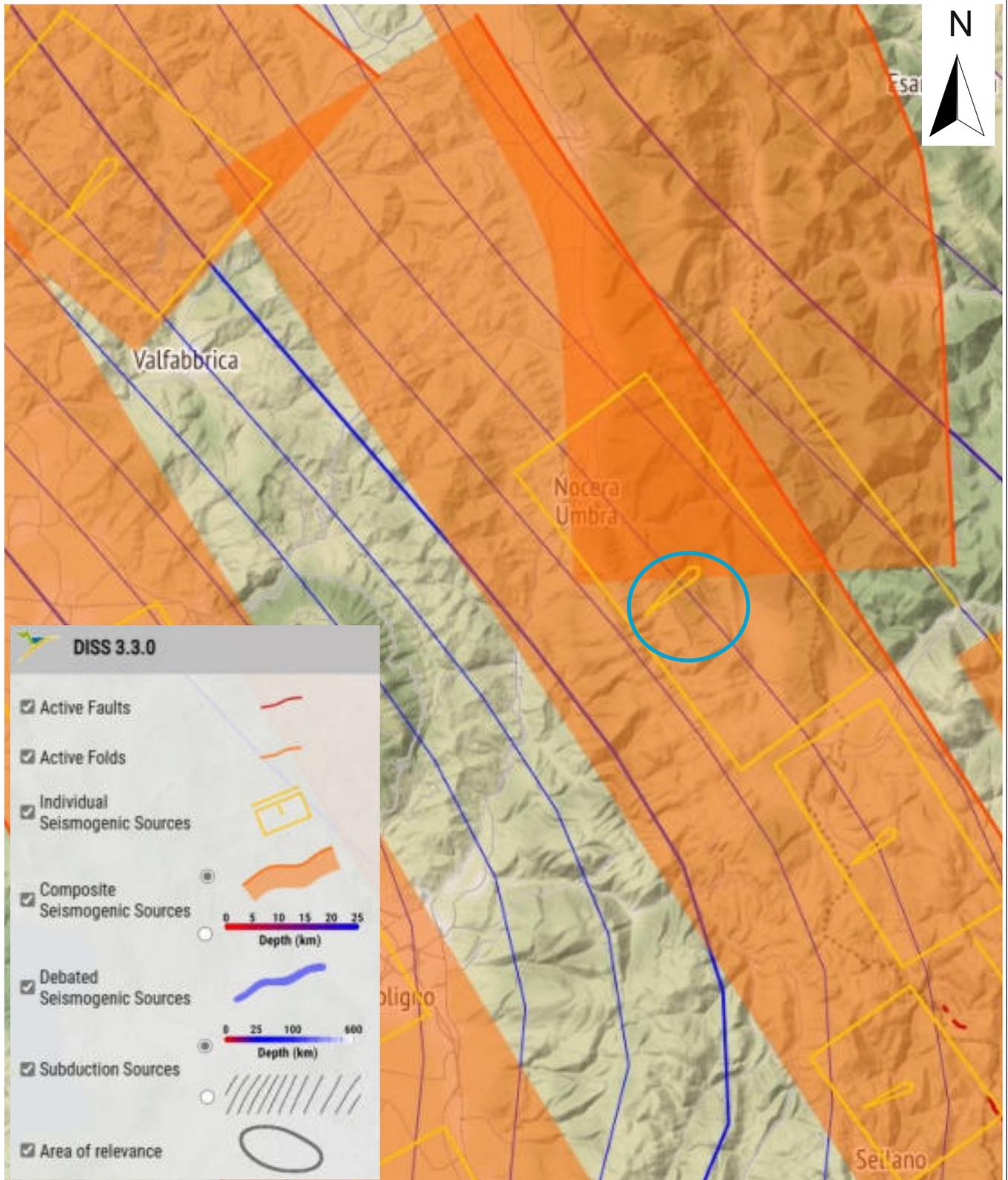
Fonte dei dati: Progetto ISIDE <http://iside.rm.ingv.it/>



COMUNE di VALTOPINA (PG)
Sito WTG VT05

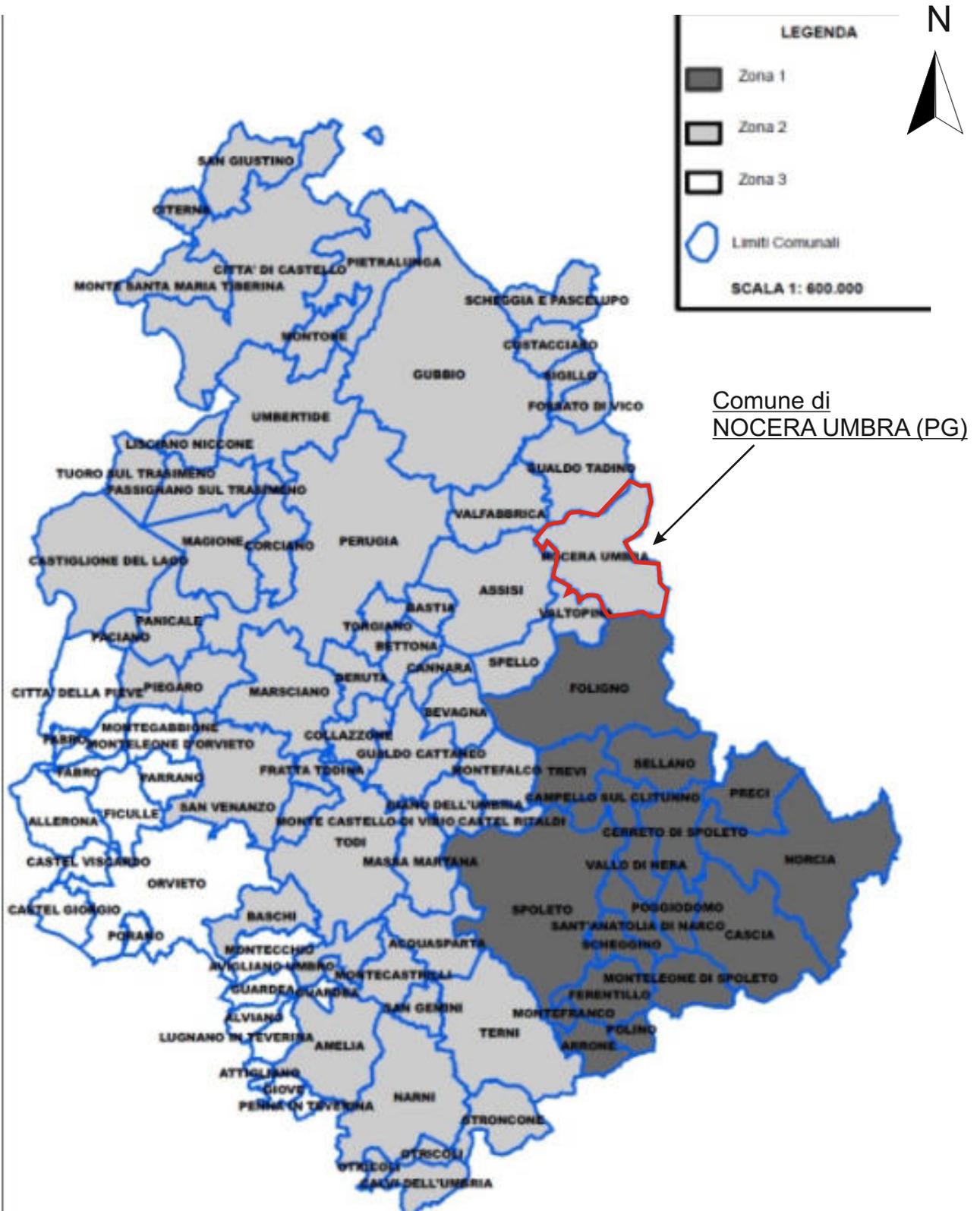
CARTA DELLA SISMICITA' STORICA, STRUMENTALE E
DELLE STRUTTURE SISMOGENETICHE

Dati disponibili on-line: http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3_INGV/GFMaplet/Default



COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)
Sito WTG NU08

CARTA CLASSIFICAZIONE SISMICA
Ordinanza P.C.M. 3519 del 28/04/06 e con recepimento
delle variazioni operate dalla D.G.R. 1111 del 18/09/2012

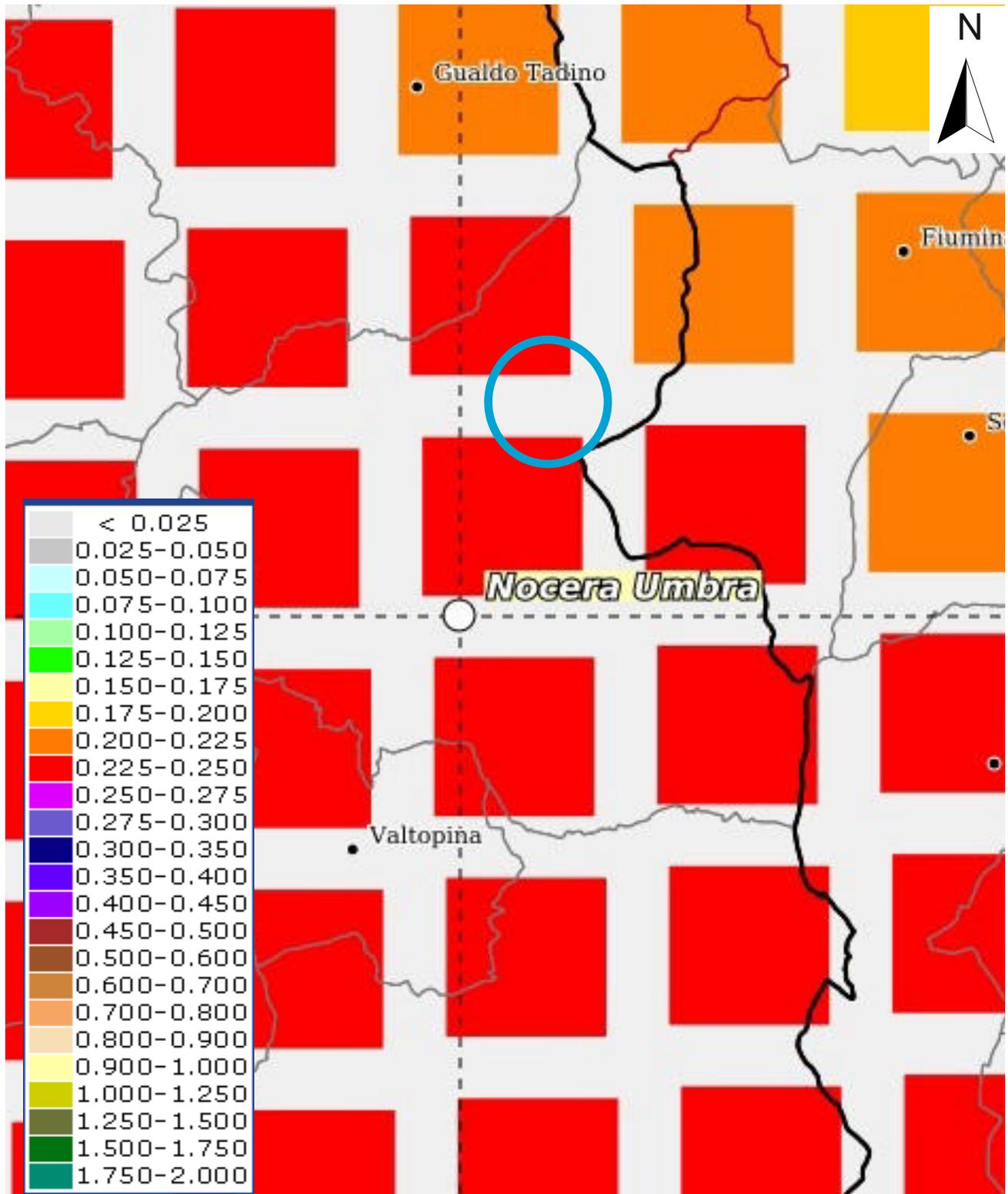


COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)
Sito WTG NU08

CARTA DEI VALORI DI PERICOLOSITA' SISMICA DEL TERRITORIO

(rif. Ordinanza PCM 3519 del 28/04/06)

Espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza > 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ($V_s > 800\text{m/s}$)

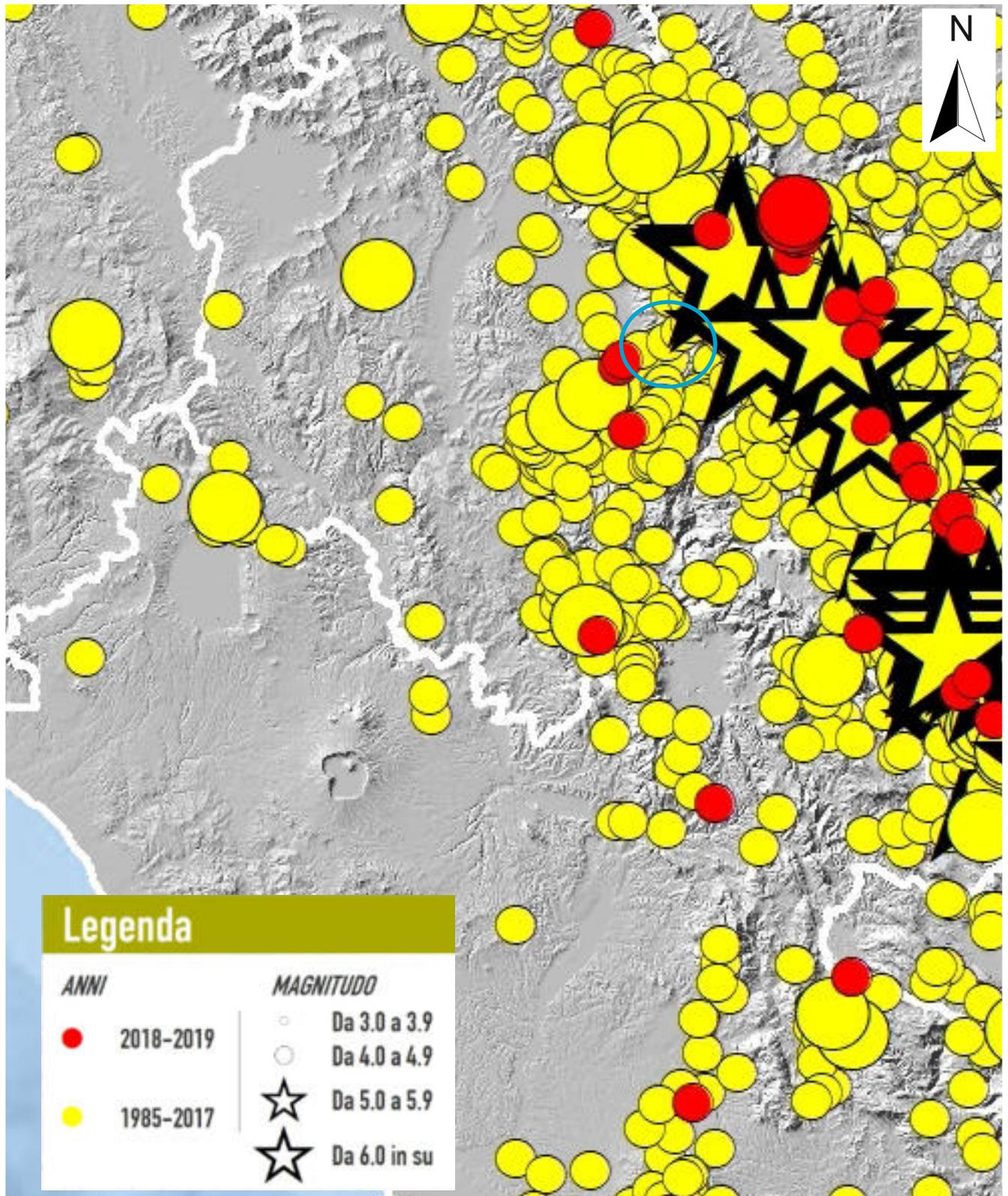


COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)
Sito WTG NU08

CARTA DELLA SISMICITA' STRUMENTALE

(Sismicità registrata nel periodo 1985-2019)

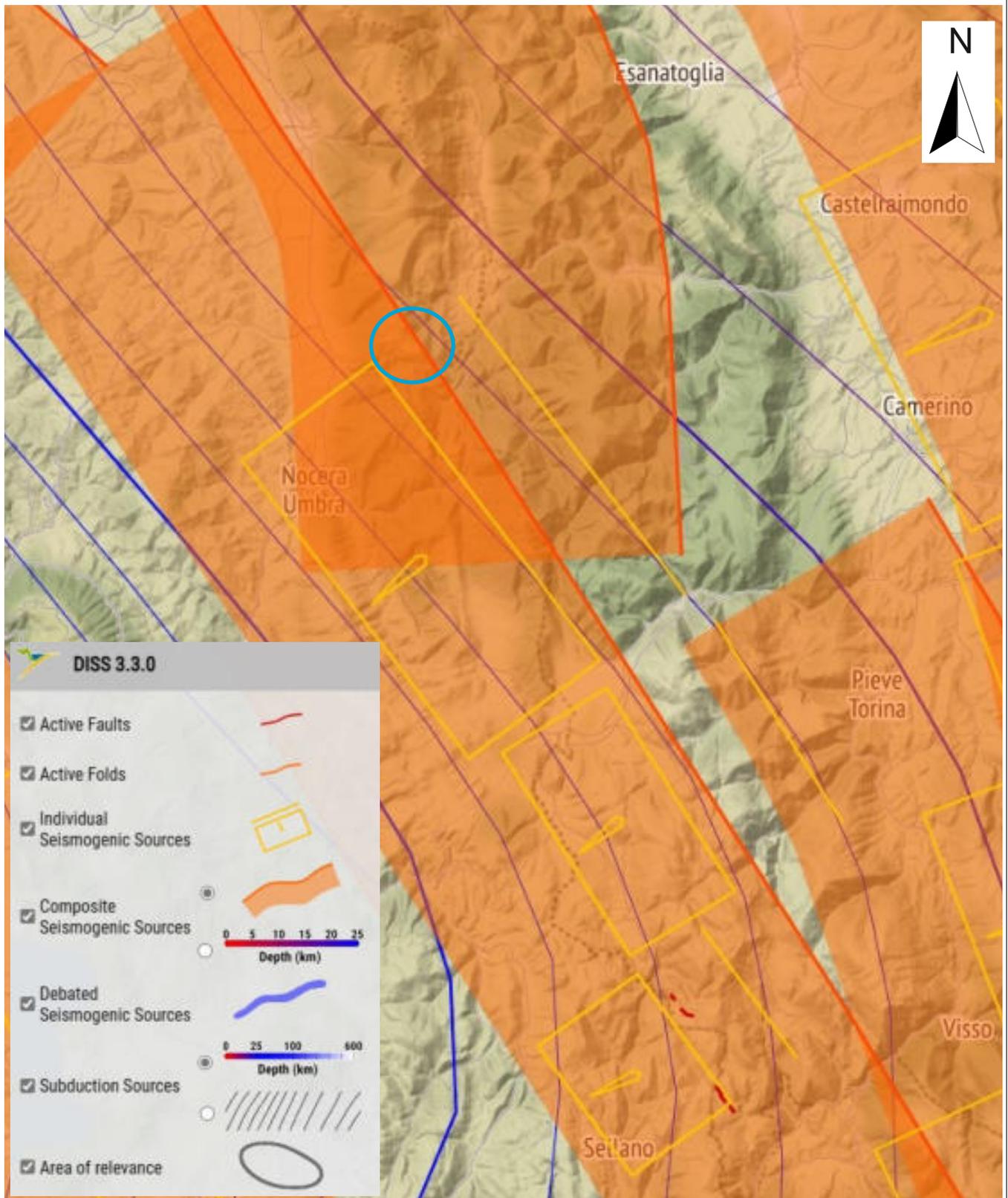
Fonte dei dati: Progetto ISIDE <http://iside.rm.ingv.it/>)



COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)
Sito WTG NU08

CARTA DELLA SISMICITA' STORICA, STRUMENTALE E
DELLE STRUTTURE SISMOGENETICHE

Dati disponibili on-line: http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3_INGV/GFMaplet/Default



COMUNE di VALTOPINA (PG)
Sito WTG VT01

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA
Stralcio Carta Microzonazione sismica di 1° Livello - U.A.S. di Valtopina
Scala 1:10.000



Zone suscettibili di instabilità

1 - Aree caratterizzate da movimenti franosi attivi

1 - Piccola zona caratterizzata da movimenti franosi attivi

Zone suscettibili di instabilità

2 - Aree caratterizzate da movimenti franosi quiescenti

3 - Aree potenzialmente franose o esposte a rischio di frana

4 - Aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)

Zone stabili suscettibili di amplificazioni sismiche locali

6 - Aree di fondovalle con depositi alluvionali

7 - Aree pedemontane di falda di detrito o cono di deiezione

9 - Aree dei depositi delle unità sintemiche non diversamente classificate

10 - Linea di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse

Zone stabili suscettibili di amplificazioni sismiche locali - Forme di superficie

12 - Linea di crinale affilato

13 - Cocuzzolo

Zone stabili non suscettibili di amplificazioni sismiche locali

14 - Aree stabili non suscettibili di amplificazioni sismiche locali

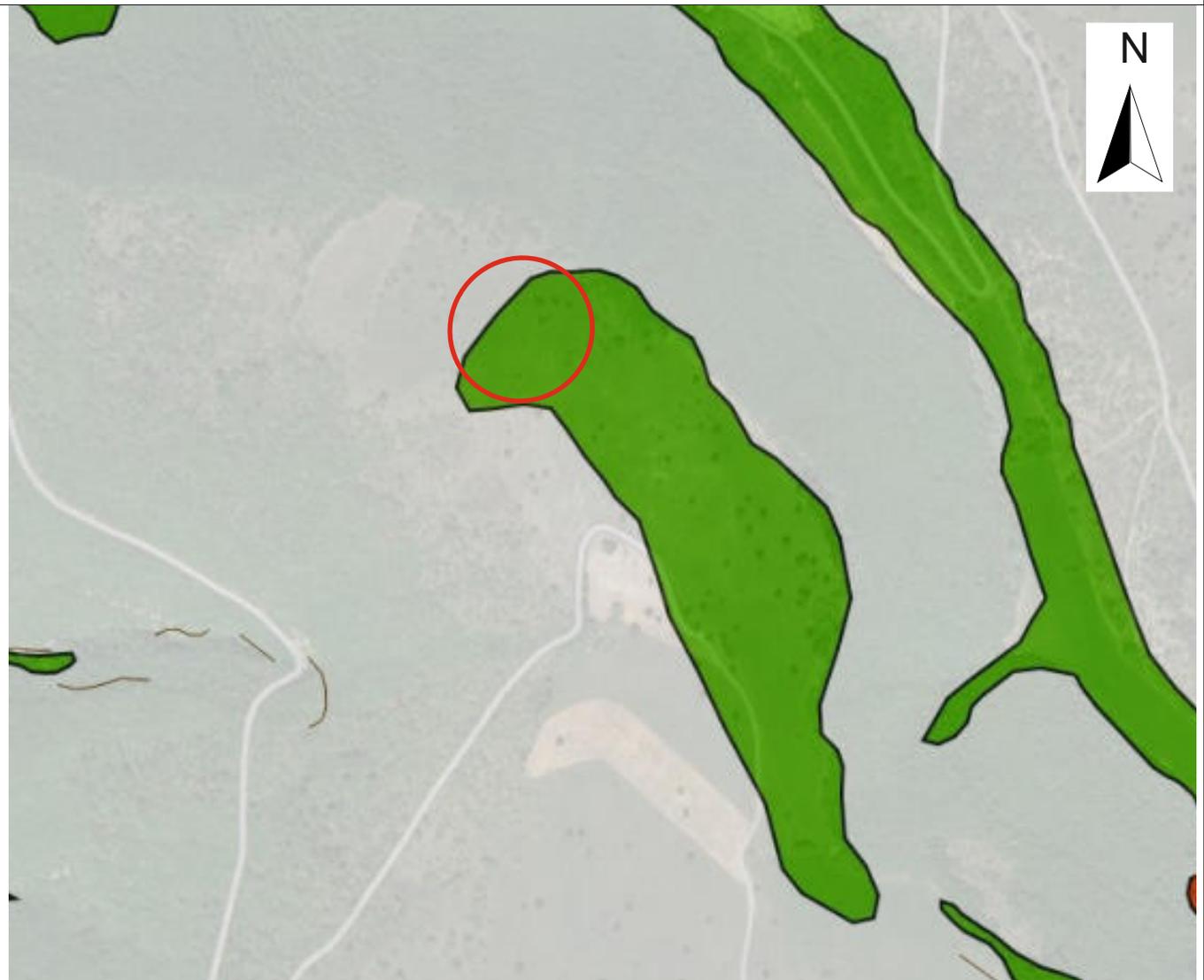
COMUNE di VALTOPINA (PG)

Sito WTG VT05

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Stralcio Carta Microzonazione sismica di 1° Livello - U.A.S. di Valtopina

Scala 1:10.000



Zone suscettibili di instabilità

1 - Aree caratterizzate da movimenti franosi attivi

1 - Piccola zona caratterizzata da movimenti franosi attivi

Zone suscettibili di instabilità

2 - Aree caratterizzate da movimenti franosi quiescenti

3 - Aree potenzialmente franose o esposte a rischio di frana

4 - Aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)

Zone stabili suscettibili di amplificazioni sismiche locali

6 - Aree di fondovalle con depositi alluvionali

7 - Aree pedemontane di falda di detrito o cono di deiezione

9 - Aree dei depositi delle unità sintemiche non diversamente classificate

10 - Linea di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse

Zone stabili suscettibili di amplificazioni sismiche locali - Forme di superficie

12 - Linea di crinale affilato

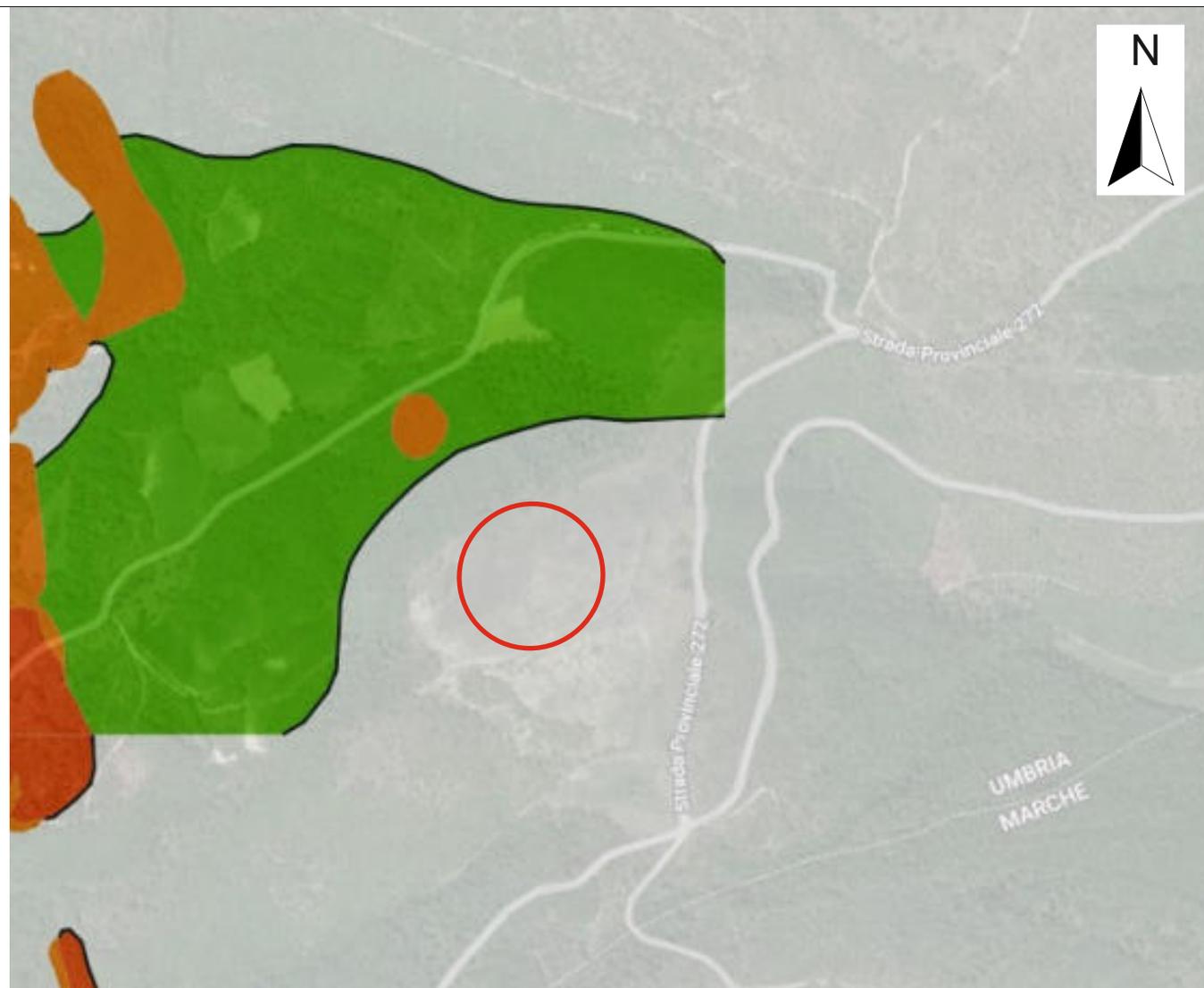
13 - Cocuzzolo

Zone stabili non suscettibili di amplificazioni sismiche locali

14 - Aree stabili non suscettibili di amplificazioni sismiche locali

COMUNE di NOCERA UMBRA (PG)
Sito WTG NU08

CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA
Stralcio Carta Microzonazione sismica di 1° Livello - U.A.S. di Nocera Umbra
Scala 1:10.000



Zone suscettibili di instabilità

- 1 - Aree caratterizzate da movimenti franosi attivi
- 1 - Piccola zona caratterizzata da movimenti franosi attivi

Zone suscettibili di instabilità

- 2 - Aree caratterizzate da movimenti franosi quiescenti
- 3 - Aree potenzialmente franose o esposte a rischio di frana
- 4 - Aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)

Zone stabili suscettibili di amplificazioni sismiche locali

- 6 - Aree di fondovalle con depositi alluvionali
- 7 - Aree pedemontane di falda di detrito o cono di deiezione
- 9 - Aree dei depositi delle unità sintemiche non diversamente classificate
- 10 - Linea di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse

Zone stabili suscettibili di amplificazioni sismiche locali - Forme di superficie

- 12 - Linea di crinale affilato
- 13 - Cocuzzolo

Zone stabili non suscettibili di amplificazioni sismiche locali

- 14 - Aree stabili non suscettibili di amplificazioni sismiche locali

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

7. Indagini in situ

7.1. Prove geotecniche in situ

7.1.1. Prove penetrometriche dinamiche DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Al fine di caratterizzare a livello geotecnico i terreni al sedime dei siti d'indagine, sono state interpretate le risultanze di una campagna di indagini geognostiche che ha previsto l'esecuzione di n. 3 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH denominate P1, P2 e P3, ubicate come da stralci allegati in precedenza, nelle aree denominate WTG VT01, WTG VT05 e WTG NU08.

Il penetrometro dinamico cingolato utilizzato, Modello Pagani TG-63-200 ISM.C, secondo la classificazione ISSMFE del 1988 appartiene al tipo Superpesante (DPSH), ovvero con massa battente di massa $M > 60$ kg.

Si allega il certificato di conformità dello strumento alle direttive europee.

Il modello consente l'infissione di aste di acciaio di diametro $\varnothing = 3,60$ cm, lunghezza 100 cm e peso 6.00 Kg cadauna; il maglio di battuta, del peso di 63,50 Kg, prevede un'altezza di caduta fissa di 75 cm; al termine dell'ultima asta è montata una punta conica, avente area $A = 20,43$ cmq ed angolo di apertura $\beta = 90^\circ$.

Tale penetrometro sviluppa un'energia specifica / colpo $Q = 11,66$ kg/cmq (per riferimento, una prova SPT sviluppa una QSPT = 7.83 kg/cmq); il coefficiente teorico di energia $\beta t = Q / QSPT = 1.521$ (in teoria quindi NSPT = $\beta t \times N$).

	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

Sui tabulati allegati si riportano il numero dei colpi N per ogni 20 cm di avanzamento della batteria di aste, sia in veste analitica che grafica, ed i valori delle resistenze dinamiche di rottura alla punta con la profondità in Kg/cm², calcolate ricorrendo alla formula olandese ricordata sul prospetto riepilogativo iniziale.

Sono infine stati correlati i dati ottenuti elaborando sia un prospetto statistico che un'interpretazione geomeccanica; ciò ha permesso di ricostruire la serie litotecnica, con le rispettive caratteristiche e le indicazioni dei valori di resistenza dinamica corrispondenti ad una prova SPT.

Le colonne litotecniche dei test consentono un'interpretazione ed una definizione abbastanza affidabile della sequenza litologica e geomeccanica locale.

Durante l'esecuzione della campagna geognostica sono state scattate alcune fotografie, riportate nella apposita sezione in allegato (rif. Documentazione fotografica).

Le prove eseguite sono state spinte fino ad una profondità tale da permettere la caratterizzazione geotecnica del volume significativo delle opere da realizzare.

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

7.2. Prove geofisiche

7.2.1. Stese sismiche MASW

Descrizione del metodo

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Ogni singolo geofono è collegato mediante un cavo bipolare che trasmette il segnale al sismografo, il segnale sismico viene così registrato, opportunamente amplificato, visualizzato sullo strumento e memorizzato per le successive elaborazioni ed interpretazioni.

Questa tipologia di prospezione è stata realizzata con n. 3 stendimenti sismici, denominati MASW1, MASW2 e MASW3 a 24 geofoni allineati rispettivamente ad una distanza intergeofonica di 1,0 m che hanno registrato le onde sismiche generate in corrispondenza di almeno 2 punti di energizzazione dislocati rispettivamente ad una distanza (offset) di 4,0 e 5,0 m dal primo geofono all'esterno dello stendimento ed in allineamento con i geofoni.

La distanza intergeofonica indicativamente rappresenta lo spessore minimo della discontinuità rilevabile.

La profondità massima di penetrazione, diversamente dalla sismica a rifrazione tradizionale, è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e le sue

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

frequenze, quindi non dipende dalla geometria dello stendimento, ma dalle caratteristiche della successione litostratigrafia del terreno investigato.

Le acquisizioni sono state eseguite con diversi tempi di campionamento pari a 2.000 ms, 0.500 ms e 0.125 ms ed una durata di acquisizione di 2048 ms.

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale della PASI modello 16S24-U, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 125 μ s e 2 ms;
- filtri in post-acquisizione (50-60 Notch, 250LP)
- antialiasing: attivi, LPF, 8°ordine Butterworth;
- attenuazione -48dB/oct (-160dB/dec);
- $f_0=5/8f_{nyq}$; accuratezza $\pm 1\%$ freq.di taglio
- 24 bit con algoritmo proprietario
- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 8 Kg.

Per l'elaborazione del profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio), è stato utilizzato il software *winMASW della ELIOSOFT srl*.

Elaborazione dei dati della MASW1

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.125 ms e offset pari a 4.0 metri di distanza dal primo geofono.

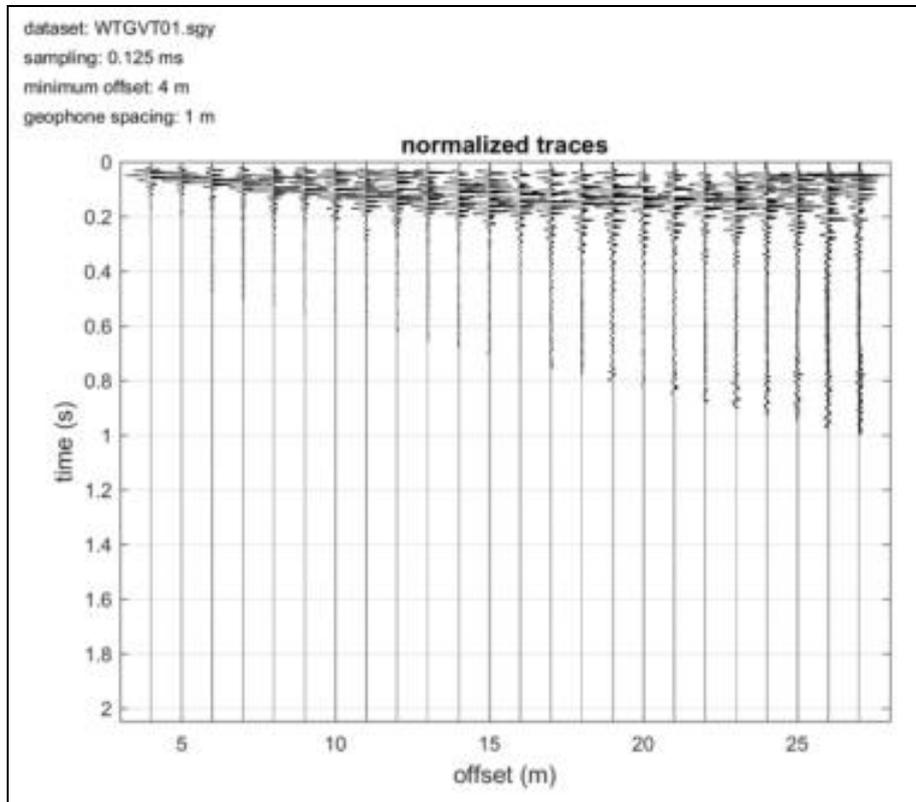


Figura 4 – Sismogramma della MASW1.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione (Figura 5).

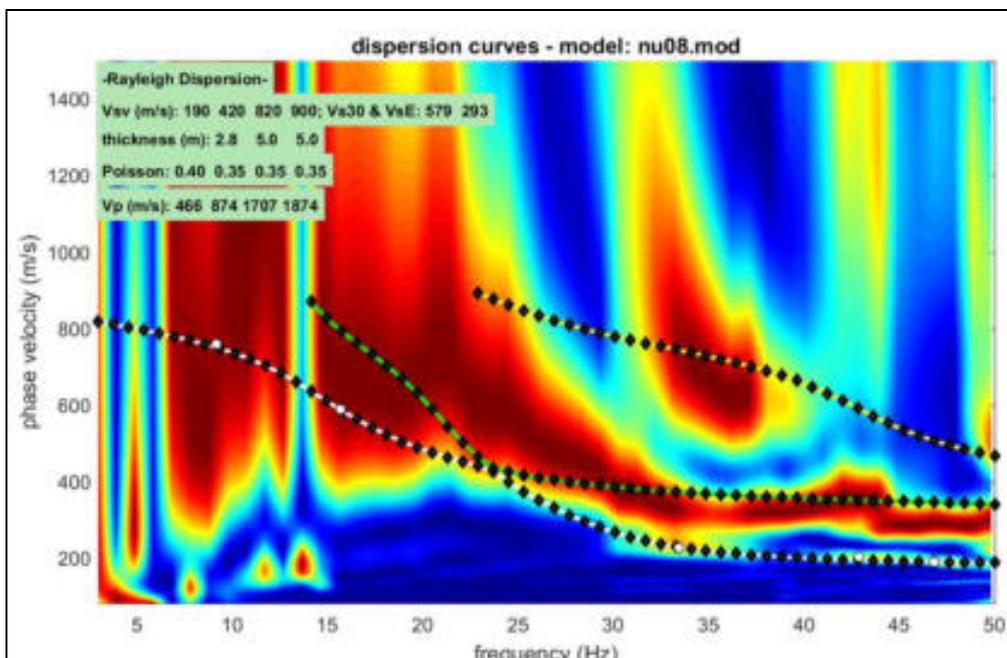


Figura 5 – Spettro di velocità della MASW1.

Nel paragrafo successivo si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello "medio" e "migliore" con colori differenti (Figura 6).

Risultati della MASW1

Gli spettri di velocità ottenuti dalle varie acquisizioni si presentano tutti molto netti mostrando chiaramente il modo fondamentale (Figura 5).

Integrando e piccando i dataset acquisiti si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s)-frequenza (Hz) in un intervallo di compreso tra 5 Hz e 50 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 200 m/s e 1000 m/s (Figura 5).

Per tale indagine si è proceduto sia con la modellazione diretta e sia con l'inversione della curva piccata.

I risultati esposti sono il frutto di una ricerca del modello migliore e coerente tra la distribuzione di energia nello spettro di velocità (dato sperimentale) e la curva di dispersione teorica del modello ipotizzato sulla base delle conoscenze geologico - geotecniche acquisite durante questo studio (Figura 6).

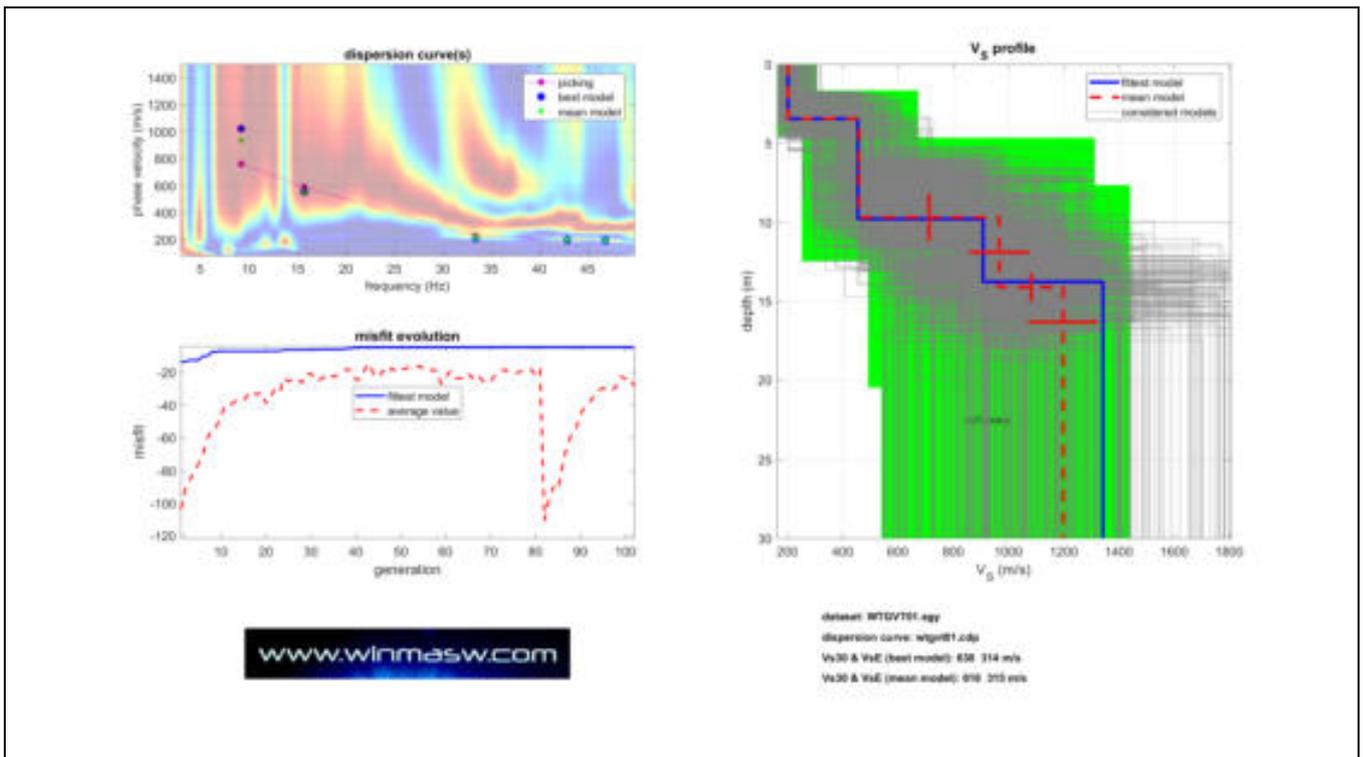


Figura 6 – Modelli di velocità calcolati per la MASW1.

La curva che meglio approssima i dati sperimentali, come già indicato nella figura n. 6, deriva da un profilo verticale delle onde S costituito da 4 sismo-strati, le cui caratteristiche geometriche e sismiche sono indicate nella figura successiva.

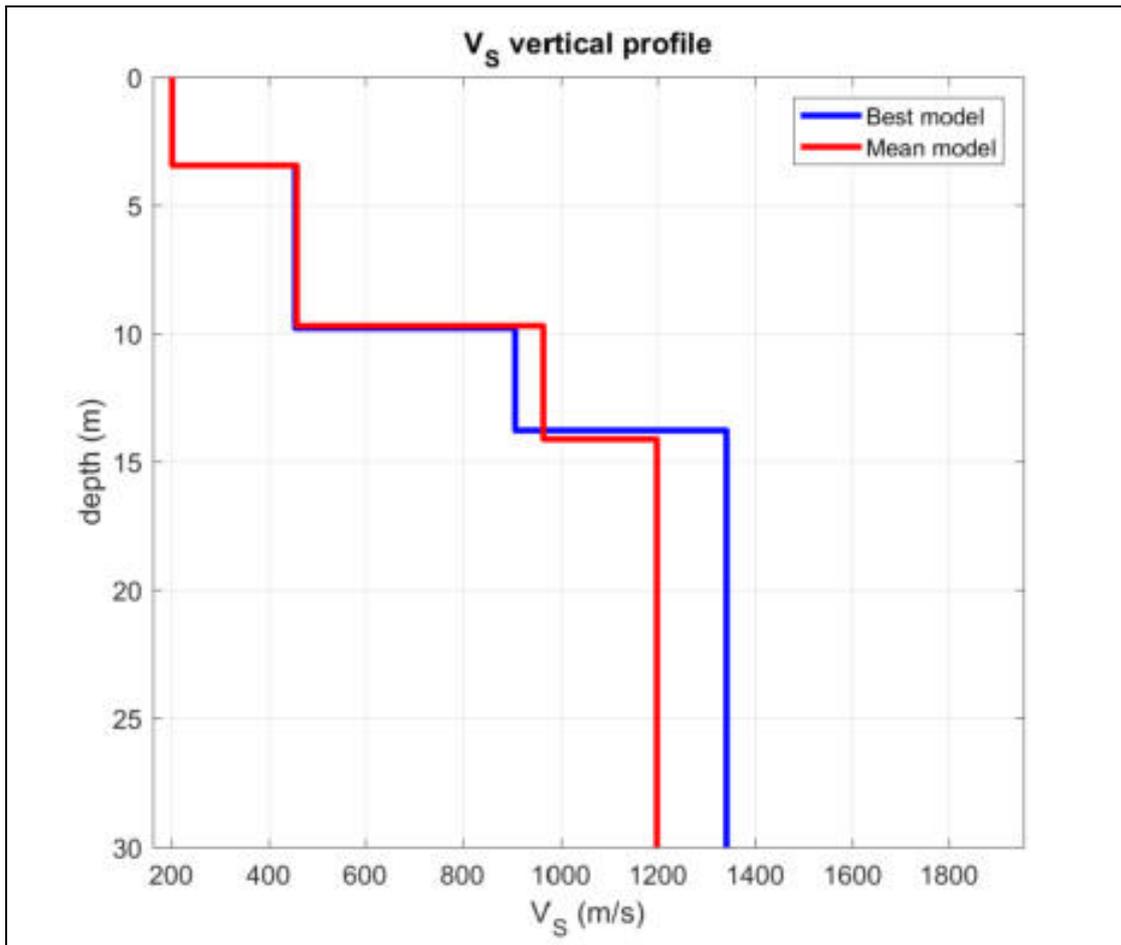


Figura 7 – Modello sismo-stratigrafico della MASW1.

Elaborazione dei dati della MASW2

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.125 ms e offset pari a 4 metri di distanza dal primo geofono.

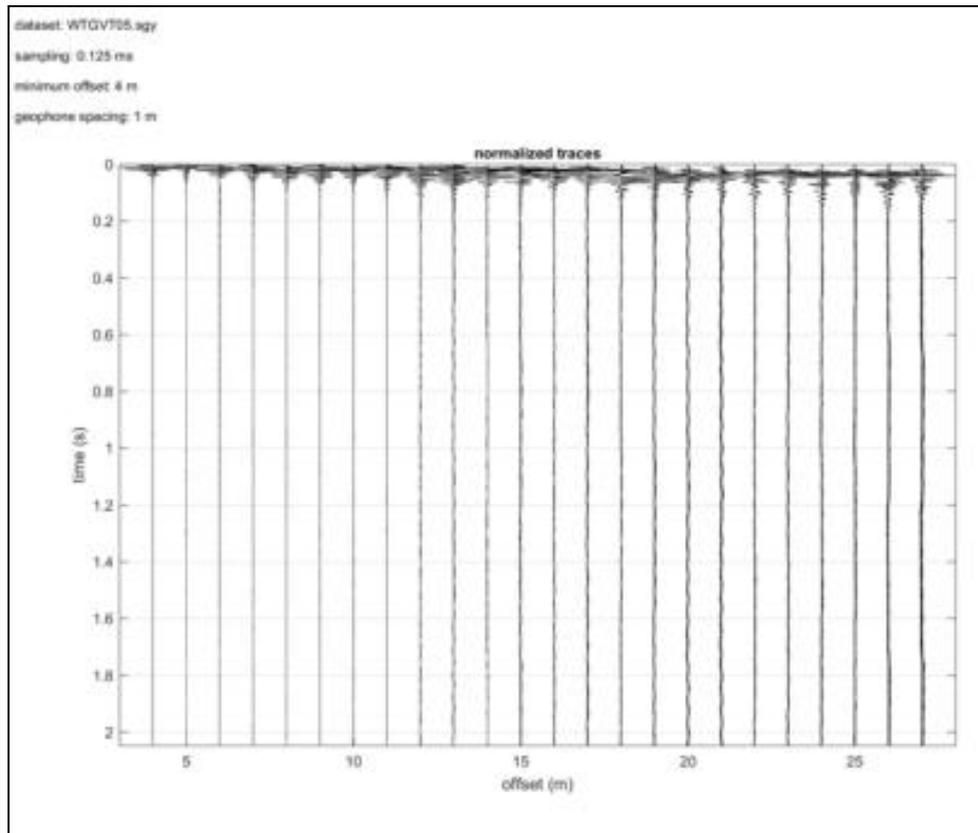


Figura 8 – Sismogramma della MASW2.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione (Figura 9).

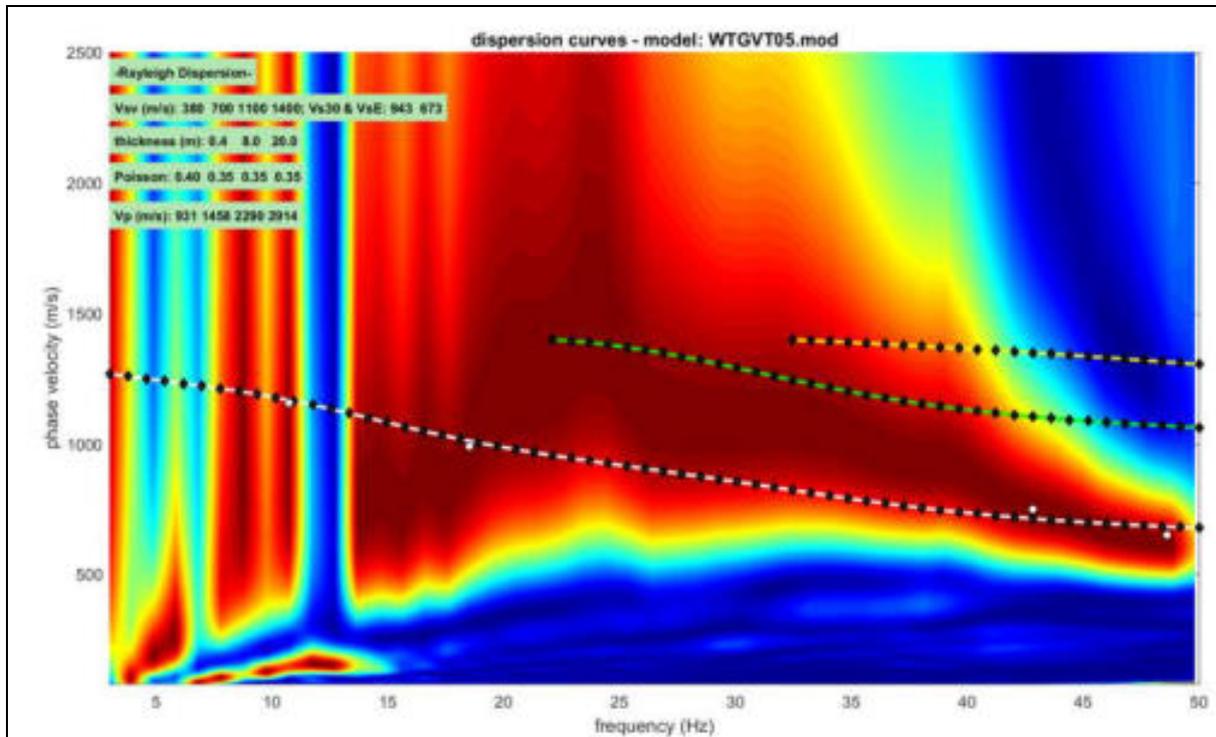


Figura 9 – Spettro di velocità della MASW2.

Nel paragrafo successivo si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti (Figura 10).

Risultati della MASW2

Gli spettri di velocità ottenuti dalle varie acquisizioni si presentano tutti molto netti mostrando chiaramente il modo fondamentale (Figura 9).

Integrando e piccando i dataset acquisiti si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s)-frequenza (Hz) in un intervallo di compreso tra 5 Hz e 50 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 300 m/s e 1400 m/s (Figura 9).

Per tale indagine si è proceduto sia con la modellazione diretta e sia con l'inversione della curva piccata.

I risultati esposti sono il frutto di una ricerca del modello migliore e coerente tra la distribuzione di energia nello spettro di velocità (dato sperimentale) e la curva di dispersione teorica del modello ipotizzato sulla base delle conoscenze geologico - geotecniche acquisite durante questo studio (Figura 11).

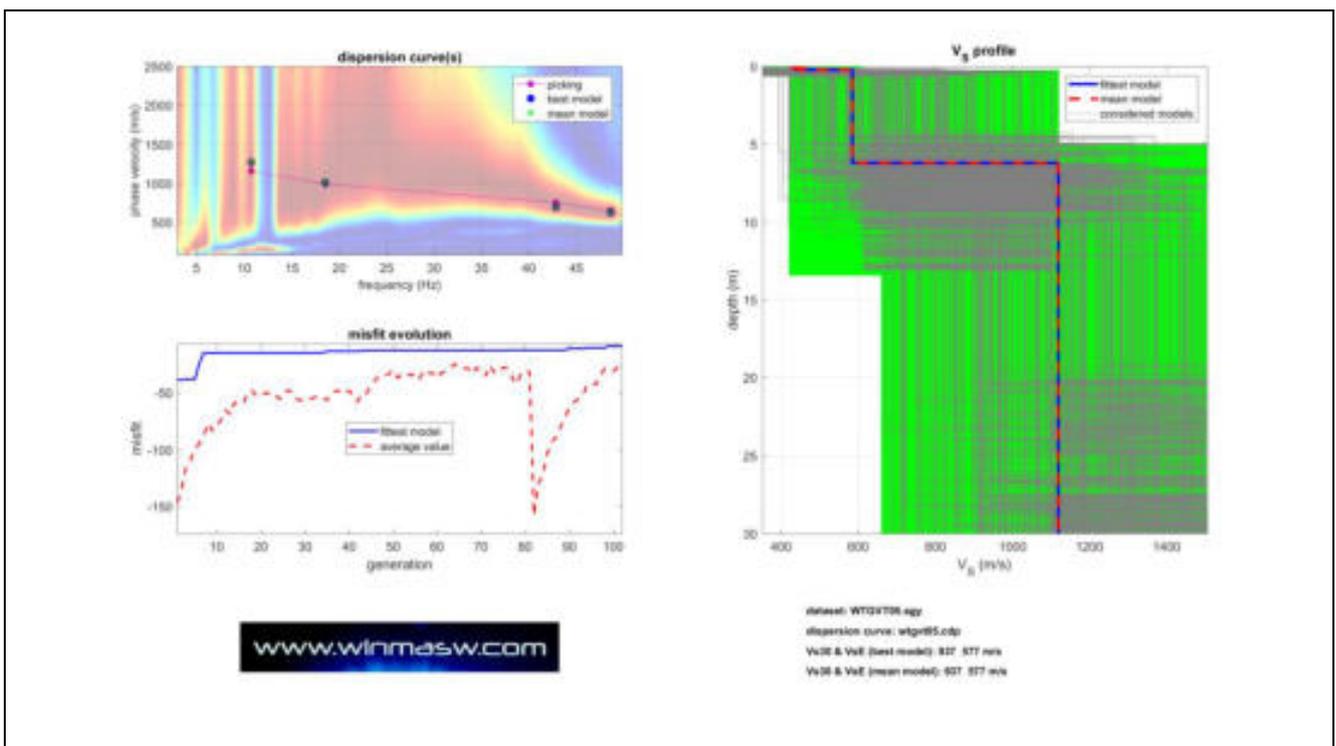


Figura 10 – Modelli di velocità calcolati per la MASW2.

La curva che meglio approssima i dati sperimentali, come già indicato nella figura n. 10, deriva da un profilo verticale delle onde S costituito da 3 sismo-strati, le cui caratteristiche geometriche e sismiche sono indicate nella figura successiva.

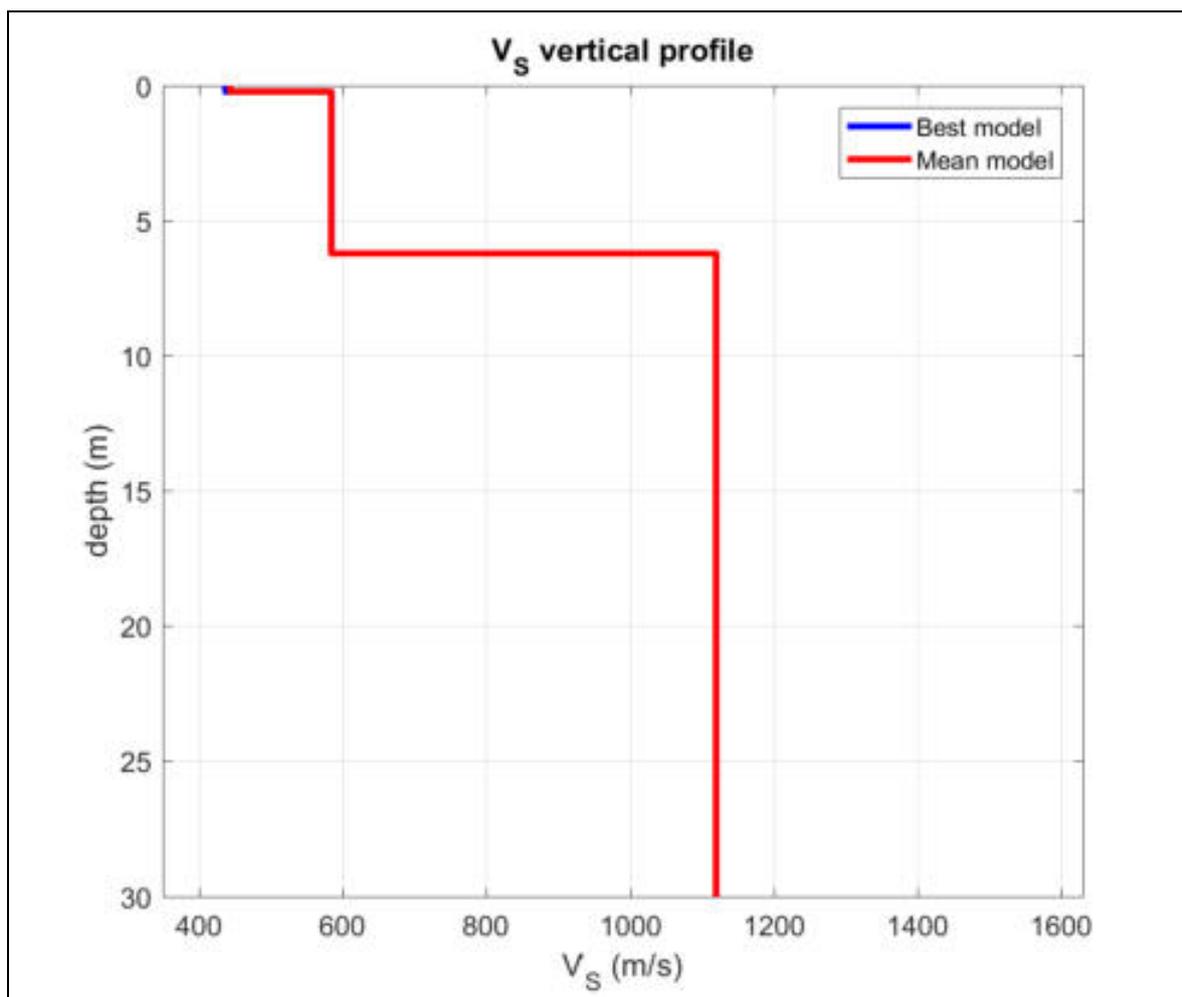


Figura 11 – Modello sismo-stratigrafico della MASW2.

Elaborazione dei dati della MASW3

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 0.500 ms e 2 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.5 ms e offset pari a 4 metri di distanza dal primo geofono.

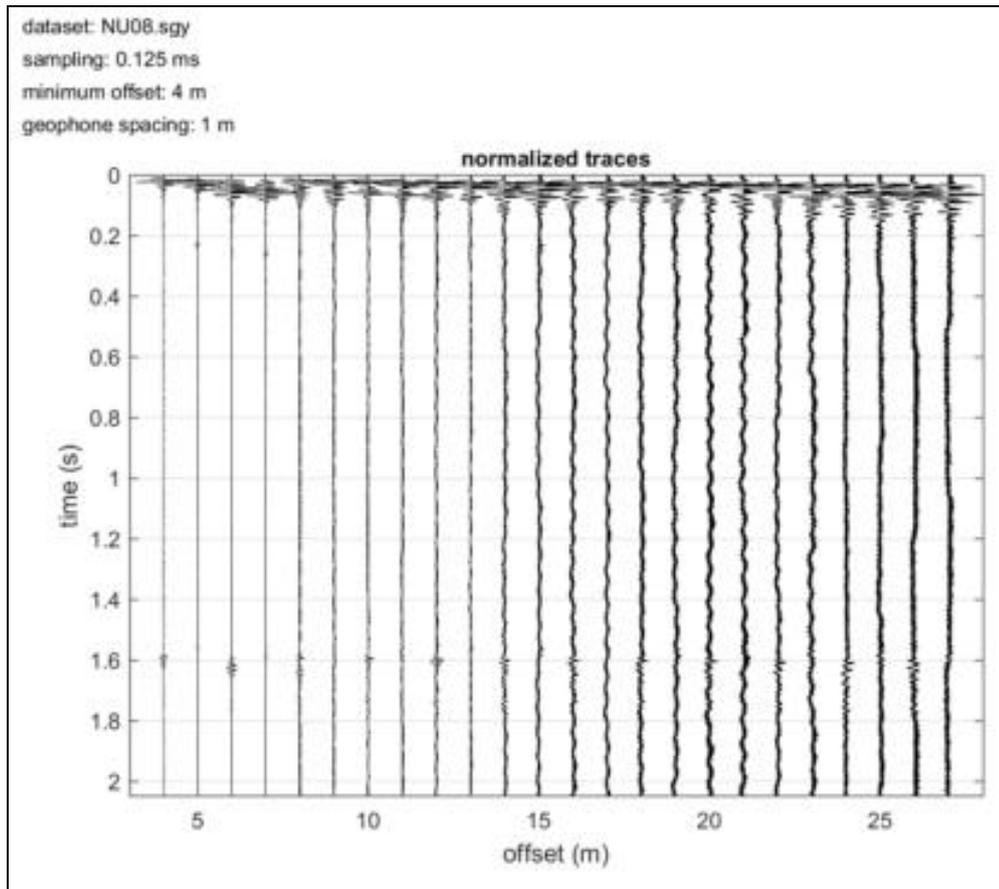


Figura 12 – Sismogramma della MASW3.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione (Figura 13).

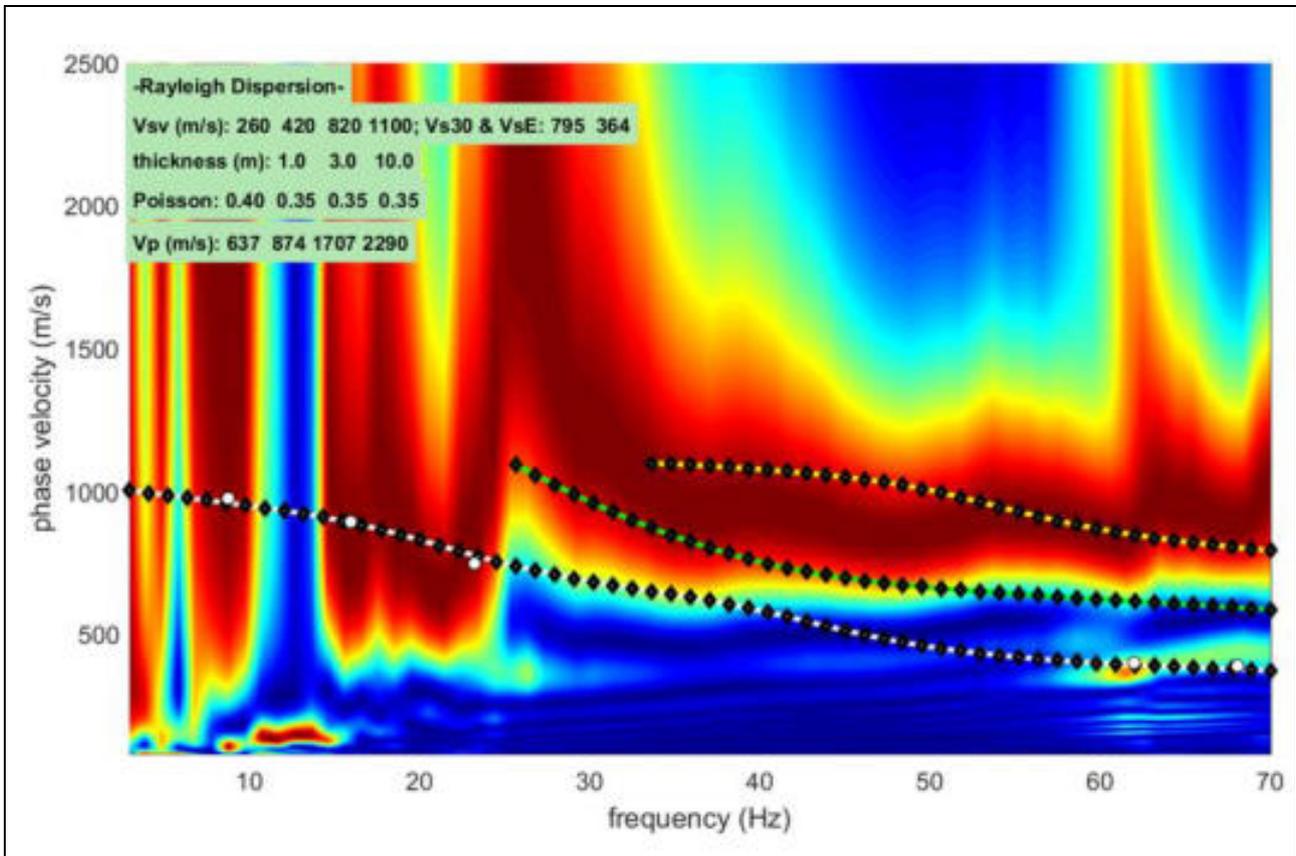


Figura 13 – Spettro di velocità della MASW3.

Nel paragrafo successivo si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti (Figura 14).

Risultati della MASW3

Gli spettri di velocità ottenuti dalle varie acquisizioni si presentano tutti molto netti mostrando chiaramente il modo fondamentale (Figura 13).

Integrando e piccando i dataset acquisiti si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s)-frequenza (Hz) in un intervallo di compreso tra 5 Hz e 50 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 200 m/s e 1100 m/s (Figura 13).

Per tale indagine si è proceduto sia con la modellazione diretta e sia con l'inversione della curva piccata.

I risultati esposti sono il frutto di una ricerca del modello migliore e coerente tra la distribuzione di energia nello spettro di velocità (dato sperimentale) e la curva di dispersione teorica del modello ipotizzato sulla base delle conoscenze geologico - geotecniche acquisite durante questo studio (Figura 14).

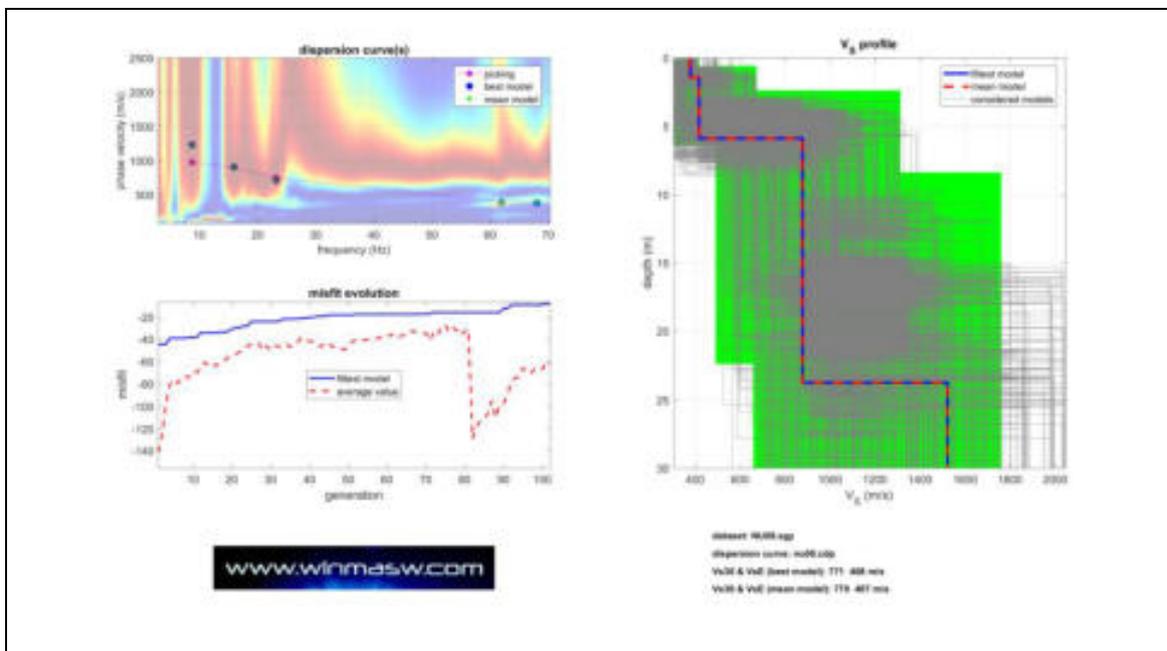


Figura 14 – Modelli di velocità calcolati per la MASW3.

La curva che meglio approssima i dati sperimentali, come già indicato nella figura n. 14, deriva da un profilo verticale delle onde S costituito da 5 sismo-strati, le cui caratteristiche geometriche e sismiche sono indicate nella figura successiva.

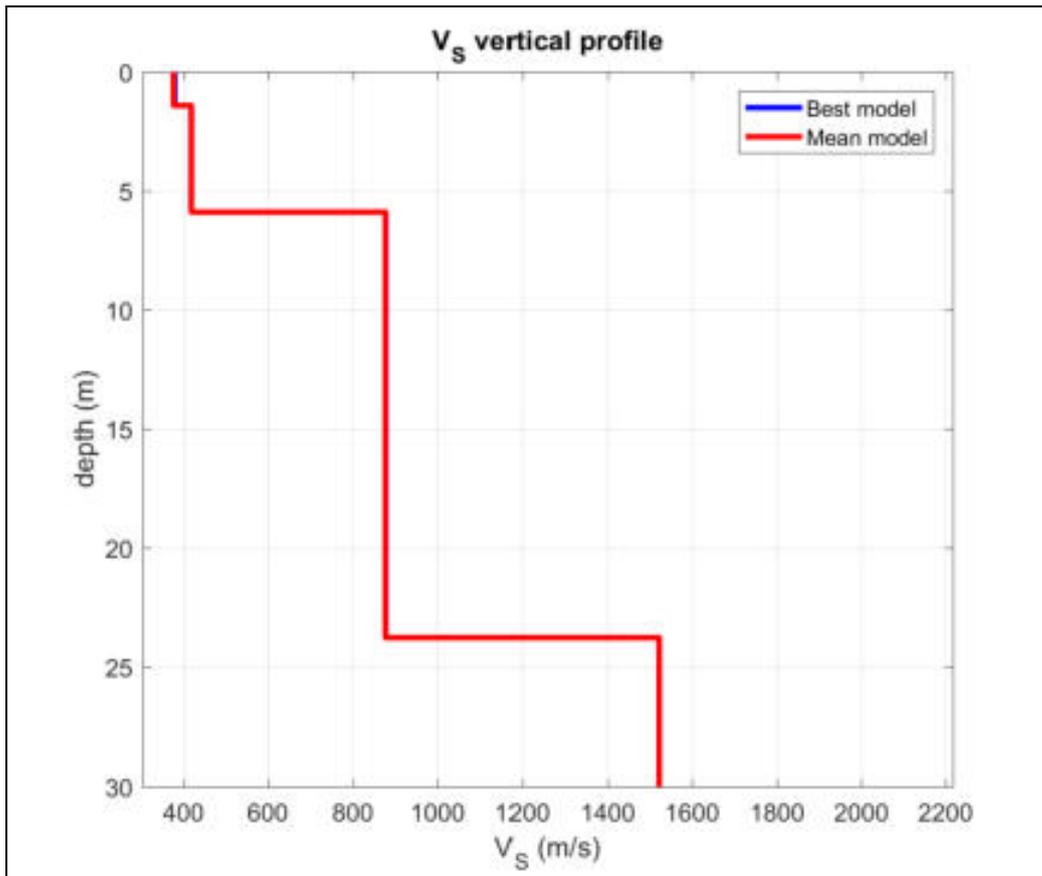


Figura 15 – Modello sismo-stratigrafico della MASW3.

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

7.2.2. Misure di microtremore HVSR

Descrizione del metodo

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre, si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro.

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S.

In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossime a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime. La tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso, è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (Field e Jacob, 1993; Lachet e Bard, 1994; Lermo e Chavez-Garcia, 1993, 1994; Bard, 1998; Ibs-von Seht e Wohlenberg, 1999; Fah et al., 2001).

Sono state interpretate n. 3 registrazioni del rumore di fondo per un tempo di 16 minuti.

Lo scopo di questa indagine è quello di verificare attraverso il metodo di Nakamura, l'eventuale presenza di eventuali contrasti di impedenza fra gli strati sismici investigati.

	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

Risultati dell'analisi H/V

Per la misura H/V (misure di microtremori a stazione singola) è stato utilizzato un tromografo ®Tromino (Micromed), strumento digitale dotato di tre sensori elettrodinamici (geofoni o velocimetri), solidali al case metallico, orientati secondo una terna cartesiana.

La frequenza di campionamento è stata di 128 Hz, con tempo di acquisizione pari a 16 minuti.

Sono state analizzate n. 3 registrazioni del rumore di fondo, come risulta dalle "Carte ubicazione delle indagini", allegate in precedenza.

L'elaborazione delle misure H/V è consistita in un lavoro di pulizia del dato, allo scopo di eliminare segnali transienti e poter quindi procedere al calcolo degli spettri delle componenti orizzontali (H) e verticali (V), successivamente sintetizzate nel rapporto spettrale H/V (in allegato).

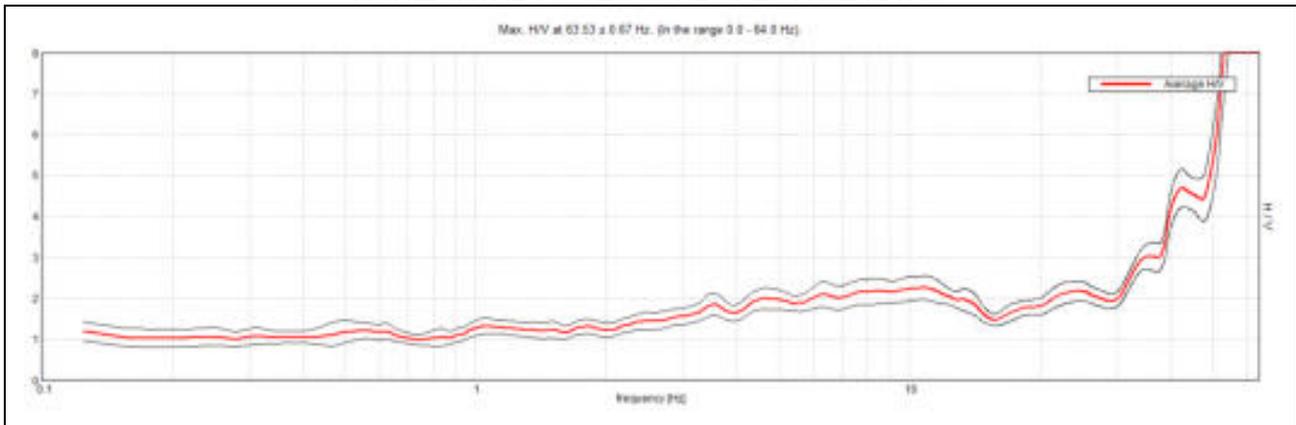
Seguono i rapporti delle registrazioni eseguite.

NOCERA UMBRA, WTGVT1 T1

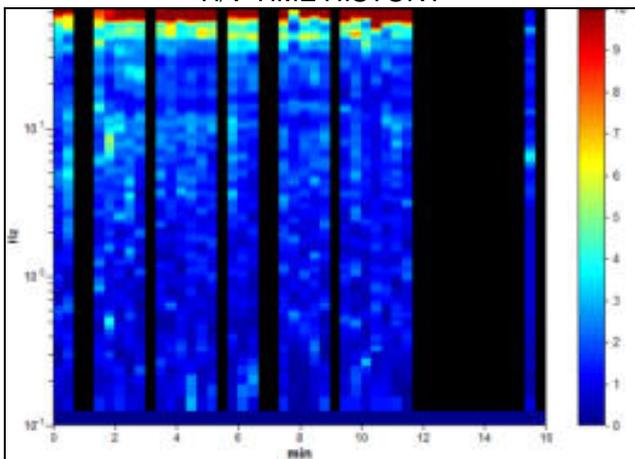
Instrument: TRZ-0142/01-11
 Data format: 16 byte
 Full scale [mV]: 51
 Start recording: 01/06/23 12:06:56 End recording: 01/06/23 12:22:56
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 60% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

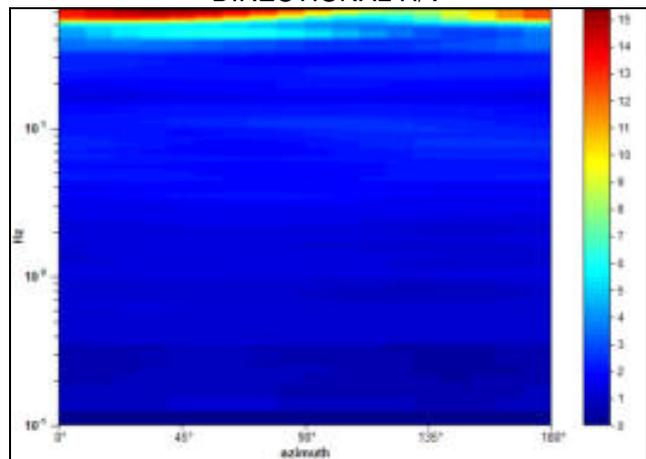
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



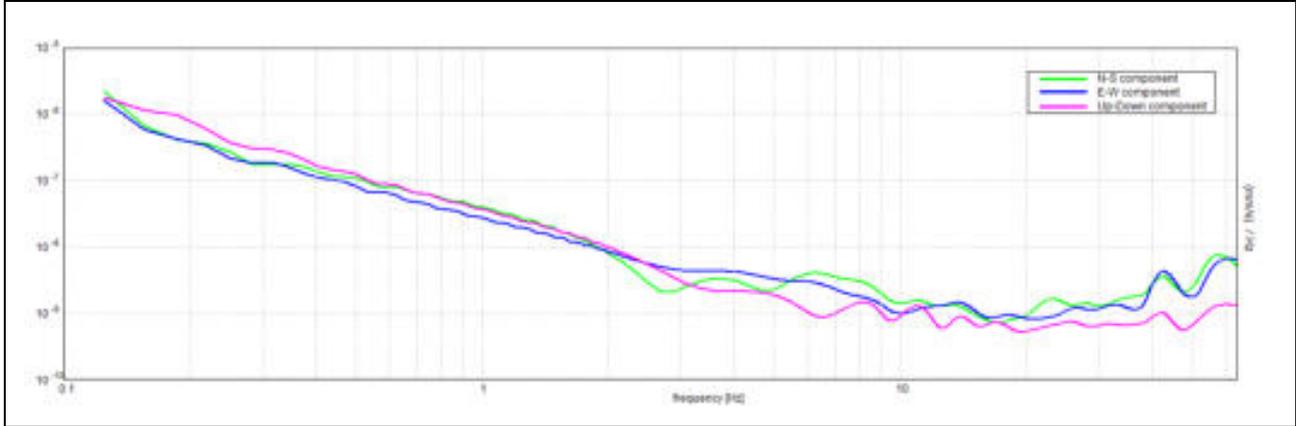
H/V TIME HISTORY



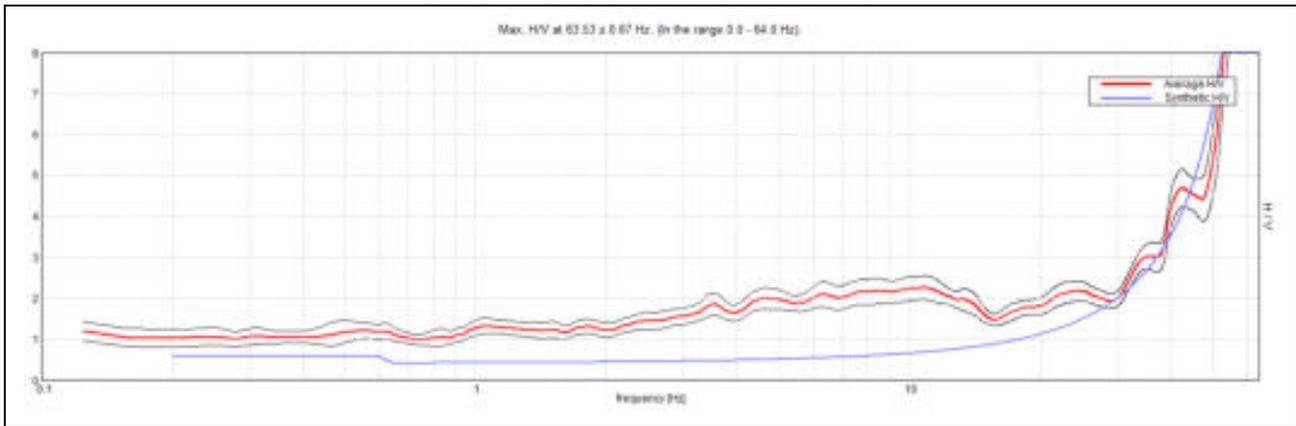
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

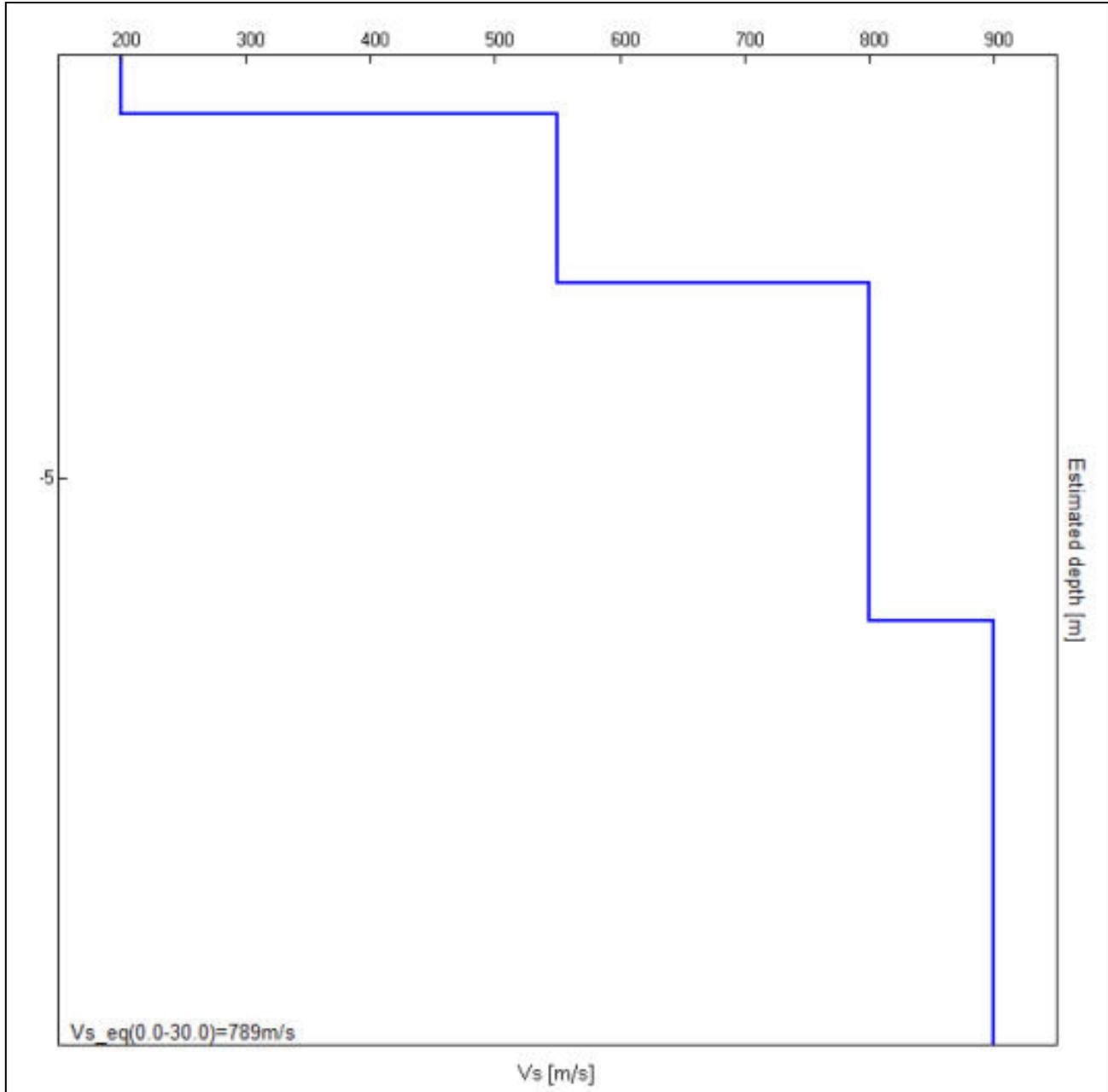


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.70	0.70	200	0.45
2.70	2.00	550	0.45
6.70	4.00	800	0.45
inf.	inf.	900	0.45

Vs_eq(0.0-30.0)=789m/s



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

Max. H/V at 63.53 ± 0.67 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	63.53 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	36848.1 > 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 1032 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	51.344 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	12.45 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.01055 < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.67026 < 3.17656	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.5972 < 1.58		NO

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

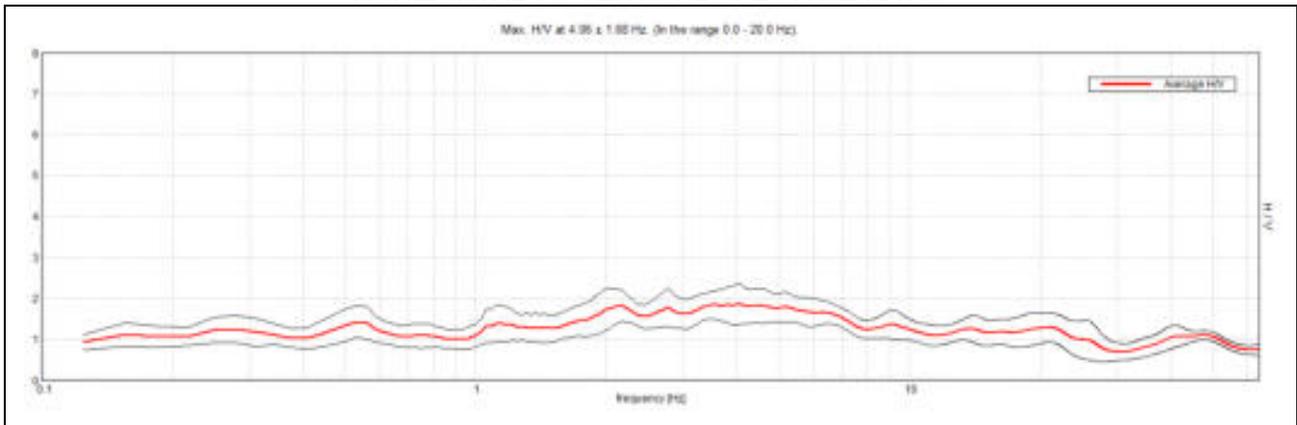
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

NOCERA UMBRA, WTGVT5 T2

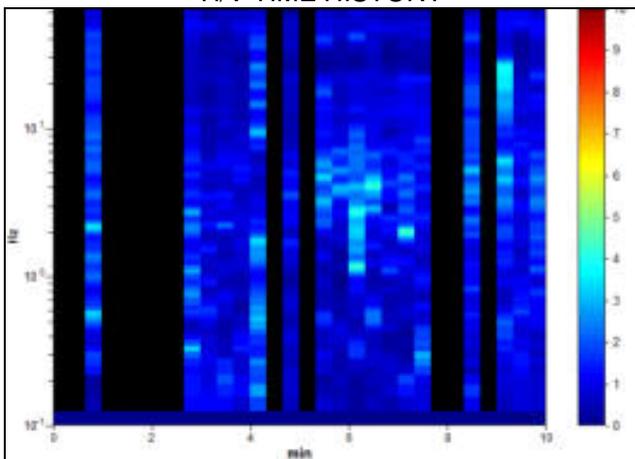
Instrument: TRZ-0142/01-11
 Data format: 16 byte
 Full scale [mV]: 51
 Start recording: 01/06/23 09:42:42 End recording: 01/06/23 09:52:42
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available

Trace length: 0h10'00". Analyzed 60% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

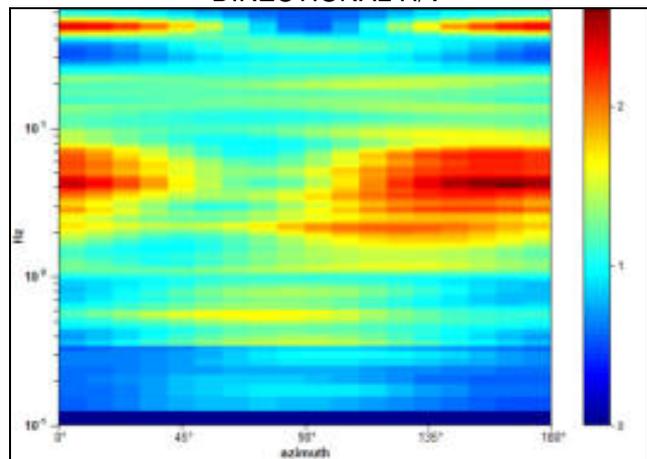
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



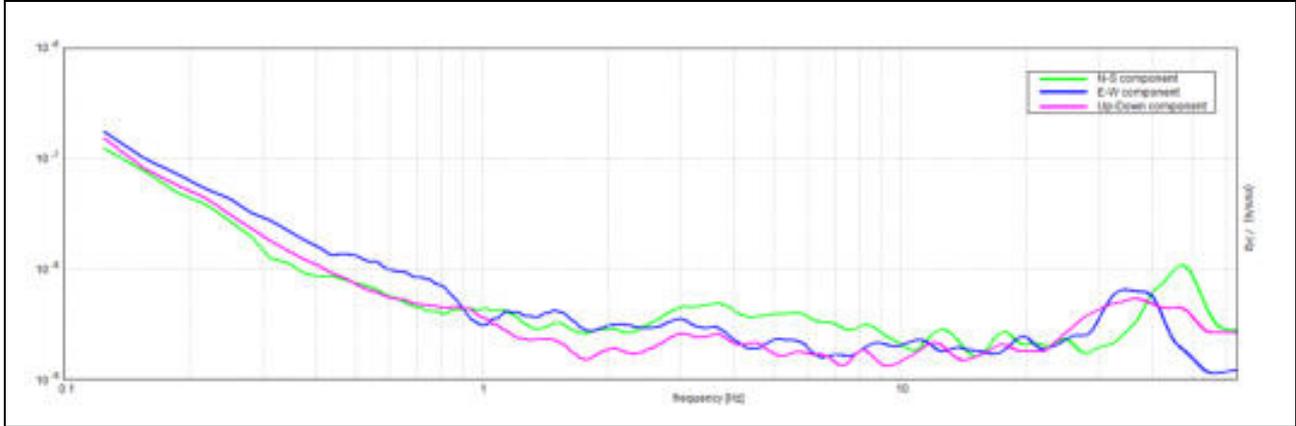
H/V TIME HISTORY



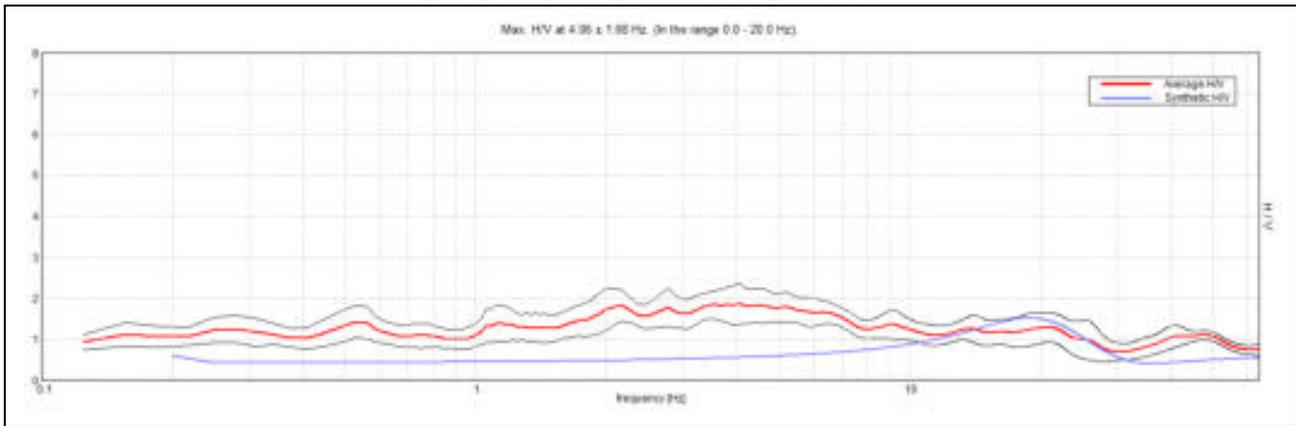
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

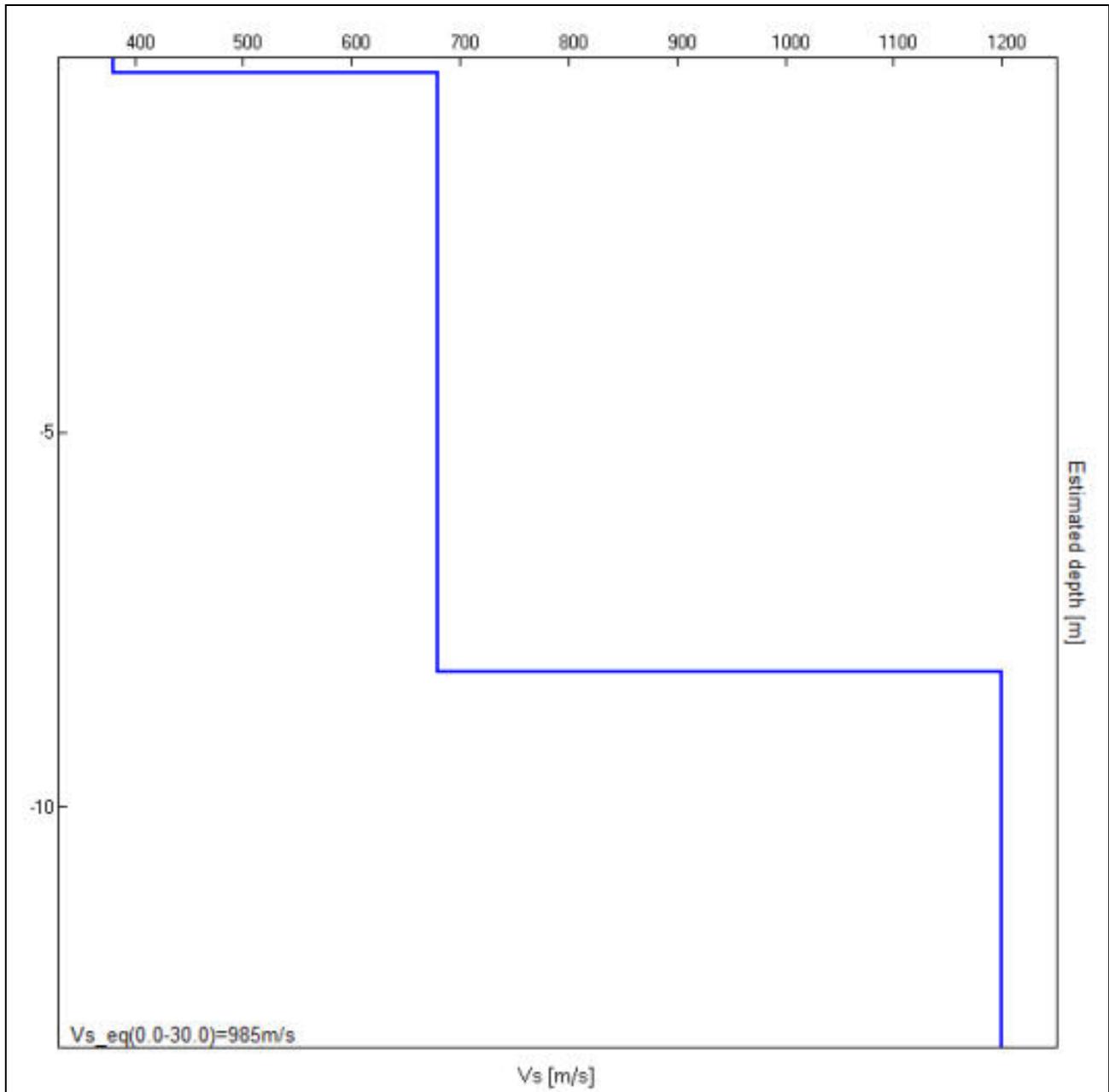


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.20	0.20	380	0.42
8.20	8.00	680	0.42
inf.	inf.	1200	0.42

Vs_eq(0.0-30.0)=985m/s



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

Max. H/V at 4.06 ± 1.68 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	4.06 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1462.5 > 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 196 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
$A_0 > 2$	1.86 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.41419 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.68264 < 0.20313		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4969 < 1.58	OK	

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

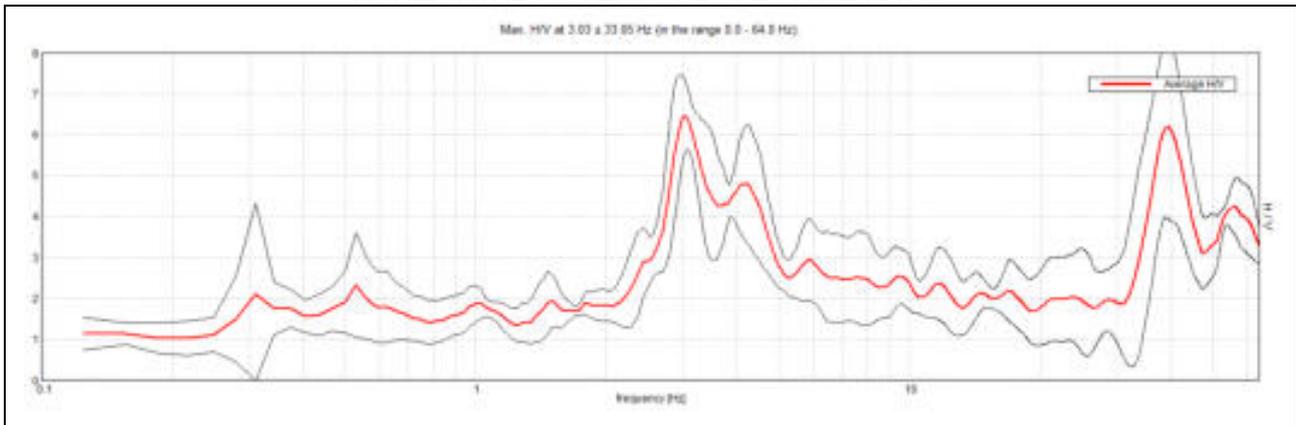
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25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

NOCERA UMBRA, NU08 T3

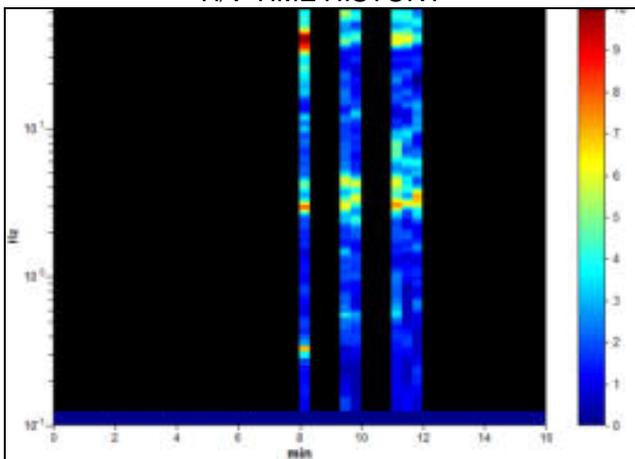
Instrument: TRZ-0142/01-11
 Data format: 16 byte
 Full scale [mV]: 51
 Start recording: 01/06/23 10:45:00 End recording: 01/06/23 11:01:00
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 12% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

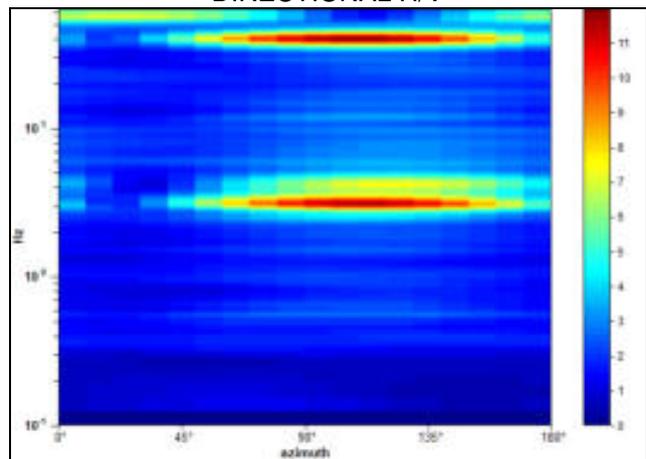
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



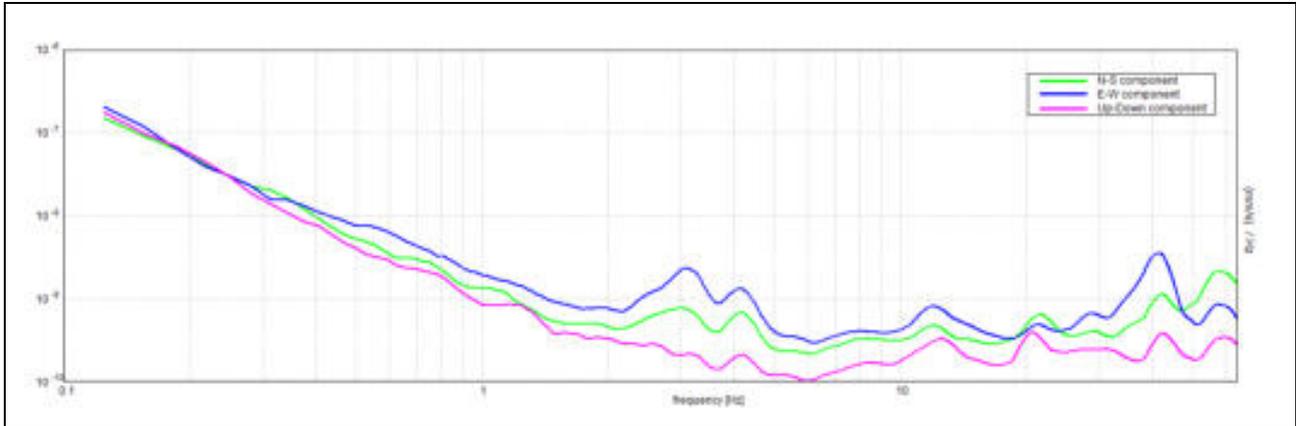
H/V TIME HISTORY



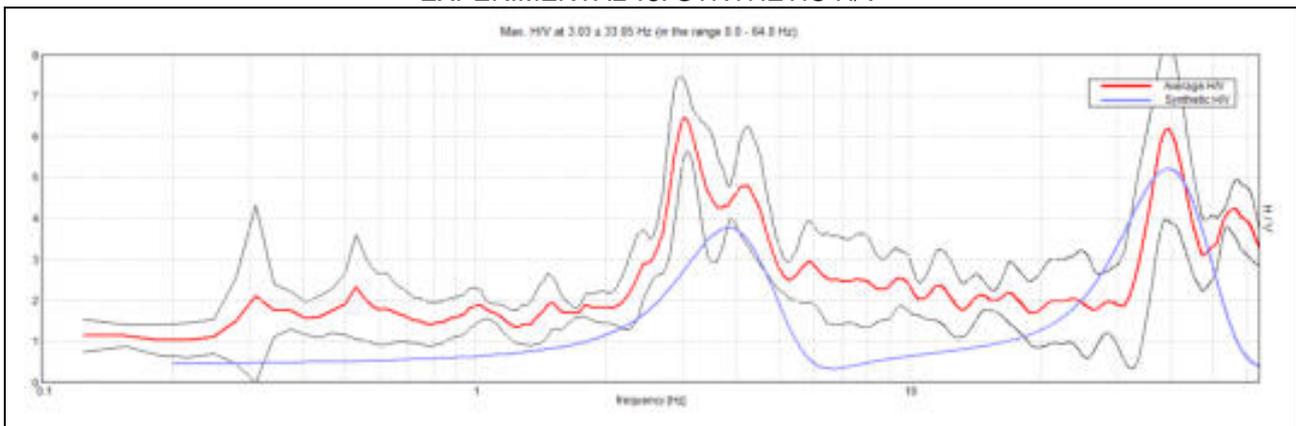
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

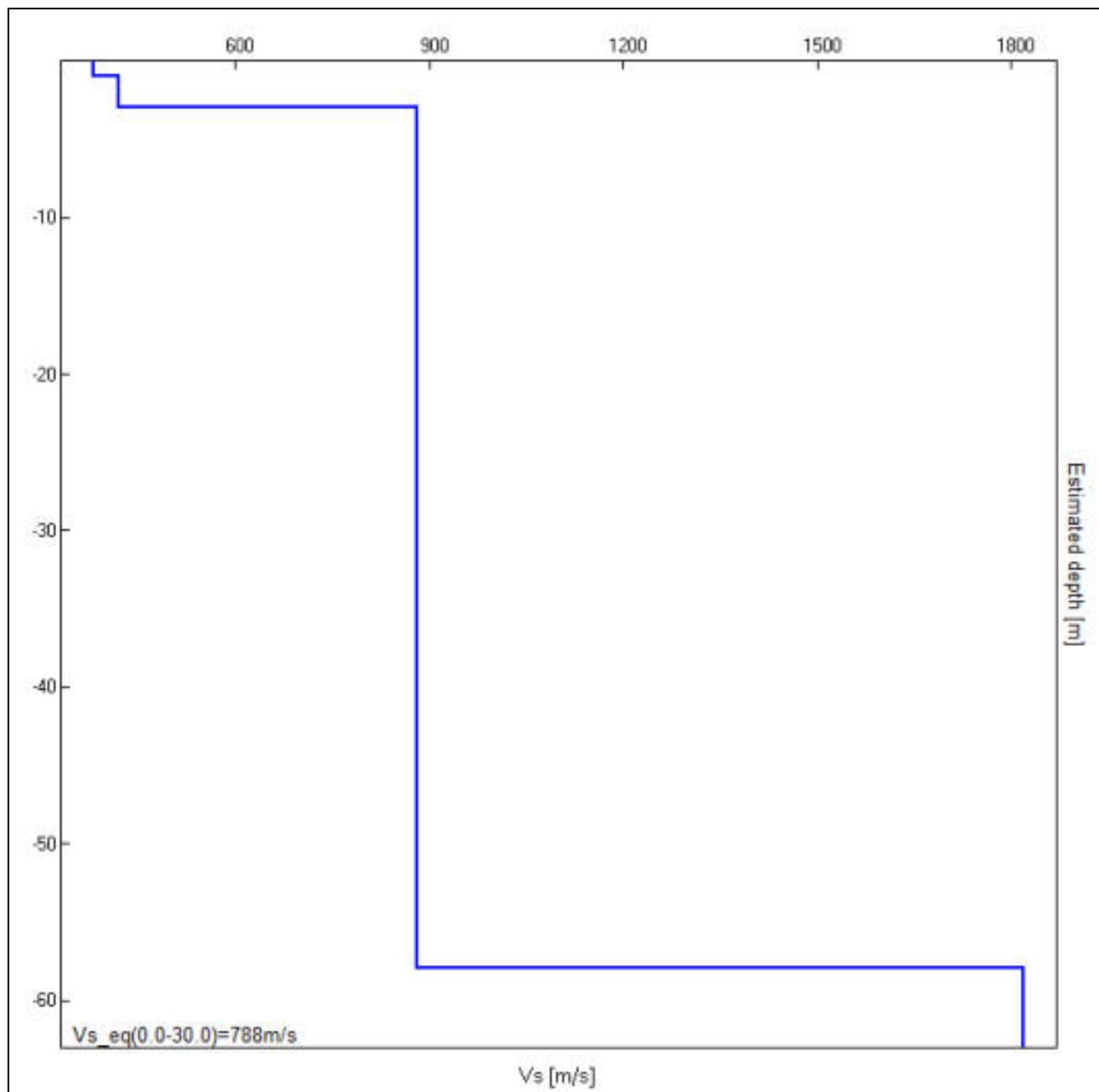


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	380	0.45
3.00	2.00	420	0.45
58.00	55.00	880	0.45
inf.	inf.	1820	0.42

Vs_eq(0.0-30.0)=788m/s



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

Max. H/V at 3.03 ± 33.05 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	3.03 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	363.8 > 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 146 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.594 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.844 Hz	OK	
$A_0 > 2$	6.45 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	10.90372 < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	33.0519 < 0.15156		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.9385 < 1.58	OK	

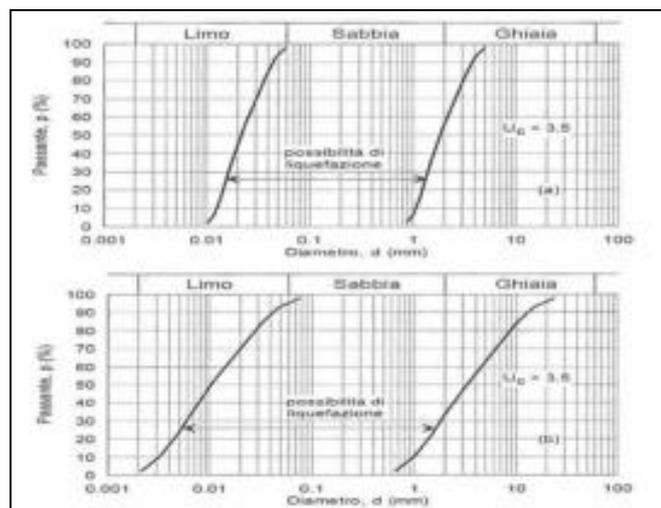
L_w n_w $n_c = L_w n_w f_0$ f f_0 σ_f $\varepsilon(f_0)$ A_0 $A_{H/V}(f)$ f^- f^+ $\sigma_A(f)$ $\sigma_{\log H/V}(f)$ $\theta(f_0)$	window length number of windows used in the analysis number of significant cycles current frequency H/V peak frequency standard deviation of H/V peak frequency threshold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

8. Liquefazione

Le NTC 2018, al cap. 7.11.3.4.2, stabiliscono che la verifica nei confronti della liquefazione di un terreno di fondazione possa essere omessa qualora si verifichi una delle seguenti condizioni:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.100 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura sottostante (terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$).



	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

Per quanto sopra esposto, ed in particolare per i punti n° 2, 3 e 4 si può ritenere che i terreni presenti sulle aree dove ricadranno le opere in progetto, possano essere classificati come non liquefacibili in fase sismica in riferimento alla normativa vigente.



MATEK SYSTEMS SRL
Sede Legale: Via Vesuvio n° 3 – 01030 Vitorchiano (VT)
 Tel/Fax 0761.370600 – Gsm 337.964864
 C.F. e P.IVA 01847750567
info@mateksystems.com - www.mateksystems.com



9. Modelli geologici e geotecnici

La sintesi dei dati puntuali rilevati (rilievo geologico, prove penetrometriche dinamiche e indagini geofisiche) sui i siti d'indagine ha permesso di elaborare i seguenti **modelli geologici**.

Descrizione litologica dello strato	Profondità (m)
Terreno vegetale e sottostanti depositi di calcari e calcari marnosi fratturati, poco addensati. (Litotipo 1)	0,0 - 2,0
Depositi di calcari e calcari marnosi litoidi. (Litotipo 2)	2,0 - >30,0

Tabella 5 – Modello geologico dei siti WTG VT01, WTG VT02 e WTG NU03.

Descrizione litologica dello strato	Profondità (m)
Terreno vegetale e sottostanti depositi di calcari e calcari marnosi fratturati, mediamente addensati. (Litotipo 1)	0,0 - 0,5/1,0
Depositi di calcari e calcari marnosi litoidi. (Litotipo 2)	0,5/1,0 - >30,0

Tabella 6 – Modello geologico dei siti WTG VT04, WTG VT05, WTG NU06 e WTG NU07.

Descrizione litologica dello strato	Profondità (m)
Terreno vegetale e di alterazione superficiale poco addensato. (Litotipo 1)	0,0 - 0,5/1,0
Depositi di calcari fratturati, da poco a mediamente addensati. (Litotipo 2)	0,5/1,0 - 3,2/3,5
Depositi di calcari litoidi. (Litotipo 3)	3,2/3,5 - >30,0

Tabella 7 – Modello geologico dei siti WTG NU08, WTG NU09 e WTG NU10.

	RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	
	<i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

Descrizione litologica dello strato	Profondità (m)
Terreno vegetale sottostanti depositi alluvionali sabbioso-argillosi poco addensati. (Litotipo 1)	0,0 - ~3,0/4,0
Depositi sabbiosi-argillosi con ciottoli poco addensati. (Litotipo 2)	~3,0/4,0 - ~20,0
Depositi di arenarie e marne argillose litoidi. (Litotipo 3)	~20,0 - >30,0

Tabella 8 – Modello geologico del sito SE.

Per una migliore comprensione dei rapporti stratigrafici tra i depositi descritti nelle precedenti tabelle, si rimanda alle allegate sezioni geolitologiche.

Da quanto sopra e al fine di fornire una rapida sintesi delle eventuali criticità riscontrate nei siti d'indagine, si riporta il seguente prospetto:

- **Rischio geologico:**
 - Rischio di frana attuale: assente
 - Rischio di frana potenziale: assente
 - Rischio di alluvionabilità: assente
 - Rischio di erosione lineare accelerata: assente
 - Rischio di crollo massi: assente
- **Rischio sismico:** alto
- **Rischio cavità:** assente
- **Rischio liquefazione:** assente
- **Rischio subsidenza o sinkhole:** assente
- **Rischio tettonico:** assente

Attraverso la combinazione delle informazioni riassunte nella tabella sovrastante e dei dati provenienti dalle indagini geognostiche e dalle prospezioni geofisiche eseguite, è possibile descrivere il seguente modello geotecnico.

Definito il volume significativo come quella parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso, è possibile descriverne il comportamento attraverso il **modello geotecnico**, nel quale i valori nominali dei parametri geotecnici sono stati trasformati nei rispettivi **valori caratteristici (k)** dello stesso, così come richiesto al § 6.2.2 delle NTC18 e della Circolare.

Si riporta la tabella dei valori caratteristici nella quale:

- γ_k = densità caratteristica;
- ϕ_k = angolo di attrito interno caratteristico;
- c'_k = coesione drenata caratteristica;
- σ_k = resistenza a compressione caratteristica;
- $E_{s,k}$ = modulo elastico (di Young) caratteristico;
- $G_{0,k}$ = modulo di taglio caratteristico;
- μ_k = modulo di Poisson caratteristico.

I modelli geotecnici relativi ai siti d'intervento sono riportati nelle sottostanti tabelle 9÷12 , nelle quali gli strati sono stati individuati ricorrendo alla stessa numerazione dei litotipi, riportati nelle precedenti tabelle 5÷8.

Strato	γ_k KN/m ³	ϕ_k °	σ'_k (Mpa)	c'_k daN/cm ²	$E_{s,k}$ (Mpa)	$G_{0,k}$ (Mpa)	μ_k
Litotipo 1	15,0 - 16,0	22 - 24	-	-	10 - 20	30 - 40	0,34
Litotipo 2	25,0 - 26,0	-	42,0 – 44,0	-	60 - 80	80 - 100	0,30

Tabella 9 – Valori caratteristici dei parametri geotecnici dei siti WTG VT01, WTG VT02 e WTG NU03.

Strato	γ_k KN/m ³	ϕ_k °	σ'_k (Mpa)	c'_k daN/cm ²	$E_{s,k}$ (Mpa)	$G_{0,k}$ (Mpa)	μ_k
Litotipo 1	16,0 - 17,0	25	-	-	30 - 40	40 - 60	0,32
Litotipo 2	25,0 - 26,0	-	42,0 – 44,0	-	60 - 80	80 - 100	0,30

Tabella 10 – Valori caratteristici dei parametri geotecnici dei siti WTG VT04, WTG VT05, WTG NU06 e WTG NU07.

Strato	γ_k KN/m ³	ϕ_k °	σ'_k (Mpa)	c'_k daN/cm ²	$E_{s,k}$ (Mpa)	$G_{0,k}$ (Mpa)	μ_k
Litotipo 1	15,0 - 16,0	22 - 24	-	-	10 - 20	30 - 40	0,34
Litotipo 2	16,0 - 17,0	25	-	-	30 - 40	40 - 60	0,32
Litotipo 3	25,0 - 26,0	-	42,0 – 44,0	-	60 - 80	80 - 100	0,30

Tabella 11 – Valori caratteristici dei parametri geotecnici dei siti WTG NU08, WTG NU09 e WTG NU10.

Strato	γ_k KN/m ³	ϕ_k °	σ'_k (Mpa)	c'_k daN/cm ²	$E_{s,k}$ (Mpa)	$G_{0,k}$ (Mpa)	μ_k
Litotipo 1	15,0 - 16,0	23 - 25	-	-	10 - 15	15 - 20	0,35
Litotipo 2	16,0 - 17,0	27 - 30	-	-	40 - 60	60 - 80	0,34
Litotipo 3	20,0 - 21,0	-	38,0 – 40,0	-	60 - 80	80 - 100	0,30

Tabella 12 – Valori caratteristici dei parametri geotecnici del sito SE desunti da dati bibliografici.

In riferimento alle tabelle precedenti è opportuno evidenziare quanto segue:

- ✓ Il valore nominale dei parametri geotecnici, dal quale è stato poi ricavato quello caratteristico secondo quanto nel seguito riportato, è riportato in allegato nelle diagrafie delle prove penetrometriche DPSH, per ogni 20 cm;
- ✓ Il punto C 6.2.2.4 della Circolare recita *“Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici,*

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato. È questo il caso, ad esempio, delle verifiche SLU dei pali in condizioni non drenate, in termini di tensioni totali, nelle quali per la determinazione del contributo di resistenza alla punta è appropriata la valutazione del valore caratteristico della resistenza non drenata mediante una media locale effettuata nel volume di terreno interessato dal meccanismo di collasso indotto dalla punta stessa".

- ✓ I parametri caratteristici sono stati identificati con il metodo statistico in base alle seguenti fonti di letteratura:
 - EUROCODICE 7 (EC7) (norma europea prEN1997-1), punto 2.4.5.2 11 e relativa nota;
 - Bond, A., Harris, A., Decoding Eurocode 7, Taylor and Francis, 2008.

	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

L'EC7 suggerisce che il valore caratteristico di un determinato parametro debba corrispondere ad una valutazione cautelativa del valore medio di quel parametro e che, se si utilizzano metodi statistici, il valore caratteristico dovrebbe essere cautelativamente rilevato in maniera tale che la probabilità calcolata di valori più sfavorevoli che determinano la manifestazione dello stato limite non sia maggiore del 5%.

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

10. Azioni sismiche di progetto

Una breve descrizione della sismicità storica dei Comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG) è riportata nel Capitolo 6 del presente lavoro, dal quale si deduce che le aree in esame sono caratterizzate da un'accelerazione orizzontale attesa medio - alta.

Per un sisma con un periodo di ritorno (T_R) di 50 anni e probabilità di superamento (P_{VR}) pari al 10%, questo valore è generalmente compreso nel range **0,225 – 0,250** Ag/g (INGV: "Mappa della pericolosità sismica del territorio").

10.1. Pericolosità sismica di base

Al fine della definizione delle **azioni sismiche di progetto**, di cui al § 3.2 delle NTC18, occorre partire dalla "**pericolosità sismica di base**".

La stima di quest'ultima, intesa come accelerazione orizzontale massima attesa a_g su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale (categoria "A" e T1 delle NTC18), pertanto in condizioni ideali, viene eseguita mediante un approccio "sito dipendente"; ovvero la stima dei parametri spettrali, necessari per la definizione dell'azione sismica sia per la valutazione della sicurezza sia per il progetto degli interventi, è calcolata direttamente per il sito in esame.

Per far ciò sono state calcolate, in base ai parametri correlati al reticolo di riferimento, le coordinate geografiche delle zone in esame, riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento utilizzato per la carta di pericolosità dell'INGV.

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

Per il sito WTG VT01 esse sono:

Latitudine: ϕ_{ED50}	43.055350
Longitudine: λ_{ED50}	12.801921

Una volta ricavata la pericolosità sismica di base, fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it> è possibile passare alla definizione delle azioni sismiche, nei vari stati limite, attraverso l'approccio prestazionale introdotto dalle NTC18, e valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_r con la seguente relazione:

$$V_r = V_n \text{ (vita nominale della struttura) } \times C_u \text{ (coefficiente d'uso).}$$

Esse si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Queste ultime, relative a ciascuno degli stati limite, cui corrispondono determinate probabilità di superamento P_{V_r} nel periodo di riferimento, sono definite, in condizioni di campo libero, a partire dai seguenti parametri:

- a_g (o P_{ga}) accelerazione orizzontale massima del terreno, determinata su un reticolo a maglia inferiore a 10 Km (corrispondente all'ordinata spettrale per $t = 0$);
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale su suolo rigido.

Tramite il *software sperimentale SPETTRI 1.03* del *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti* è possibile stimare i parametri per la definizione dell'azione sismica per i vari stati limite considerati e per il sito, tenendo conto delle seguenti condizioni:

- Coordinate del sito: Lat 43.055350 e Long 12.801921;
- Vita nominale V_N : 50 anni;
- Classe d'uso: II (*affollamento normale*);
- Coefficiente $C_u=1,0$;
- Vita di riferimento $V_R = V_N \times C_u = 50$ anni.

Ai quattro stati limite, Stato limite di immediata operatività (SLO), Stato limite di danno (SLD), Stato limite di salvaguardia della Vita (SLV) e Stato limite di prevenzione del Collasso (SLC) sono stati attribuiti (v. Tabella 3.2.1 delle NTC18) i valori della probabilità di superamento P_{Vr} nel periodo di riferimento, pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, cui corrispondono periodi di ritorno di anni 30, 50, 475, 975.

I parametri di azione sismica del sito in esame per i diversi stati limite sono riportati nella successiva tabella 13.

Stato limite	T_r (anni)	a_g (m/s ²)	F_o	T^*_c (s)
SLO	30	0,075	2,386	0,273
SLD	50	0,097	2,341	0,280
SLV	475	0,236	2,407	0,315
SLC	975	0,300	2,412	0,327

Tabella 13 – Parametri di azione sismica del sito WTG VT01 per i diversi stati limite

Per il sito WTG VT05 esse sono:

Latitudine: ϕ_{ED50}	43.081988
Longitudine: λ_{ED50}	12.791302

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

Una volta ricavata la pericolosità sismica di base, fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it> è possibile passare alla definizione delle azioni sismiche, nei vari stati limite, attraverso l'approccio prestazionale introdotto dalle NTC18, e valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_r con la seguente relazione:

$$V_r = V_n \text{ (vita nominale della struttura)} \times C_u \text{ (coefficiente d'uso)}.$$

Esse si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Queste ultime, relative a ciascuno degli stati limite, cui corrispondono determinate probabilità di superamento P_{Vr} nel periodo di riferimento, sono definite, in condizioni di campo libero, a partire dai seguenti parametri:

- a_g (o P_{ga}) accelerazione orizzontale massima del terreno, determinata su un reticolo a maglia inferiore a 10 Km (corrispondente all'ordinata spettrale per $t = 0$);
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale su suolo rigido.

Tramite il *software sperimentale SPETTRI 1.03* del *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti* è possibile stimare i parametri per la definizione dell'azione sismica per i vari stati limite considerati e per il sito, tenendo conto delle seguenti condizioni:

- Coordinate del sito: Lat 43.081988 e Long 12.791302;
- Vita nominale V_N : 50 anni;
- Classe d'uso: II (*affollamento normale*);
- Coefficiente $C_u=1,0$;

- Vita di riferimento $V_R = V_N \times C_u = 50$ anni.

Ai quattro stati limite, Stato limite di immediata operatività (SLO), Stato limite di danno (SLD), Stato limite di salvaguardia della Vita (SLV) e Stato limite di prevenzione del Collasso (SLC) sono stati attribuiti (v. Tabella 3.2.1 delle NTC18) i valori della probabilità di superamento P_{Vr} nel periodo di riferimento, pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, cui corrispondono periodi di ritorno di anni 30, 50, 475, 975.

I parametri di azione sismica del sito in esame per i diversi stati limite sono riportati nella successiva tabella 14.

Stato limite	T_r (anni)	a_g (m/s ²)	F_o	T^*_c (s)
SLO	30	0,075	2,386	0,273
SLD	50	0,097	2,339	0,280
SLV	475	0,235	2,407	0,314
SLC	975	0,299	2,414	0,326

Tabella 14 – Parametri di azione sismica del sito WTG VT05 per i diversi stati limite

Per il sito WTG NU08 esse sono:

Latitudine: ϕ_{ED50}	43.151369
Longitudine: λ_{ED50}	12.830965

Una volta ricavata la pericolosità sismica di base, fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it> è possibile passare alla definizione delle azioni sismiche, nei vari stati limite, attraverso l'approccio prestazionale introdotto dalle NTC18, e valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_r con la seguente relazione:

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

$$V_r = V_n \text{ (vita nominale della struttura)} \times C_u \text{ (coefficiente d'uso)}.$$

Esse si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Queste ultime, relative a ciascuno degli stati limite, cui corrispondono determinate probabilità di superamento P_{Vr} nel periodo di riferimento, sono definite, in condizioni di campo libero, a partire dai seguenti parametri:

- a_g (o P_{ga}) accelerazione orizzontale massima del terreno, determinata su un reticolo a maglia inferiore a 10 Km (corrispondente all'ordinata spettrale per $t = 0$);
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale su suolo rigido.

Tramite il *software sperimentale SPETTRI 1.03* del *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti* è possibile stimare i parametri per la definizione dell'azione sismica per i vari stati limite considerati e per il sito, tenendo conto delle seguenti condizioni:

- Coordinate del sito: Lat 43.151369 e Long 12.830965;
- Vita nominale V_N : 50 anni;
- Classe d'uso: II (*affollamento normale*);
- Coefficiente $C_u=1,0$;
- Vita di riferimento $V_R = V_N \times C_u= 50$ anni.

Ai quattro stati limite, Stato limite di immediata operatività (SLO), Stato limite di danno (SLD), Stato limite di salvaguardia della Vita (SLV) e Stato limite di prevenzione del Collasso (SLC) sono stati attribuiti (v. Tabella 3.2.1 delle NTC18) i valori della probabilità

80



MATEK SYSTEMS SRL
Sede Legale: Via Vesuvio n° 3 – 01030 Vitorchiano (VT)
 Tel/Fax 0761.370600 – Gsm 337.964864
 C.F. e P.IVA 01847750567
info@mateksystems.com - www.mateksystems.com



di superamento P_{vr} nel periodo di riferimento, pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, cui corrispondono periodi di ritorno di anni 30, 50, 475, 975.

I parametri di azione sismica del sito in esame per i diversi stati limite sono riportati nella successiva tabella 15.

Stato limite	T_r (anni)	a_g (m/s^2)	F_o	T^*_c (s)
SLO	30	0,072	2,391	0,274
SLD	50	0,094	2,356	0,281
SLV	475	0,230	2,401	0,315
SLC	975	0,293	2,415	0,326

Tabella 15 – Parametri di azione sismica del sito WTG NU08 per i diversi stati limite

10.2. Risposta Sismica Locale (RSL) e categoria di sottosuolo

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, secondo quanto esposto nelle NTC18, per tener conto delle modifiche prodotte dalle locali condizioni stratigrafiche (S) del sottosuolo e dalla configurazione topografica (T) del sito in esame.

Entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido ed orizzontale.

Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, determinano la **risposta sismica locale (RSL)**, così come definita al § 7.11.3.1 delle NTC18.

Gli effetti della RSL possono essere valutati con metodi semplificati, se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro di risposta

elastico, oppure mediante specifiche analisi quando l'azione è descritta mediante accelerogrammi.

Nella fattispecie, dall'analisi e mediazione dei dati ricavati, è stato possibile valutare l'effetto della risposta sismica locale, mediante la classificazione sismica del suolo.

Infatti, l'esecuzione delle prospezioni geofisiche MASW e HVSR, nonché la modellazione geologica e geotecnica del sedime locale, hanno consentito di procedere con l'approccio semplificato, così come raccomandato al § 3.2.2 delle NTC18, in quanto si è concretizzata la condizione imposta dalle NTC18, necessaria per poterlo applicare, ovvero un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche dei terreni con la profondità.

Per quanto sopra esposto il sottosuolo dei siti d'indagine WTG VT01, WTG VT02, WTG NU03 può essere classificato nella **categoria "E"**, avendo presentato una media dei valori della V_{seq} inferiori a 360 m/s ed essendo presente un substrato ad una profondità inferiore ai 30,0 m, come da campitura evidenziata nella seguente tabella 3.2.II delle NTC18.

§ 3.2.2 NTC18: Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria suolo	Tipo	Velocità onde di taglio
A	Ammassi rocciosi o terreni molto rigidi	$V_s > 800$ m/sec
B	Rocce tenere e terreni a grana grossa molto addensati o terreni fini molto consistenti	360 m/sec $< V_s < 800$ m/sec
C	Terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni fini mediamente consistenti	180 m/sec $< V_s < 360$ m/sec
D	Terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni fini scarsamente consistenti	100 m/sec $< V_s < 180$ m/sec

Categoria suolo	Tipo	Velocità onde di taglio
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m	Vs come C e D nello strato superficiale su un substrato con Vs come A

Per quanto attiene le modifiche indotte all'azione sismica di progetto dal fattore topografico, il rilevamento geomorfologico condotto ha consentito di classificare il sito locale, come da campitura evidenziata successiva tabella 3.2.III delle NTC18, in **categoria "T1"**.

§ 3.2.2 NTC18: Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

L'azione sismica di progetto dovrà pertanto essere determinata considerando la categoria di sottosuolo, nella fattispecie **tipo E**, e la categoria topografica, nella fattispecie **T1**.

Il sottosuolo dei siti d'indagine WTG VT04, WTG VT05, WTG NU06 e WTG NU07 può essere classificato nella **categoria "B"**, avendo presentato una media dei valori della

Vseq di circa 500 m/sec, come da campitura evidenziata nella seguente tabella 3.2.II delle NTC18.

§ 3.2.2 NTC18: Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria suolo	Tipo	Velocità onde di taglio
A	Ammassi rocciosi o terreni molto rigidi	$V_s > 800$ m/sec
B	Rocce tenere e terreni a grana grossa molto addensati o terreni fini molto consistenti	360 m/sec $< V_s < 800$ m/sec
C	Terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni fini mediamente consistenti	180 m/sec $< V_s < 360$ m/sec
D	Terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni fini scarsamente consistenti	100 m/sec $< V_s < 180$ m/sec
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m	V_s come C e D nello strato superficiale su un substrato con V_s come A

Per quanto attiene le modifiche indotte all'azione sismica di progetto dal fattore topografico, il rilevamento geomorfologico condotto ha consentito di classificare il sito locale, come da campitura evidenziata successiva tabella 3.2.III delle NTC18, in **categoria "T1"**.

§ 3.2.2 NTC18: Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

L'azione sismica di progetto dovrà pertanto essere determinata considerando la categoria di sottosuolo, nella fattispecie **tipo B**, e la categoria topografica, nella fattispecie **T1**.

Il sottosuolo dei siti d'indagine WTG NU08, WTG NU09 e WTG NU10 può essere classificato nella **categoria "B"**, avendo presentato una media dei valori della **Vseq di circa 400 m/sec**, come da campitura evidenziata nella seguente tabella 3.2.II delle NTC18.

§ 3.2.2 NTC18: Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria suolo	Tipo	Velocità onde di taglio
A	Ammassi rocciosi o terreni molto rigidi	$V_s > 800$ m/sec
B	Rocce tenere e terreni a grana grossa molto addensati o terreni fini molto consistenti	360 m/sec < V_s < 800 m/sec
C	Terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni fini mediamente consistenti	180 m/sec < V_s < 360 m/sec
D	Terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni fini scarsamente consistenti	100 m/sec < V_s < 180 m/sec
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m	V_s come C e D nello strato superficiale su un substrato con V_s come A

Per quanto attiene le modifiche indotte all'azione sismica di progetto dal fattore topografico, il rilevamento geomorfologico condotto ha consentito di classificare il sito locale, come da campitura evidenziata successiva tabella 3.2.III delle NTC18, in **categoria "T1"**.

§ 3.2.2 NTC18: Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

L'azione sismica di progetto dovrà pertanto essere determinata considerando la categoria di sottosuolo, nella fattispecie **tipo B**, e la categoria topografica, nella fattispecie **T1**.

Infine, il sottosuolo del sito d'indagine SE, sulla base di dati bibliografici acquisiti, può essere assimilato ad una **categoria "C"**, come da campitura evidenziata nella seguente tabella 3.2.II delle NTC18.

§ 3.2.2 NTC18: Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria suolo	Tipo	Velocità onde di taglio
A	Ammassi rocciosi o terreni molto rigidi	$V_s > 800$ m/sec
B	Rocce tenere e terreni a grana grossa molto addensati o terreni fini molto consistenti	360 m/sec $< V_s < 800$ m/sec
C	Terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni fini mediamente consistenti	180 m/sec $< V_s < 360$ m/sec
D	Terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni fini scarsamente	100 m/sec $< V_s < 180$ m/sec

FRI-EL	<i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i>	
	<i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

Categoria suolo	Tipo	Velocità onde di taglio
	consistenti	
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m	Vs come C e D nello strato superficiale su un substrato con Vs come A

Per quanto attiene le modifiche indotte all'azione sismica di progetto dal fattore topografico, il rilevamento geomorfologico condotto ha consentito di classificare il sito locale, come da campitura evidenziata successiva tabella 3.2.III delle NTC18, in **categoria "T1"**.

§ 3.2.2 NTC18: Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

11. Considerazioni conclusive

Il presente studio ha avuto come oggetto la valutazione dei caratteri geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area in esame nonché il proprio comportamento sismico e le caratteristiche geotecniche dei terreni, al fine di ottenere i permessi necessari alla costruzione ed esercizio di un impianto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica, denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4,32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno in provincia di Perugia, collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) da inserire in entra-esce alla linea RTN a 132 kV "Nocera Umbra – Gualdo Tadino", ubicata nel comune di Nocera Umbra.

Nello specifico lo studio si è sviluppato prevedendo una fase preliminare di rilevamento in campagna dei caratteri geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area in esame.

In una fase successiva è stata eseguita una campagna di indagini geologiche, geotecniche, e sismiche, sui terreni interessati dalla realizzazione di alcune delle opere ed infrastrutture in progetto.

In particolare le indagini geotecniche e sismiche sono state eseguite su:

- Siti WTG VT01 e WTG VT05 ubicati nel Comune di Valtopina (PG);
- Sito WTG NU08 ubicato nel Comune di Nocera Umbra (PG).

	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

Le indagini sono state condotte ai sensi del D.M. LL.PP. 11.3.1988 "Norme tecniche per indagini su terreni e rocce...omissis", e della Circolare del Min. LL.PP. n° 30483/88, nonché sulla base di quanto riportato al capitolo 6 al quale si rimanda.

La campagna di indagini ha previsto le seguenti attività:

- n. 3 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH;
- n. 3 indagini di sismica attiva in array di tipo Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW);
- n. 3 indagini di sismica passiva a stazione singola, con tecnica dei rapporti spettrali Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr);
- Interpretazione delle risultanze delle indagini eseguite.

La sintesi dei dati ottenuti dalle indagini geotecniche e geofisiche ha permesso di ricostruire i modelli geologici, geotecnici e sismici del sedime nelle aree descritte in precedenza, che saranno interessate dagli interventi in progetto.

La stima di eventuali fattori condizionanti dal punto di vista geologico, sulla base di tutto quanto in precedenza descritto, porta alle seguenti conclusioni:

- Le aree dove saranno realizzate le opere in progetto non presentano rischi di liquefazione (§ 7.11.3.4 delle NTC18);
- Le aree dove saranno realizzate le opere in progetto non manifestano fenomeni di subsidenza, cedimenti differenziali, dovuti alla presenza di terreni compressibili;
- Le aree dove saranno realizzate le opere in progetto non appaiono in condizioni di dissesto e/o di frana;

	<p style="text-align: center;"><i>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</i></p> <p><i>Impianto Eolico denominato "Monte Busseto" ubicato nel comune di Nocera Umbra (PG) e Valtopina (PG) costituito da 10 (dieci) Aerogeneratori di potenza nominale massima 4.32 MW per un totale di 43,20 MW con relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei comuni di Nocera Umbra, Valtopina e Foligno (PG)</i></p>	
Codifica Elaborato: 234304_D_R_0311 Rev. 00		

- Le aree dove saranno realizzate le opere in progetto non sono comprese in aree R3 o R4 dei Piani della Autorità di Bacino competente (ABT);
- Le aree dove saranno realizzate le opere in progetto non si trovano entro 50 metri da faglie attive e capaci segnalate dall'INGV.

I risultati rimandano la valutazione della compatibilità geotecnica del sedime ad un'analisi delle tensioni indotte dalle strutture in funzione delle tipologie di fondazione.

In considerazione degli aspetti sopra citati, ogni eventuale e successiva valutazione di carattere geotecnico, relativa alla stabilità dell'insieme opera/terreno dovrà derivare da un'analisi dei carichi di progetto; per tale eventualità il sottoscritto resta a disposizione per ogni chiarimento ed approfondimento.

Viterbo, lì 13 giugno 2023

Geol. Marco Orfei



ALLEGATO 1 – TABULATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE **(DYNAMIC PROBING)** **DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;

- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i

valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_i \cdot N$$

Dove:

$$\beta_i = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R_{pd}	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa'/\sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_S parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{Spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.

- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito $< 38^\circ$.
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito $< 38^\circ$).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo $< 5\%$ a profondità < 5 m e con (%) di limo $> 5\%$ a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio Vs (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (Ko)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli - correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).

- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Qc/Nspt=1.5-2.0$).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ($Nspt < 30$) medie e molli ($Nspt < 4$) e argille sabbiose ($Nspt = 6-12$).

Modulo Di Young (Ey)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA WTGVT01-P1

Strumento utilizzato DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 01/06/2023
 Profondità prova 2,20 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	3	0,855	2,64	3,09	132,09	154,56
0,40	4	0,851	3,51	4,12	175,33	206,08
0,60	4	0,847	3,20	3,78	160,20	189,14
0,80	5	0,843	3,99	4,73	199,38	236,42
1,00	10	0,840	7,94	9,46	397,08	472,85
1,20	14	0,786	10,41	13,24	520,50	661,99
1,40	8	0,833	6,30	7,57	315,06	378,28
1,60	7	0,830	5,07	6,12	253,72	305,85
1,80	6	0,826	4,33	5,24	216,63	262,16
2,00	8	0,823	5,75	6,99	287,74	349,54
2,20	50	0,620	27,09	43,69	1354,74	2184,64

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2	7,33	6,81	Incoerente	0	17,26	18,83	17,26	1,47	10,78	
2,2	50	43,69	Incoerente	0	24,12	21,57	36,93	1,47	73,5	

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

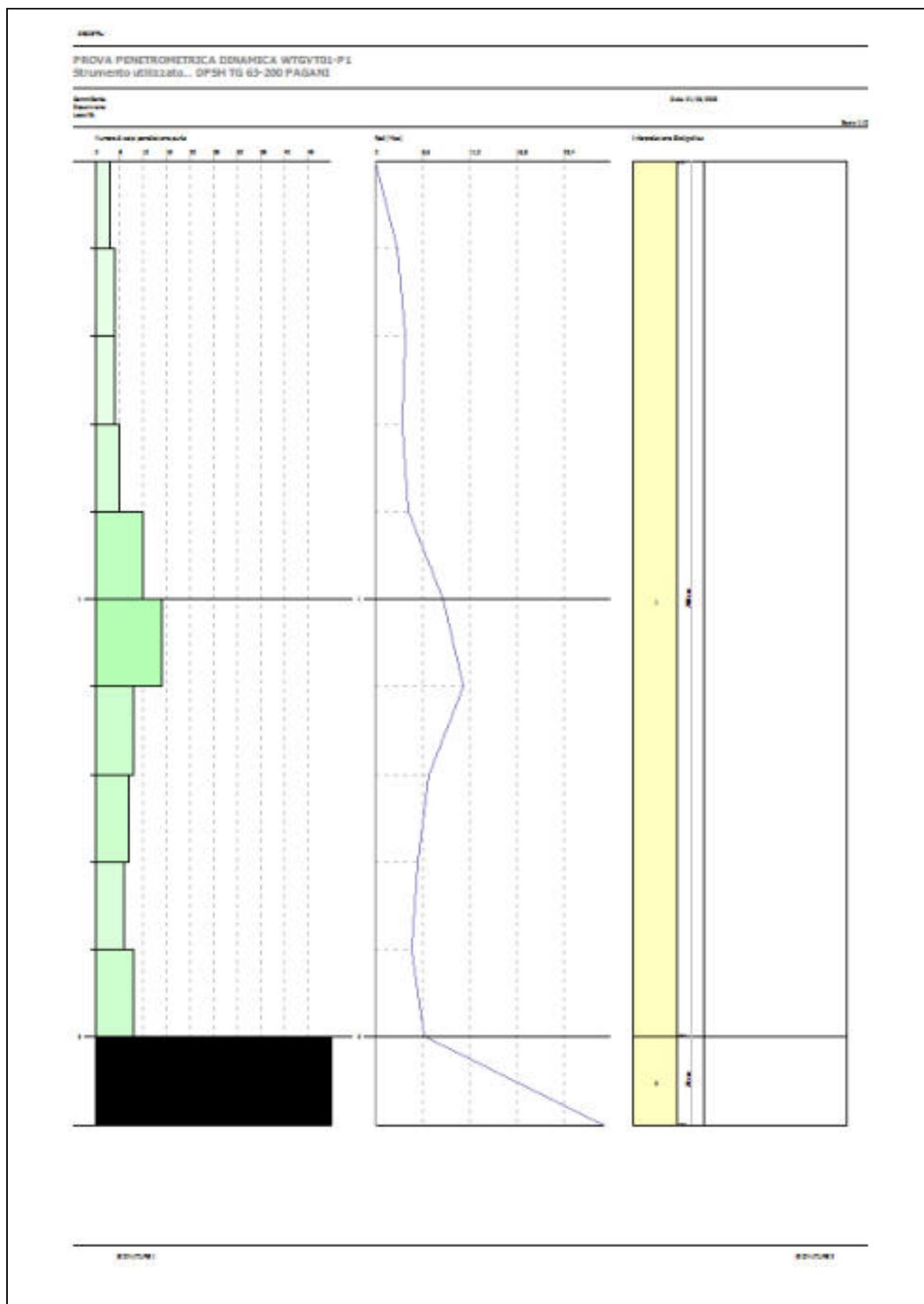
Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34



TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	10,78	2,00	38,92	73,67	84,07	34,69
[2] -	73,5	2,20	85,41	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	10,78	2,00	10,78	30,08	23,08	31,02	32,62	33,96	38,31	<30	27,72	30,23	39,09	29,68
[2] -	73,5	2,20	73,5	48	41	48,58	34,08	41,67	42	>38	48,2	49,05	55,08	53,34

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	10,78	2,00	10,78	22,98	8,46	12,54	25,58	12,64
[2] -	73,5	2,20	73,5	60,01	57,66	85,12	71,71	43,39

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	10,78	2,00	10,78	6,34	4,87	7,51	8,44
[2] -	73,5	2,20	73,5	43,25	17,50	51,18	35,87

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	10,78	2,00	10,78	Terzaghi-Peck 1948	14,59
[2] -	73,5	2,20	73,5	Terzaghi-Peck 1948	19,14

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	10,78	2,00	10,78	Terzaghi-Peck 1948	18,89
[2] -	73,5	2,20	73,5	Terzaghi-Peck 1948	21,69

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	10,78	2,00	10,78	(A.G.I.)	0,33
[2] -	73,5	2,20	73,5	(A.G.I.)	0,2

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	10,78	2,00	10,78	59,58	52,40
[2] -	73,5	2,20	73,5	362,03	169,33

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	10,78	2,00	10,78	Ohta & Goto (1978) Limi	103,22
[2] -	73,5	2,20	73,5	Ohta & Goto (1978) Limi	166,03

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	10,78	2,00	10,78	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	73,5	2,20	73,5	Seed e Idriss (1971)	--

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

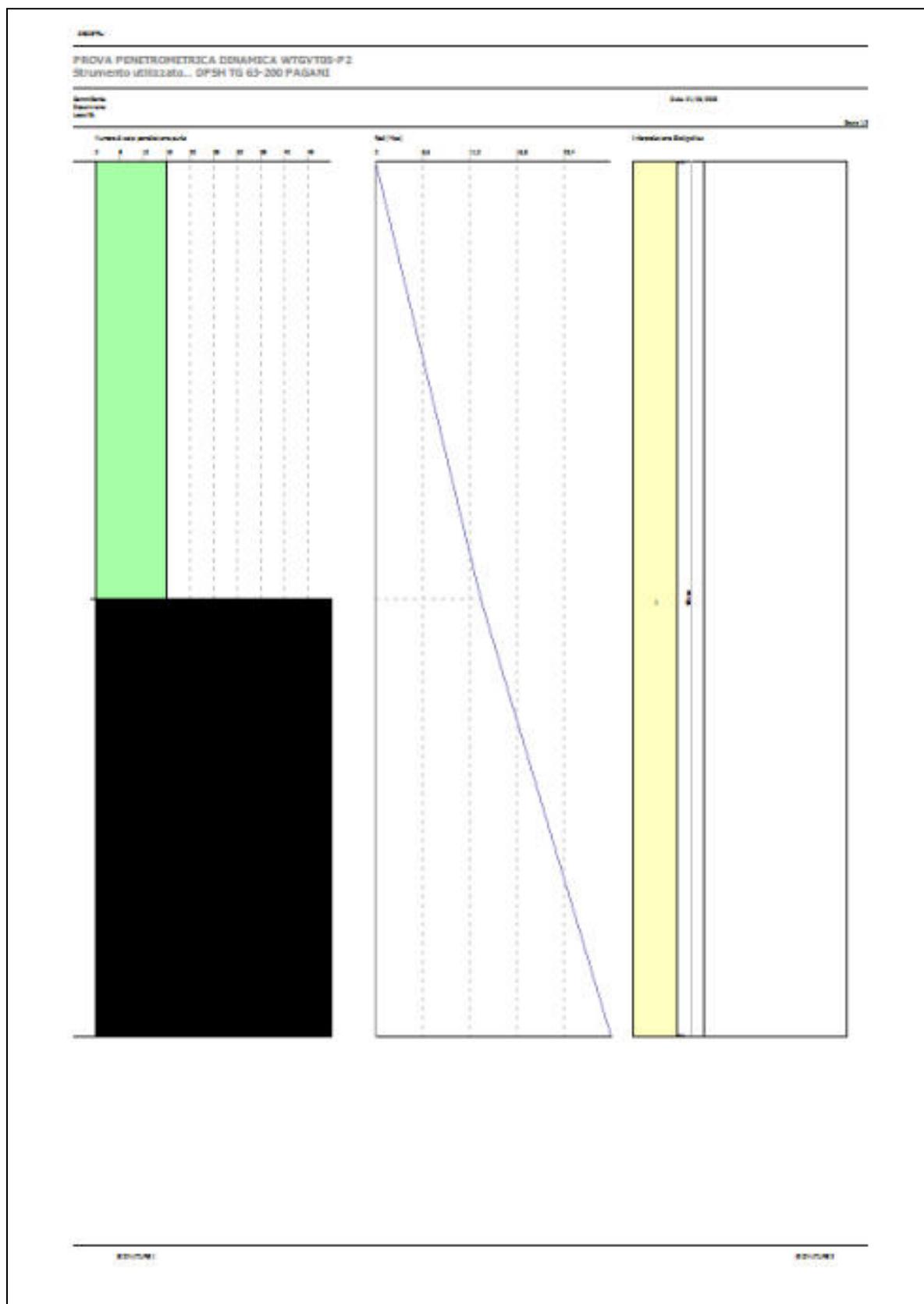
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	10,78	2,00	10,78		---
[2] -	73,5	2,20	73,5		---

PROVA WTGVT05-P2

Strumento utilizzato DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 01/06/2023
 Profondità prova ,40 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	15	0,805	12,44	15,46	621,83	772,81
0,40	50	0,651	33,53	51,52	1676,41	2576,04

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,4	50	51,52	Incoerente	0	24,12	21,57	4,82	1,47	73,5	



TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	73,5	0,40	96,11	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	73,5	0,40	73,5	48	41	48,58	38,5	41,67	42	>38	48,2	49,05	56,33	53,34

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	73,5	0,40	73,5	60,01	57,66	85,12	71,71	43,39

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	73,5	0,40	73,5	43,25	17,50	51,18	35,87

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	73,5	0,40	73,5	Terzaghi-Peck 1948	19,14

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	73,5	0,40	73,5	Terzaghi-Peck 1948	21,69

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	73,5	0,40	73,5	(A.G.I.)	0,2

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	73,5	0,40	73,5	362,03	169,33

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	73,5	0,40	73,5	Ohta & Goto (1978) Limi	105,46

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	73,5	0,40	73,5	Seed e Idriss (1971)	--

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	73,5	0,40	73,5		---

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

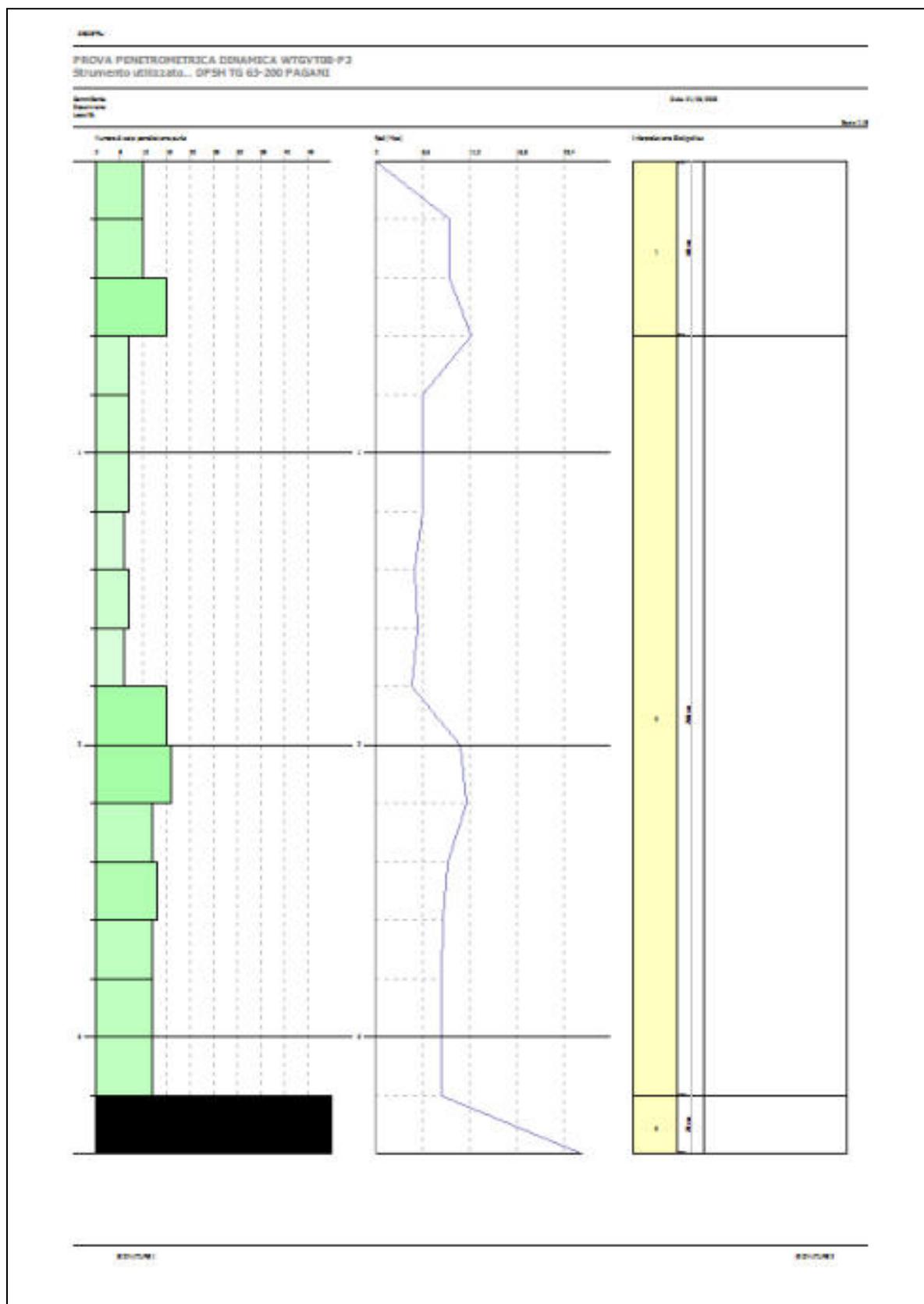
Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

PROVA WTGNU08-P3

Strumento utilizzato DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 01/06/2023
 Profondità prova 3,40 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	10	0,855	8,81	10,30	440,31	515,21
0,40	10	0,851	8,77	10,30	438,32	515,21
0,60	15	0,797	11,31	14,19	565,30	709,27
0,80	7	0,843	5,58	6,62	279,14	330,99
1,00	7	0,840	5,56	6,62	277,95	330,99
1,20	7	0,836	5,54	6,62	276,80	330,99
1,40	6	0,833	4,73	5,67	236,29	283,71
1,60	7	0,830	5,07	6,12	253,72	305,85
1,80	6	0,826	4,33	5,24	216,63	262,16
2,00	15	0,773	10,13	13,11	506,74	655,39
2,20	16	0,770	10,77	13,98	538,38	699,08
2,40	12	0,817	8,57	10,49	428,44	524,31
2,60	13	0,764	8,07	10,56	403,45	527,90
2,80	12	0,811	7,91	9,75	395,40	487,29
3,00	12	0,809	7,88	9,75	394,06	487,29
3,20	12	0,806	7,86	9,75	392,76	487,29
3,40	50	0,603	24,50	40,61	1225,14	2030,39

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,6	12,5	12,24	Incoerente	0	19,22	19,32	5,77	1,47	18,38	
3,2	10,15	8,79	Incoerente	0	18,44	19,12	35,5	1,47	14,92	
3,4	50	40,61	Incoerente	0	24,12	21,57	61,89	1,47	73,5	



TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	18,38	0,60	54,49	100	100	48,75
[2] -	14,92	3,20	42,34	78,71	81,29	42,87
[3] -	73,5	3,40	79,19	100	100	100

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof of 1956	Meyerhof of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	18,38	0,60	18,38	32,25	25,25	33,15	35,87	36,57	42	30-32	31,6	32,51	44,19	34,17
[2] -	14,92	3,20	14,92	31,26	24,26	32,18	31,58	35,44	39,02	30-32	29,96	31,48	41,22	32,27
[3] -	73,5	3,40	73,5	48	41	48,58	32,96	41,67	42	>38	48,2	49,05	54,12	53,34

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	18,38	0,60	18,38	30,01	14,42	21,34	31,17	16,37
[2] -	14,92	3,20	14,92	27,04	11,71	17,33	28,63	14,67
[3] -	73,5	3,40	73,5	60,01	57,66	85,12	71,71	43,39

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	18,38	0,60	18,38	10,81	6,40	12,80	11,77
[2] -	14,92	3,20	14,92	8,78	5,70	10,39	10,25
[3] -	73,5	3,40	73,5	43,25	17,50	51,18	35,87

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	18,38	0,60	18,38	Terzaghi-Peck 1948	15,47
[2] -	14,92	3,20	14,92	Terzaghi-Peck 1948	15,08
[3] -	73,5	3,40	73,5	Terzaghi-Peck 1948	19,14

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	18,38	0,60	18,38	Terzaghi-Peck 1948	19,44
[2] -	14,92	3,20	14,92	Terzaghi-Peck 1948	19,19
[3] -	73,5	3,40	73,5	Terzaghi-Peck 1948	21,69

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	18,38	0,60	18,38	(A.G.I.)	0,32
[2] -	14,92	3,20	14,92	(A.G.I.)	0,32
[3] -	73,5	3,40	73,5	(A.G.I.)	0,2

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	18,38	0,60	18,38	98,38	72,60
[2] -	14,92	3,20	14,92	80,87	63,91
[3] -	73,5	3,40	73,5	362,03	169,33

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	18,38	0,60	18,38	Ohta & Goto (1978) Limi	89,73
[2] -	14,92	3,20	14,92	Ohta & Goto (1978) Limi	123,59
[3] -	73,5	3,40	73,5	Ohta & Goto (1978) Limi	181,16

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	18,38	0,60	18,38	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	14,92	3,20	14,92	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	73,5	3,40	73,5	Seed e Idriss (1971)	--

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	18,38	0,60	18,38		---
[2] -	14,92	3,20	14,92		---
[3] -	73,5	3,40	73,5		---

ALLEGATO 2 – TABULATI DELLE PROVE SISMICHE MASW

REPORT MASW1

Analyzing Phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: WTGVT01.sgy
minimum offset (m): 4
geophone spacing (m): 1
sampling (ms): 0.125
Dispersion curve: wtgvt01.cdp
Number of individuals: 80
Number of generations: 81

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing Phase Velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	114	1.68	252
3	492	3	540
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	304	4.48	672
8	1312	8	1440
Adopted Poisson values:	0.35	0.35	0.35
		0.3	

Output folder: C:\Users\amicu\Dropbox\GEOFISICA TEMP\NOCERA UMBRA\MASW3-WTGVT01

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -103.9948
-13.34773
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -91.8823
-13.3477
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -85.8174
-12.4705
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -81.4961
-12.4705
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -75.6193
-12.4705
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -69.771
-9.90409
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -60.266
-9.90409
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -54.5012
-7.28009
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -53.3216
-7.28009
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -46.772
-6.91628
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -39.9719
-6.91628

Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -40.0313
-6.91628
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -38.1623
-6.91628
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -36.3725
-6.91628
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -36.9619
-6.91628
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -33.7835
-6.91628
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -31.4905
-6.91628
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -33.8185
-6.91628
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -32.1737
-6.91628
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -39.1258
-6.91628
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -34.7092
-6.8142
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -30.7516
-6.8142
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -32.9209
-6.8142
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -23.4659
-6.15472
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -25.3762
-6.15472
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -24.8611
-6.15472
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -23.8762
-6.07183
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -26.3799
-6.07183
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -20.8413
-6.07183
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -20.5783
-6.07183
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -24.8678
-6.07183
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -24.335
-5.80996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -22.7978
-5.80996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -20.8556
-5.80996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -22.8334
-5.80996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -21.4832
-5.80996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -19.3095
-5.80996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -18.0894
-5.23504

Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -18.6896
-5.23504
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -24.4709
-4.66118
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -24.1623
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -18.1632
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -14.574
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -21.2168
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -23.0259
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -19.0635
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -20.9246
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -17.4026
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -19.7419
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -18.7328
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -17.349
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -16.7699
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -17.2156
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -16.1153
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -17.475
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -19.433
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -18.3212
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -18.8878
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -27.0202
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -23.2971
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -19.208
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 62; average & best misfits: -22.9815
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 63; average & best misfits: -23.8331
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 64; average & best misfits: -23.5075
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 65; average & best misfits: -20.6273
-4.65535

Optimizing Vs & Thickness - generation: 66; average & best misfits: -23.462
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 67; average & best misfits: -20.9811
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 68; average & best misfits: -24.5914
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 69; average & best misfits: -26.5275
-4.65535
Optimizing Vs & Thickness - generation: 70; average & best misfits: -25.1294
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 71; average & best misfits: -22.2359
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 72; average & best misfits: -19.703
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 73; average & best misfits: -18.0353
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 74; average & best misfits: -19.7977
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 75; average & best misfits: -19.485
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 76; average & best misfits: -20.1901
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 77; average & best misfits: -19.3711
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 78; average & best misfits: -19.6303
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 79; average & best misfits: -18.1418
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 80; average & best misfits: -21.451
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 81; average & best misfits: -17.7916
-4.64352

Forcing the search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -110.5986
-4.643521
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -98.3078
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -89.9991
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -91.69
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -77.7219
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -64.8014
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -58.612
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -54.7653
-4.64352

Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -45.7247
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -41.5548
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -38.4456
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -34.8499
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -30.7994
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -29.8367
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -29.977
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -31.2796
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -28.7551
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -22.5085
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -23.7034
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -23.24
-4.64352
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -28.5217
-4.64352

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 201 454 908 1342
Thickness (m): 3.5 6.3 4

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3

Number of models considered to calculate the average model: 96

RESULTS
#####

Dataset: WTGVT01.sgy
Analyzed curve: wtgvt01.cdp

==o== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====
MEAN MODEL

Vs (m/s): 201 458 966 1198
Standard deviations (m/s): 0 6 108 127

Thickness (m):	3.5	6.3	4.4
Standard deviations (m):	0.0	1.5	0.9

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):	418	953	2011	2241
Density (gr/cm3):	1.84	2.04	2.22	2.25
Vp/Vs ratio:	2.08	2.08	2.08	1.87
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.30
Shear modulus (MPa):	74	428	2075	3230

Fundamental mode

Mean model

frequency (Hz)	VR(m/s)
9.18538	935.4513
15.7033	552.209
33.4392	209.5207
42.8835	194.8107
46.8297	192.4865

==o== SECTION#4

=====

BEST MODEL

Vs (m/s):	201	454	908	1342
thickness (m):	3.4556	6.3482	3.983	

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):	418	945	1890	2511
Density (gr/cm3):	1.84	2.04	2.21	2.28
Vp/Vs ratio:	2.08	2.08	2.08	1.87
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.30
Shear modulus (MPa):	74	421	1821	4103

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
9.18538	1021.2146
15.7033	551.89407
33.4392	209.3531
42.8835	194.76391
46.8297	192.45294

==o== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 33 m

Inversion quality: very good

Vs5 (mean model): 243 315 m/s

Vs5 (best model): 243 314 m/s

Vs20 (mean model): 496 315 m/s

Vs20 (best model): 498 314 m/s

Vs30 (mean model): 616 315 m/s

Vs30 (best model): 630 314 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Results saved in the folder "C:\Users\amicu\Dropbox\GEOFISICA TEMP\NOCERA UMBRA\MASW3-WTGVT01".

=====

winMASW - Surface Waves & Beyond

www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 96

Vs5 for the best model: 243 314

Vs30 for the best model: 630 314

REPORT MASW 2

Analyzing Phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: WTGVT05.sgy
minimum offset (m): 4
geophone spacing (m): 1
sampling (ms): 0.125
Dispersion curve: wtgvt05.cdp
Number of individuals: 80
Number of generations: 81

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing Phase Velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	228	0.24	420
4.8	660	12	840
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	608	0.64	1120
12.8	1760	32	2240
Adopted Poisson values:	0.35	0.35	0.35
		0.3	

Output folder: C:\Users\amicu\Dropbox\GEOFISICA TEMP\NOCERA
UMBRA\MASW1-WTGVT05\rev01

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -146.9054
-38.73325
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -134.0047
-38.73325
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -115.7392
-38.12415
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -109.1198
-38.12415
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -99.7869
-38.1242
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -94.6413
-24.4391
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -88.1719
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -76.9821
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -83.7869
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -79.5327
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -73.4281

-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -65.446
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -68.9447
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -58.6314
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -59.7997
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -59.8381
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -50.0771
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -48.2232
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -53.008
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -53.0796
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -50.1251
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -50.8864
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -50.1285
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -54.9669
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -54.7214
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -47.9043
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -49.4429
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -55.0962
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -57.1075
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -55.4892
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -55.6561
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -54.4176
-14.9231
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -53.189
-14.769
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -54.0764
-14.769
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -56.8299
-13.4945
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -50.2609
-13.4945
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -48.4834
-13.4945
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -48.6782

-13.4945
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -50.8705
-13.4945
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -47.9935
-13.4945
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -53.4409
-13.4945
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -57.8409
-13.4945
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -50.2033
-12.7979
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -50.6637
-12.7979
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -42.659
-12.7979
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -38.6646
-12.744
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -35.087
-12.744
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -35.0342
-12.744
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -33.6853
-12.744
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -30.2579
-12.744
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -36.8553
-12.744
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -34.1171
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -32.437
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -34.9919
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -33.1259
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -37.7889
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -30.2423
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -32.6283
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -32.6444
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -37.1211
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -32.2516
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 62; average & best misfits: -30.3116
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 63; average & best misfits: -28.4823
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 64; average & best misfits: -24.5608
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 65; average & best misfits: -27.1466

-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 66; average & best misfits: -28.9423
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 67; average & best misfits: -28.3856
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 68; average & best misfits: -33.1963
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 69; average & best misfits: -27.9057
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 70; average & best misfits: -31.0022
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 71; average & best misfits: -35.138
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 72; average & best misfits: -25.9257
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 73; average & best misfits: -32.2085
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 74; average & best misfits: -32.2698
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 75; average & best misfits: -27.7055
-12.7121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 76; average & best misfits: -28.6272
-12.435
Optimizing Vs & Thickness - generation: 77; average & best misfits: -36.3099
-12.435
Optimizing Vs & Thickness - generation: 78; average & best misfits: -42.6451
-12.435
Optimizing Vs & Thickness - generation: 79; average & best misfits: -33.947
-12.435
Optimizing Vs & Thickness - generation: 80; average & best misfits: -30.3538
-12.435
Optimizing Vs & Thickness - generation: 81; average & best misfits: -31.7788
-12.435

Forcing the search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -158.056
-12.43495
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -129.2015
-12.43495
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -123.049
-12.43495
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -102.9439
-12.43495
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -94.1623
-12.435
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -89.0767
-12.435
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -80.135
-12.435
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -71.9463

-12.435
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -63.5268
 -11.0553
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -58.593
 -11.0553
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -55.8817
 -11.0553
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -52.6059
 -11.0553
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -44.1444
 -10.4484
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -41.9841
 -10.4484
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -43.0801
 -10.4484
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -36.013
 -10.4484
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -28.7613
 -10.4484
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -30.2355
 -8.86975
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -31.2971
 -8.86975
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -27.6797
 -8.86975
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -28.253
 -8.86975

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 437 584 1119 1619
 Thickness (m): 0.23 6 28

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3

Number of models considered to calculate the average model: 3

 RESULTS
 #####

Dataset: WTGVT05.sgy
 Analyzed curve: wtgvt05.cdp

==o== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====
 MEAN MODEL

Vs (m/s): 443 584 1119 1614

Standard deviations (m/s): 20 0 0 18

Thickness (m): 0.2 6.0 27.8
Standard deviations (m): 0.0 0.0 0.5

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 922 1216 2329 3020
Density (gr/cm3): 2.03 2.10 2.26 2.32
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.87
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30
Shear modulus (MPa): 399 717 2829 6051

Fundamental mode

Mean model
frequency (Hz) VR(m/s)
10.7424 1267.0411
18.5303 1009.0371
42.8333 688.5792
48.6212 624.62909

==o== SECTION#4

=====
BEST MODEL

Vs (m/s): 437 584 1119 1619
thickness (m): 0.225347 5.99048 28.0837

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 910 1216 2329 3029
Density (gr/cm3): 2.03 2.10 2.26 2.32
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.87
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30
Shear modulus (MPa): 388 717 2829 6091

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model
F(Hz) VR(m/s)
10.7424 1267.4712
18.5303 1007.6369
42.8333 688.40688
48.6212 624.38701

==o== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 43 m

Inversion quality: very good

Vs5 (mean model): 576 577 m/s
Vs5 (best model): 575 577 m/s

Vs20 (mean model): 866 577 m/s
Vs20 (best model): 866 577 m/s

Vs30 (mean model): 937 577 m/s
Vs30 (best model): 937 577 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Results saved in the folder "C:\Users\amicu\Dropbox\GEOFISICA TEMP\NOCERA UMBRA\MASW1-WTGVT05\rev01".

=====

winMASW - Surface Waves & Beyond

www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 3

Vs5 for the best model: 575 577

Vs30 for the best model: 937 577

REPORT MASW3

Analyzing Phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: NU08.sgy
minimum offset (m): 4
geophone spacing (m): 1
sampling (ms): 0.125
Dispersion curve: nu08.cdp
Number of individuals: 80
Number of generations: 81

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing Phase Velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	156	0.6	252
1.8 492 6 660			
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	416	1.6	672
4.8 1312 16 1760			
Adopted Poisson values:	0.35	0.35	0.35
		0.3	

Output folder: C:\Users\amicu\Dropbox\GEOFISICA TEMP\NOCERA
UMBRA\MASW2-WTGV08\rev01

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Starting parallel pool (parpool) using the 'local' profile ...
connected to 40 workers.

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -141.4624
-44.69589
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -126.172
-44.69589
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -99.6896
-44.6959
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -81.3061
-39.1803
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -76.3664
-39.1803
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -79.6678
-39.1455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -75.0836
-39.1455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -72.861
-39.1455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -74.774
-38.3556
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -69.4376

-38.3556
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -70.103
-38.3556
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -66.4006
-34.3241
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -60.6737
-34.3241
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -63.5543
-34.3241
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -61.6834
-34.3241
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -64.1418
-34.3241
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -60.9465
-33.5816
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -59.2437
-33.5816
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -56.8179
-33.0505
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -55.0752
-30.9582
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -53.6192
-29.5824
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -51.6411
-29.5824
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -49.5117
-28.2309
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -46.4907
-28.2309
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -44.5144
-24.1319
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -45.1406
-24.1319
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -43.5656
-24.1319
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -50.2137
-24.1319
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -46.3311
-24.1319
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -49.6055
-24.1319
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -45.9887
-24.1319
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -46.7307
-24.1319
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -45.3184
-21.9562
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -43.8224
-21.9562
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -47.0403
-21.7347
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -45.6144
-21.7347
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -42.6252

-21.7347
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -38.4207
-21.0704
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -39.8734
-21.0704
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -41.8322
-20.3013
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -42.096
-20.3013
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -45.0895
-19.3949
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -46.8738
-19.3949
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -43.4342
-19.3949
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -43.6658
-18.0833
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -47.0251
-18.0833
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -46.2728
-18.0833
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -47.938
-18.0833
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -49.5469
-18.0833
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -46.3392
-18.0833
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -42.1096
-18.0833
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -41.017
-17.6041
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -42.0305
-17.6041
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -40.8675
-17.6041
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -40.2689
-17.6041
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -40.205
-17.6041
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -39.643
-17.6041
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -39.1774
-17.6041
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -36.3441
-17.5866
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -37.0109
-17.5866
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -36.5098
-17.5866
Optimizing Vs & Thickness - generation: 62; average & best misfits: -34.7218
-17.5866
Optimizing Vs & Thickness - generation: 63; average & best misfits: -37.788
-17.5774
Optimizing Vs & Thickness - generation: 64; average & best misfits: -36.8554

-17.5774
Optimizing Vs & Thickness - generation: 65; average & best misfits: -34.6525
-17.5774
Optimizing Vs & Thickness - generation: 66; average & best misfits: -32.7896
-17.5774
Optimizing Vs & Thickness - generation: 67; average & best misfits: -32.8379
-17.5774
Optimizing Vs & Thickness - generation: 68; average & best misfits: -33.9528
-17.3374
Optimizing Vs & Thickness - generation: 69; average & best misfits: -34.9952
-17.3374
Optimizing Vs & Thickness - generation: 70; average & best misfits: -34.4173
-17.3374
Optimizing Vs & Thickness - generation: 71; average & best misfits: -41.0743
-17.3374
Optimizing Vs & Thickness - generation: 72; average & best misfits: -33.7134
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 73; average & best misfits: -36.39
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 74; average & best misfits: -29.5556
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 75; average & best misfits: -26.8914
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 76; average & best misfits: -33.3473
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 77; average & best misfits: -29.6406
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 78; average & best misfits: -32.12
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 79; average & best misfits: -36.6771
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 80; average & best misfits: -33.1209
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 81; average & best misfits: -31.233
-15.7793

Forcing the search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -129.1025
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -118.4818
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -113.4228
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -111.8551
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -106.1883
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -95.2091
-15.7793
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -110.2258

-15.7793
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -98.8589
 -15.7793
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -97.8035
 -12.4614
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -89.8246
 -12.4614
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -78.2128
 -9.05737
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -74.9684
 -9.05737
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -73.9681
 -9.05737
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -66.0259
 -9.05737
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -68.7887
 -9.05737
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -71.1269
 -9.05737
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -66.5119
 -9.05737
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -66.5302
 -9.05737
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -67.2519
 -9.05737
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -60.0373
 -7.78378
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -62.4246
 -7.78378

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 379 418 878 1522
 Thickness (m): 1.4 4.5 18

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3

Number of models considered to calculate the average model: 3

 RESULTS
 #####

Dataset: NU08.sgy
 Analyzed curve: nu08.cdp

==o== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====
 MEAN MODEL

Vs (m/s): 376 418 877 1522
 Standard deviations (m/s): 4 0 1 0

Thickness (m): 1.4 4.5 17.9
 Standard deviations (m): 0.0 0.0 0.0

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
 Vp (m/s): 783 870 1826 2847
 Density (gr/cm3): 1.99 2.02 2.20 2.31
 Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.87
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30
 Shear modulus (MPa): 282 353 1692 5348

Fundamental mode

Mean model
 frequency (Hz) VR(m/s)
 8.78349 1228.0012
 15.9892 901.81521
 23.258 705.64918
 62.0042 384.63306
 68.0722 381.1096

==o== SECTION#4

=====

Vs (m/s): 379 418 878 1522
 thickness (m): 1.41582 4.48092 17.8812

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
 Vp (m/s): 789 870 1828 2847
 Density (gr/cm3): 2.00 2.02 2.20 2.31
 Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.87
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30
 Shear modulus (MPa): 287 353 1696 5348

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model
 F(Hz) VR(m/s)
 8.78349 1228.4139
 15.9892 903.69086
 23.258 706.97242
 62.0042 385.56329
 68.0722 382.13872

==o== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 44 m

Inversion quality: very good

Vs5 (mean model): 405 407 m/s

Vs5 (best model): 406 408 m/s

Vs20 (mean model): 654 407 m/s

Vs20 (best model): 655 408 m/s

Vs30 (mean model): 770 407 m/s

Vs30 (best model): 771 408 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Results saved in the folder "C:\Users\amicu\Dropbox\GEOFISICA TEMP\NOCERA UMBRA\MASW2-WTGVT08\rev01".

=====
winMASW - Surface Waves & Beyond

www.winmasw.com

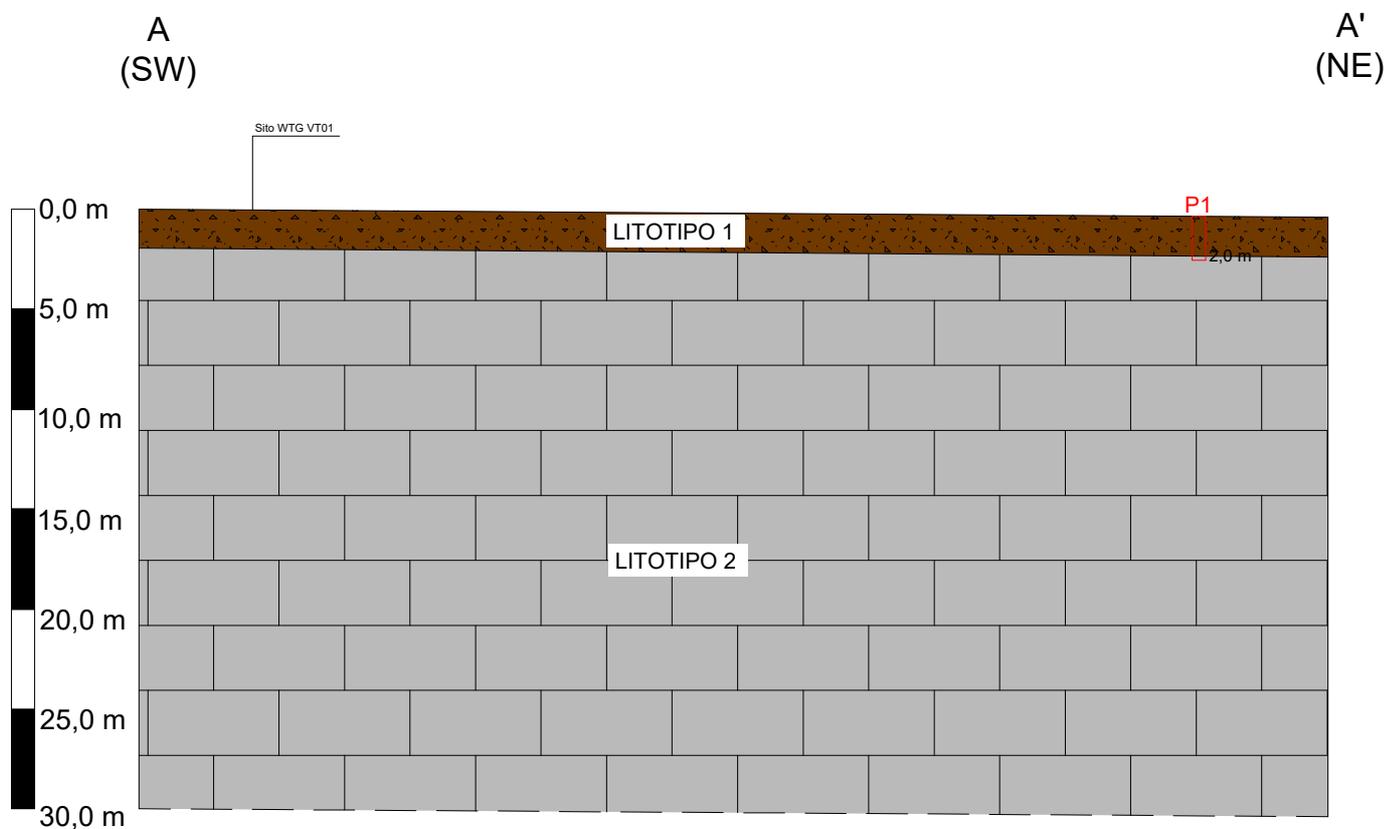
Number of models used to define the mean model: 3

Vs5 for the best model: 406 408

Vs30 for the best model: 771 408

ALLEGATO 3 – SEZIONI GEOLITOLOGICHE

SEZIONE GEOLITOLOGICA A-A'



LEGENDA

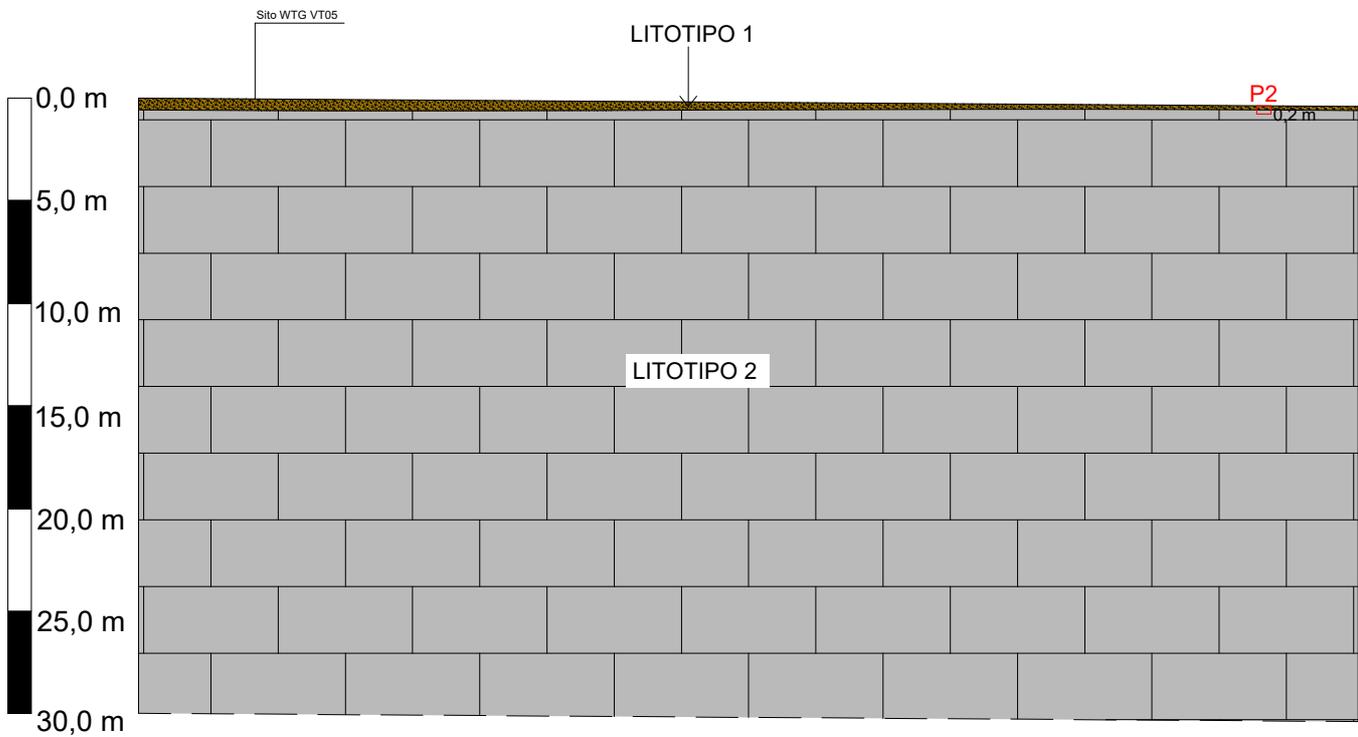
 LITOTIPO 1
Terreno vegetale e sottostanti depositi di calcari e calcari marnosi fratturati, poco addensati.

 LITOTIPO 2
Depositoli di calcari e calcari marnosi litoidi.

SEZIONE GEOLOGICA B-B'

B
(NW)

B'
(SE)



LEGENDA



LITOTIPO 1

Terreno vegetale e sottostanti depositi di calcari e calcari marnosi fratturati, mediamente addensati.



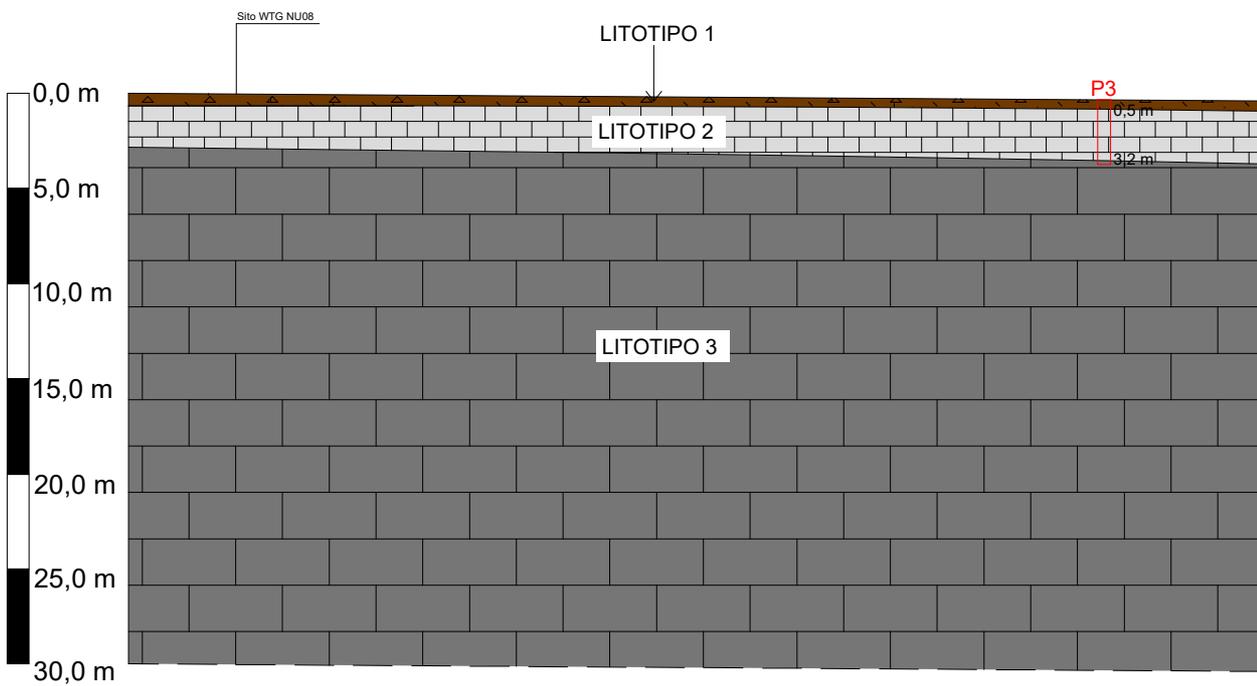
LITOTIPO 2

Depositoli di calcari e calcari marnosi litoidi.

SEZIONE GEOLOGICA C-C'

C
(SW)

C'
(NE)

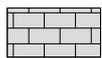


LEGENDA



LITOTIPO 1

Terreno vegetale e di alterazione superficiale poco addensato.



LITOTIPO 2

Depositi di calcari fratturati, da poco a mediamente addensati.



LITOTIPO 3

Depositi di calcari litoidi.

ALLEGATO 4 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1: Esecuzione prova penetrometrica DPSH1 sul sito WTG VT01.



Foto 2: Esecuzione prova penetrometrica DPSH2 sul sito WTG VT05.

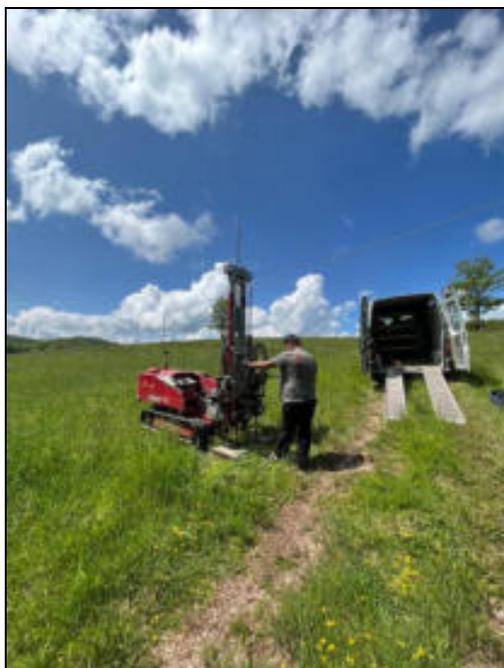


Foto 3: Esecuzione prova penetrometrica DPSH3 sul sito WTG NU08.



Foto 4: Esecuzione della stesa geofisica MASW1 sul sito WTG VT01.



Foto 5: Esecuzione della stesa geofisica MASW2 sul sito WTG VT05.



Foto 6: Esecuzione della stesa geofisica MASW3 sul sito WTG NU08.

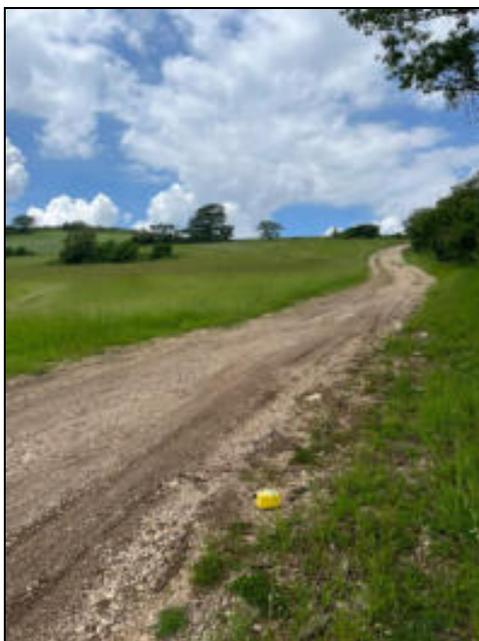


Foto 7: Esecuzione della misura di microtremori HVSRI sul sito WTG VT01.



Foto 8: Esecuzione della misura di microtremori HVSRI sul sito WTG VT05.



Foto 9: Esecuzione della misura di microtremori HVSR3 sul sito WTG NU08.