



Regione Marche



Comune di Bolognola
Provincia di Macerata



Parco Nazionale dei Monti Sibillini

Committente:

Comune di Bolognola (MC)

Progetto:

Realizzazione di una seggiovia quadriposto ad ammortamento permanente dei veicoli in località Pintura di Bolognola.

Oggetto:

Seggiovia quadriposto ad a.p. dei veicoli "CASTELMANARDO EXPRESS (1.263.96 - 1533.53)"

- RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA

Per reciproca compatibilità



Il Committente:

Operatore:

Redatto:

Controllato:

Approvato:

Classificato:

Comm:

34

Fase:

20

DEFINITIVO

Data:

05/08/21

Rev.

A

Scala:

-

Sezione

GEO

Elaborato:

03.01



REGIONE MARCHE
PROVINCIA DI MACERATA



COMUNE DI BOLOGNOLA

RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA



Seggiovia quadriposto ad a.p. dei veicoli "**CASTELMANARDO EXPRESS** (1.263.96 - 1533.53)"

Il committente
Comune di Bolognola

GEOL. DAMIANA DE LEO
VIA CESARE RICOTTI, 54
00159 ROMA
CELL. 3281149033
EMAIL damiana.deleo@libero.it
PEC damiana.deleo@epa.psicurezza.postale.it

RIFERIMENTI NORMATIVI
NTC 2018

Agosto 2021

Sommario

1.	PREMESSA	2
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	4
2.1	Geologia generale dell'area in esame	4
2.2	Stratigrafia della successione Umbro Marchigiana	7
2.3	Geologia di dettaglio dell'area in esame.....	12
2.4	Geomorfologia e rischio idrogeologico	13
3.	IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA.....	16
3.1	Idrografia	16
3.2	Idrogeologia.....	16
4.	CLIMATOLOGIA.....	18
5.	CAMPAGNA INDAGINI E MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO.....	22
5.1	Prospezione geofisica.....	22
5.2	Modellazione geologica, geotecnica e parametri geotecnici nominali.....	27
6.	PROPRIETA' FISICO MECCANICHE DEI TERRENI "VALORI CARATTERISTICI"	29
7.	MOVIMENTI TERRA SCAVI E RINTERRI.....	31
8.	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO	33
8.1	Sismicità dell'area.....	33
8.2	Sequenza sismica del 2016	36
8.3	Pericolosità sismica di base	38
8.4	Calcolo dei parametri sismici.....	42
9.	ELEMENTI DI CRITICITA' E FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI.....	44

1. PREMESSA

La presente relazione geologico-geotecnica viene redatta a supporto del progetto di *"realizzazione di una seggiovia quadriposto ad ammorsamento permanente dei veicoli"* in località Pintura nel Comune di Bolognola (MC).

Il progetto si inserisce all'interno dell'area del Parco Nazionale dei Monti Sibillini istituito con DPR 6 agosto 1993 e si inserisce in un'area gravata da Vincolo idrogeologico art. 7 R.D.L. n. 3267 del 30/12/1923, pertanto sarà necessario ottenere il rilascio di N.O. per tale vincolo.

L'area è stata caratterizzata dal punto di vista geologico, geotecnico, sismico, geomorfologico e idrogeologico per stabilire la conformità con le previsioni di intervento (al DM 17/01/2018) ed è stato inoltre verificato se l'intervento previsto dal progetto rispondesse alle indicazioni del N.O. Vincolo Idrogeologico.

L'incarico è stato condotto partendo da un accurato rilevamento geologico-geomorfologico effettuato sul sito del progetto (Cfr. Documentazione fotografica) e anche nei dintorni dell'area in esame, oltre ad una raccolta dei dati bibliografici relativi alle condizioni geologiche ed idrogeologiche d'insieme e di dettaglio.

Precedentemente a tale elaborato è stata presentata una relazione geologica per il progetto definitivo, ove sono state affrontate le problematiche geologiche e geomorfologiche inerenti la realizzazione della funivia sulla base di studi tratti da Letteratura e da dati e indagini pregresse effettuate presso lo chalet ubicato in località Pintura di Bolognola, poco distante dal sito.

Nell'ambito di tale elaborato per il progetto esecutivo sono state eseguite apposite indagini di tipo geofisico distribuite lungo l'allineamento della funivia, compatibilmente con l'accidentalità del luogo, dotato talora di tratti impervi e particolarmente acclivi. Per un riscontro coi dati (puramente numerici)

dell'indagine geofisica svolta, al di là del confronto con i dati cartografici locali tratti da Letteratura, ci si avvarrà comunque delle indagini pregresse, che contemplavano anche quelle di tipo geognostico (carotaggi).

A conclusione dello studio è stata determinata la caratterizzazione sismica in termini di "Categoria di sottosuolo", una risposta sismica locale di tipo 2d per ogni singolo elemento dell'impianto (piloni e stazioni) e i parametri geotecnici nominali e caratteristici per piccoli volumi di terreno al DM 2018 relativi ai terreni di studio.

L'area del tracciato della nuova seggiovia è ubicata nel Foglio 132 I NW (Bolognola) scala 1:25.000 della Carta d'Italia (Fig. 1), nella sezione n. 325030 "Bolognola" della C.T.R. scala 1:10.000 (Fig. 2). Inoltre, si colloca nella carta catastale così come visibile in Fig. 2a .

Figure in testo:

Fig. 1	Carta Corografica scala 1:25.000
Fig. 2	Carta Corografica scala 1:10.000
Fig. 2a	Carta catastale
Fig. 3	Foto aerea scala 1:5.000
Fig. 4	Carta Geologica scala 1:5.000
Fig. 5	Carta Geomorfologica scala 1:5.000
Fig. 6	Stralcio PAI AdB Marche scala 1:8.000
Fig. 7	Stralcio vincolo idrogeologico scala 1:25.000
Fig. 8	Carta Idrogeologica scala 1:5.000

ALLEGATO 1:Indagini e documentazione fotografica

Tavole fuori testo:

- Tavola 1: Planimetria delle indagini
- Tavola 2: Sezione geologico tecnica

Appendice:

- Risposta sismica locale 2d

CARTA COROGRAFICA



Stralcio IGM n° 132 I NO "Bolognola"

Scala 1:25.000

Tracciato funivia

Fig.2

CARTA COROGRAFICA
Scala 1:10.000
CTR 325030 "Bologna"

Legenda

..... FUNIVIA

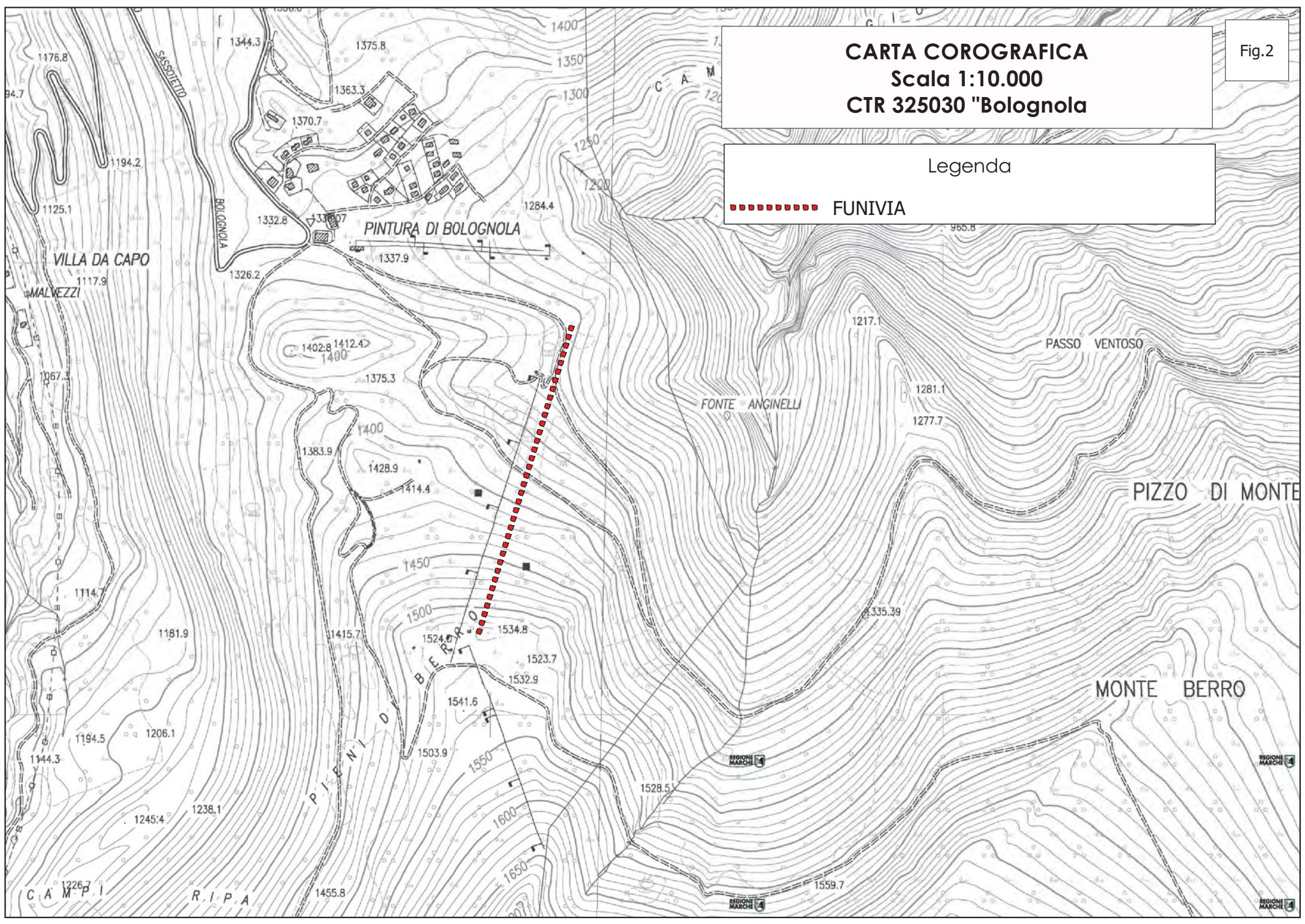


FOTO AEREA



Scala 1:5.000

----- Tracciato Seggiovia

Fig. 3

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

In tale capitolo si tratteranno le informazioni di tipo geologico generale, tratte da Letteratura, e quelle di tipo puntuale sulla base di rilievi effettuati sul campo e sulla base di indagini eseguite. Inoltre, verrà illustrata la situazione morfologica di sito corredandola con indicazioni sulla vincolistica di livello nazionale e regionale.

2.1 Geologia generale dell'area in esame

L'area in esame rientra nella porzione centro-occidentale dei Monti Sibillini tra la regione Marche e l'Umbria. I Monti Sibillini costituiscono la parte più meridionale dell'Appennino Umbro Marchigiano che corrisponde ad una catena neogenica le cui strutture sono costituite da rocce sedimentarie di origine neritico-pelagica di età compresa tra il Trias superiore ed il Pliocene.

Dal Trias superiore al Lias inferiore in tutta l'Italia Centrale s'instaurò un ambiente marino di acque basse, in cui si depositò la formazione del Calcarea massiccio, caratterizzata da spessori variabili.

All'inizio del Lias medio vi fu la disarticolazione della piattaforma con la formazione di faglie dirette listriche, tra cui la master fault "Ancona-Anzio" allineata N-S (Castellarin, 1978), che separa due domini principali: quello Laziale-Abruzzese, che rimase piattaforma e quello Tosco-Umbro-Marchigiano (Centamore, 1973).

Il dominio Tosco-Umbro-Marchigiano fu soggetto ad una rapida subsidenza differenziata dando luogo a settori caratterizzati da un ambiente pelagico profondo e settori più rilevati denominati alti strutturali caratterizzati da limitata sedimentazione.

Alla fine del Giurassico si ebbe una fase di stabilità tettonica con la deposizione della Maiolica che determinò un progressivo livellamento della morfologia sottomarina.

Dal Cretaceo si ebbe un'inversione dei movimenti tettonici con conseguente diminuzione della deposizione di carbonati e aumento progressivo di sedimentazione di marne e argille (Marne a Fucoidi), con episodi di facies anossiche, (il livello Selli).

Nel Cretaceo superiore si formarono dorsali e depressioni allungate in senso sub-meridiano con sedimentazione carbonatica che ha dato luogo alla formazione della Scaglia.

Le condizioni sedimentarie furono piuttosto uniformi in tutto il bacino anche se si notano variazioni di litofacies e di spessore tra le successioni depositatesi nelle depressioni e quelle sulle dorsali. La sedimentazione della Scaglia Variegata e della Scaglia Cinerea, a partire dall'Eocene medio, testimonia un progressivo incremento dell'apporto terrigeno che proseguì fino al definitivo riempimento dei bacini, in tempi via via più recenti, verso le zone esterne (Centamore et al., 1978).

Dall'Oligocene ebbe inizio la strutturazione dell'Appennino, mediante la migrazione verso est di un complesso sistema di catena-avanfossa, di cui l'area Umbro-Marchigiana ne costituisce l'avampaese a sedimentazione emipelagica (Calamita & Deiana, 1986).

All'inizio del Miocene l'Appennino Umbro-Marchigiano risentì di sforzi compressivi, entrando in regime orogenico con un progressivo corrugamento che modificò la morfologia dei fondali marini e esercitò un forte controllo sulla sedimentazione.

Durante la deposizione del Bisciaro la morfologia del fondo marino si presentò più articolata rispetto ai precedenti intervalli di tempo finché si formarono una serie di bacini piccoli e indipendenti con sedimentazione torbida.

L'avanfossa propriamente detta cominciò a delinarsi nel Messiniano inferiore, migrando nella fascia marchigiana esterna trovando il suo massimo sviluppo nel Pliocene inferiore. Nel Messiniano medio, in relazione alla crisi di salinità del Mediterraneo, concomitante ad un generale abbassamento del livello marino, s'instaurò un ambiente evaporitico, con la deposizione della Formazione gessoso solfifera.

Nel Pliocene inferiore la tettonogenesi appenninica raggiunse il suo acme e nel Pliocene medio-superiore la distensione legata al rifting del Mar Tirreno cominciò ad interessare il settore più interno dell'Appennino umbro-marchigiano.

Nel Pleistocene l'attività distensiva interessò l'intera area Umbro-Marchigiana con lineamenti che disarticolavano le più antiche linee compressive via via più recenti verso est.

Si formarono le depressioni tettoniche di Norcia, Cascia e Castelluccio (Blumetti & Dramis, 1992), colmate successivamente da sedimenti fluvio-lacustri.

La loro attività, anche in tempi recenti, è testimoniata da scarpate di faglia, dalle minori strutture che dislocano i depositi di riempimento delle conche, e dalla intensa sismicità storica e recente.

Dalla fine del Pleistocene si svilupparono anche fenomeni di sollevamento verticale, probabilmente come risposta isostatica ai fenomeni precedenti, che coinvolsero l'Italia Centrale e le aree soggette a tettonica estensionale.

L'azione congiunta del sollevamento e della tettonica distensiva ha prodotto nell'area gli effetti morfogenetici più vistosi (Dramis, 1992).

Il sollevamento generalizzato sembra aver avuto un notevole rallentamento verso la fine del Pleistocene medio, come è deducibile da osservazioni geomorfologiche sui terrazzi alluvionali.

Il Pleistocene è stato caratterizzato, inoltre, da fluttuazioni climatiche che hanno determinato espansioni di ghiacciai alternate a fasi di ritiro. I Monti Sibillini conservano attualmente i migliori esempi di morfologia glaciale dell'Appennino

Umbro-Marchigiano sottoforma di circhi glaciali, valli ad U e di apparati morenici.

2.2 Stratigrafia della successione Umbro Marchigiana

Nell'area vasta esaminata affiorano le formazioni della successione umbro-marchigiana costituita da un multilayer sedimentario in cui si alternano litotipi calcarei a litologie da calcareo marnoso a silicee.

La successione stratigrafica è descritta di seguito dai termini più antichi a quelli più recenti.

CALCARE MASSICCIO: Calcarei biancastri o nocciola in strati molto spessi, talora indistinti, a carattere ciclotermico, con cicli prevalentemente shallowing upward caratterizzati da facies subtidali, intertidali e supratidali. Le tessiture, assai variabili, sono costituite da grainstones, packstones e mudstones, a bioclasti, ooidi, peloidi e intraclasti e da bindstone (stromatoliti e tappeti algal) caratterizzati da strutture da disseccamento e cavità fenestrali. La base dell'unità non affiora. Contenute fossilifero rappresentato da bivalvi, gasteropodi, alghe, frammenti di echinidi, foraminiferi bentonici. Spessore di circa 800 m. HETTANGIANO - PLIENSRACHIANO P.P.

GRUPPO DEL BUGARONE: Calcarei micritici grigi, nocciola o rosati, nella parte alta a struttura nodulare e con marne verdastre, talora dolomitizzati, ricchi in bioclasti, in strati da spessi a molto spessi (40 - 80 cm). I pochi metri dell'unità possono sostituire l'intervallo di successione normale compresa fra la Corniola e la Maiolica. Passaggio netto al sottostante Calcere Massiccio. Ambiente pelagico in genere poco profondo, soggetto a correnti sottomarine. Lo spessore varia da pochi metri ad un massimo di 30 m (area di M. l'Aspro); spessore misurato a Sasso di Pale 16 m. PLIENSBACHIANO P.P. - TITONICO

CORNIOLA: Calcarei micritici grigi o nocciola, in strati di 20 - 50 cm, con noduli e liste di selce biancastra o grigia. Interstrati argillo-marnosi grigio-verdi frequenti nella porzione superiore. Intercalazioni di torbiditi calcaree, più

frequenti alla base. Passaggio netto al sottostante Calcare Massiccio, con interposizione di facies detritiche di spessore decametrico nelle successioni di basso strutturale (M. Serano) costituite da calcareniti bioclastiche grigio nocciola in spessi strati. Ambiente di sedimentazione pelagico, con profondità di deposizione compresa tra 50 e 200 m. Faune a spicole di spugna, radiolari, echinidi, bivalvi, gasteropodi, ostracodi, ammoniti e rari foraminiferi bentonici. Spessore assai variabile, da pochi metri a 300 m. SINEMURIANO P.P. - MARCIANO INFERIORE P.P.

MARNE DI MONTE CERRONE: Marne e marne argillose grigie o verdi, talora con fiamme rossicce, sottilmente stratificate, con intercalati livelli di calcari marnosi frequentemente a struttura nodulare. La formazione è in genere eteropica con il Rosso Ammonitico e solo localmente lo sostituisce completamente. La Formazione passa rapidamente verso il basso alla Corniola. Ambiente di sedimentazione pelagico. Contenuto fossilifero prevalente ad ammoniti, bivalvi a guscio sottile (molto abbondanti alla base dove costituiscono lumachelle), rari brachiopodi e foraminiferi bentonici. Spessore misurato 60 m (località tipo M. Serrone). TOARCIANO INFERIORE P.P. - TOARCIANO MEDIO.

ROSSO AMMONITICO: Marne, calcari marnosi e calcari rosa, rosso-mattone o grigio-verdi, sottilmente stratificati, con frequente struttura nodulare, alternati ad argilliti o argille marnose rosse più abbondanti nella porzione inferiore. Passaggio netto alla sottostante Corniola o graduale alle Marne di Monte Serrone, ove presenti. Ambiente di sedimentazione pelagico. Contengono ammoniti, bivalvi a guscio sottile e foraminiferi bentonici. Spessore 13 m (sezione tipo di M. Serrone) variabile fino a superare m 40 (M. Serano). TOARCIANO P.P.

CALCARI E MARNE A POSIDONIA: Calcari e calcari marnosi grigi o nocciola, a volte rosati, in strati regolari generalmente medi (10 - 20 cm). Intercalazioni marnose grigio-verdi. Livelli ci selce talora assai abbondanti. Nella parte medio-alta dell'unità intercalazioni, talora particolarmente frequenti, di calcareniti avana in grossi strati (40 - 100 cm) laminati e gradati. Passaggio

graduale al sottostante Rosso Ammonitico o alle Marne di Monte Serrone. Ambiente di sedimentazione pelagico, con profondità di deposizione variabile da poche decine di metri a 200 m. Resti filamentosi riferibili a lamellibranchi a guscio sottile del genere Bositra facilmente riconoscibili anche macroscopicamente, talora molto abbondanti (strati a lumachelle). Sono inoltre presenti radiolari, echinidi, rari ostracodi e Globuligerina oxfordiana. Spessore assai variabile, da 15 - 30 m (dorsale M. Serrone - M. Serano) a 150 m nelle aree orientali. TOARCIANO P.P. BAJOCIANO INFERIORE P.P.

CALCARI DIASPRIGNI: Calcari silicei grigi e verdi a stratificazione sottile, in genere di pochi centimetri, con sete verde, rossa e grigia in liste e noduli e più spesso in veri e propri strati che si alternano ai calcari. Nella parte centrale dell'unità la selce si fa nettamente prevalente sui calcari, con strati verdi e poi rossi, spessi fino a 10 cm. La parte sommitale dell'unità è caratterizzata in genere da calcari e calcari marnosi nocciola o biancastri, anche molto spessi, con abbondante selce per lo più bianca in straterelli e liste, contenenti echinodermi pelagici (Saccocoma sp.) cui s associano aptici e, talora, brachiopodi (calcari a saccocoma e ad aptici Aucutt.); nella parte medio alta dell'unità si rinvencono intercalazioni calcarenitiche nocciola in strati anche spessi. Passaggio graduale ai sottostanti Calcari e Marne a Posidonia o al Rosso Ammonitico; in alcune successioni ridotte passaggio al Gruppo del Bugarone. Ambiente di sedimentazione pelagico. Contiene abbondanti radiolari e, alla base, resti filamentosi. Spessore medio di circa 60 m, ma che raggiunge 130 -150 m nelle aree orientali (p. es. M. l'Aspro) per la presenza di intercalazioni calcaree detritiche nella parte alta dell'unità. BAJOCIANO INFERIORE P.P. – THONICO.

MAIOLICA: Calcari micritici fini bianchi, talora grigi chiari, a frattura concoide, in strati regolari da sottili a medi (20-50 cm), contenenti liste e noduli di selce bruna, grigia e nera. Nella parte alta sono presenti sottili intercalazioni argillose nere. Passaggio ai Calcari Diasprigni abbastanza brusco, contrassegnato da aumento di selce. Ambiente di sedimentazione pelagico. Fauna a radiolari e varie specie di calpionellidi. Spessore di circa 300 m.

MARNE A FUCOIDI: Alternanza di marne calcaree marroncine sottilmente stratificate (10 - 30 cm) ricche di impronte organiche (Furoidi, Condrites), con marne più o meno argillose di colore da violetto a rossiccio, verde, giallo fino a marrone e con livelli a marne e argilliti nere. Passaggio graduale alla sottostante Maiolica. Ambiente di sedimentazione pelagico con eventi anossici. Abbondante fauna a foraminiferi planctonici. Spessore medio 60 m (56 m nella sezione misurata a Piè di Cammoro). APTIAJVO P.P. - ALBIANO P.P.

SCAGLIA BIANCA: Calcarei micritici bianchi o grigio chiaro a stratificazione sottile (5 - 20 cm), con abbondanti lenti e liste di sete bruna, grigio scura o nera, più raramente rosata. Talora sono presenti intercalazioni calcarenitiche bianche, per lo più a laminazione piano parallela. Nella parte alta, alcuni metri prima del passaggio alla scaglia rossa, è in genere presente il livello Bonarelli (m 0.50 - 1.50) costituito da sottili strati bituminosi alternati a livelli alterati giallo ocra, con rari resti di pesci. Passaggio graduale alle sottostanti Marne a Furoidi. Ambiente di sedimentazione pelagico. Abbondanti foraminiferi planctonici. Spessore medio 70 m. ALBIANO SUPERIORE P.P. - TURONIANO INFERIORE P.P.

SCAGLIA ROSSA: Calcarei micritici di colore rosato più o meno intenso, più raramente biancastri per decolorazione: alternati a interstrati pelitici molto sottili. Noduli liste e strati di sete da grigio rosata a rosso amaranto. Talora sono presenti intercalazioni calcarenitiche di colore grigio o bianco, anche di notevole spessore. Parte cretacea della formazione quasi esclusivamente calcarea e caratterizzata da strati più spessi (10 - 40 cm); parte paleogenica a strati più sottili e con intercalazioni marnoso-argillose relativamente più spesse, di un colore rosso-mattone più intenso di quello del calcare. Passaggio alla sottostante Scaglia Bianca abbastanza graduale. Spessore variabile da 250 a 350 m. TURONIANO INFERIORE P.P. - EOCENE MEDIO P.P.

SCAGLIA VARIEGATA: Calcarei marnosi rossi e grigio verdi in strati sottili (2 - 20 cm) alternati a marne e marne argillose rosse e grigio-verdi: prevalenti verso l'alto. A luoghi intercalazioni di calcareniti. Passaggio alla sottostante Scaglia Rossa abbastanza graduale, con diminuzione progressiva della componente

pelitica, aumento dello spessore medio degli strati e omogeneizzazione del colore sui toni del rosso. Ambiente di sedimentazione pelagico. Fauna a foraminiferi planctonici. Spessore variabile da 40 a 80 m. EOCENE MEDIO P.P. - EOCENE SUPERIORE P.P.

SCAGLIA CINEREA: Marne e marne argillose grigio-verdi o grigio-cenere alternate, alla base, con calcari marnosi grigi in strati di spessore da centimetrico a decimetrico. Localmente intercalazioni di calcareniti grigie in strati di 10 - 60 cm. Passaggio alla sottostante Scaglia Variegata graduale. Ambiente di sedimentazione pelagico. Fauna a foraminiferi planctonici. Spessore variabile da 60 a 110 m. EOCENE SUPERIORE P.P. - AQUITANIANO P.P.

BISCIARO: Strati calcareo-siltosi grigio scuri o neri spessi 20 - 40 cm, con colore di alterazione esterno giallo-ocra. A tali strati sono intercalati livelli marnosi di 10 - 15 cm. Nella parte basale dell'unità sono presenti strati di selce nera spessi circa 10 cm e a volte orizzonti arenacei fini con abbondante glauconite. Superiormente aumenta la componente marnosa e diminuisce lo spessore degli strati. Orizzonti arrossati vulcano derivati sono presenti a vari livelli stratigrafici. Passaggio piuttosto netto alla Scaglia Cinerea sottostante. Ambiente di sedimentazione pelagico, con profondità di deposizione compresa tra 400 e 700 m (batiale superiore). Spessore 75 - 100 m AQUITANIANO P.P. - BURDIGALIANO P.P.

SCHLIER Nella parte alta argille e marne grigie alternate con frequenti livelli siltosi, a composizione carbonatica, che rendono ben evidente l'andamento della stratificazione. Alla base marne siltose ed argillose grigie in strati da spessi a molto spessi in genere mal distinti. Passaggio al sottostante Bisciaro non osservabile. Depositi emipelagici. Spessore affiorante circa 85 m. BURDIGALIANO P.P. - SERRAVALLIANO P.P.

FORMAZIONE MARNOSO-ARENACEA UMBRA torbiditi pelitico-arenacee in strati da sottili a molto spessi con rapporto NP molto variabile ma in genere compreso fra 1/4 e 1/8. Presenti torbiditi carbonatiche in strati molto spessi, anche alcuni metri; gli strati arenacei hanno generalmente spessore

decimetrico, più raramente metrico. Depositi di avanfossa. Passaggio graduale al sottostante Schlier. Spessore complessivo osservato 400 m. SERRAVALLIANO P.P.

2.3 Geologia di dettaglio dell'area in esame

Nella zona in esame affiorano largamente gli elementi della successione umbro-marchigiana che vanno dal Trias superiore al Tortonianiano, e in alcuni luoghi fino al Messiniano o al Pleistocene inferiore.

Il tracciato della nuova seggiovia come mostra la Carta Geologica in fig. 4 si posiziona completamente sulla formazione della Maiolica.

La *Maiolica* si caratterizza in quanto costituita da "calcari di colore bianco in varie sfumature, marroncino, talora verdastri, e a grana finissima (micrite) composta dai frammenti dei gusci calcarei di nanoplancton, con selce in noduli e liste, di colore variabile da rosato, grigio o nero".

Durante la campagna di indagine è stata rilevata la presenza di detrito di versante/coltre detritica di alterazione superficiale o la presenza in superficie di maiolica altamente fratturata, il tutto sarà confermato dagli scavi da effettuare in fase realizzativa.

Per quanto alle indagini pregresse, in corrispondenza delle strutture edifici annesse all'impianto scioviano più a Nord-Ovest rispetto al sito di realizzazione della seggiovia, e comunque impostati sulla Formazione della Maiolica, sono stati realizzati n°3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo che hanno evidenziato la presenza di:

- 0 - < 1.0 m (spessore): Riporto eterogeneo costituito principalmente da ghiaia in matrice limoso-argillosa;
- > 30 m (spessore): Calcari biancastri estremamente fratturati appartenenti alla formazione della Maiolica di cui 5 metri investigati direttamente dai sondaggi oltre 30 metri risultano dalle indagini geofisiche.

2.4 Geomorfologia e rischio idrogeologico

La morfologia del settore in esame risulta abbastanza articolata. Si possono mettere in evidenza alcune caratteristiche geomorfologiche e forme di erosione, dettagliatamente raffigurate in Figura 5 Carta Geomorfologica.

L'area del tracciato della seggiovia non è interessata in particolar modo da forme segnalate; la stessa attraversa solo nella zona più a Nord una vallecola a V con ruscellamento concentrato.

A monte del tracciato (quota 1535 m slm) è presente una grande superficie di spianamento relitta definita a genesi complessa.

Nell'intorno dell'area esaminata sono individuabili aree con detrito di versante e falda di detrito.

Per quanto a forme crionivali sono presenti nella zona a SE due canali di valanga non attivi.

Il Tracciato della seggiovia si sviluppa tra le quote comprese tra circa 1528 e 1258 m s.l.m. ed ha un pendenza variabile tra 15 e 20° (media 17°).

E' stato inoltre consultato il PAI dell'Autorità di Bacino delle Marche (sia il vigente che quello in aggiornamento del 2016 - fig.6), dal quale risulta che il sito di studio non è inserito all'interno di aree definite a rischio o pericolosità da frana o valanga.

Inoltre dalla consultazione del Geoportale Nazionale per individuazione di fenomeni franosi anche contenuti nell'inventario nazionale delle frane IFFI risulta che il sito di interesse è fuori da ogni perimetrazione come mostrato nello stralcio cartografico sottostante.

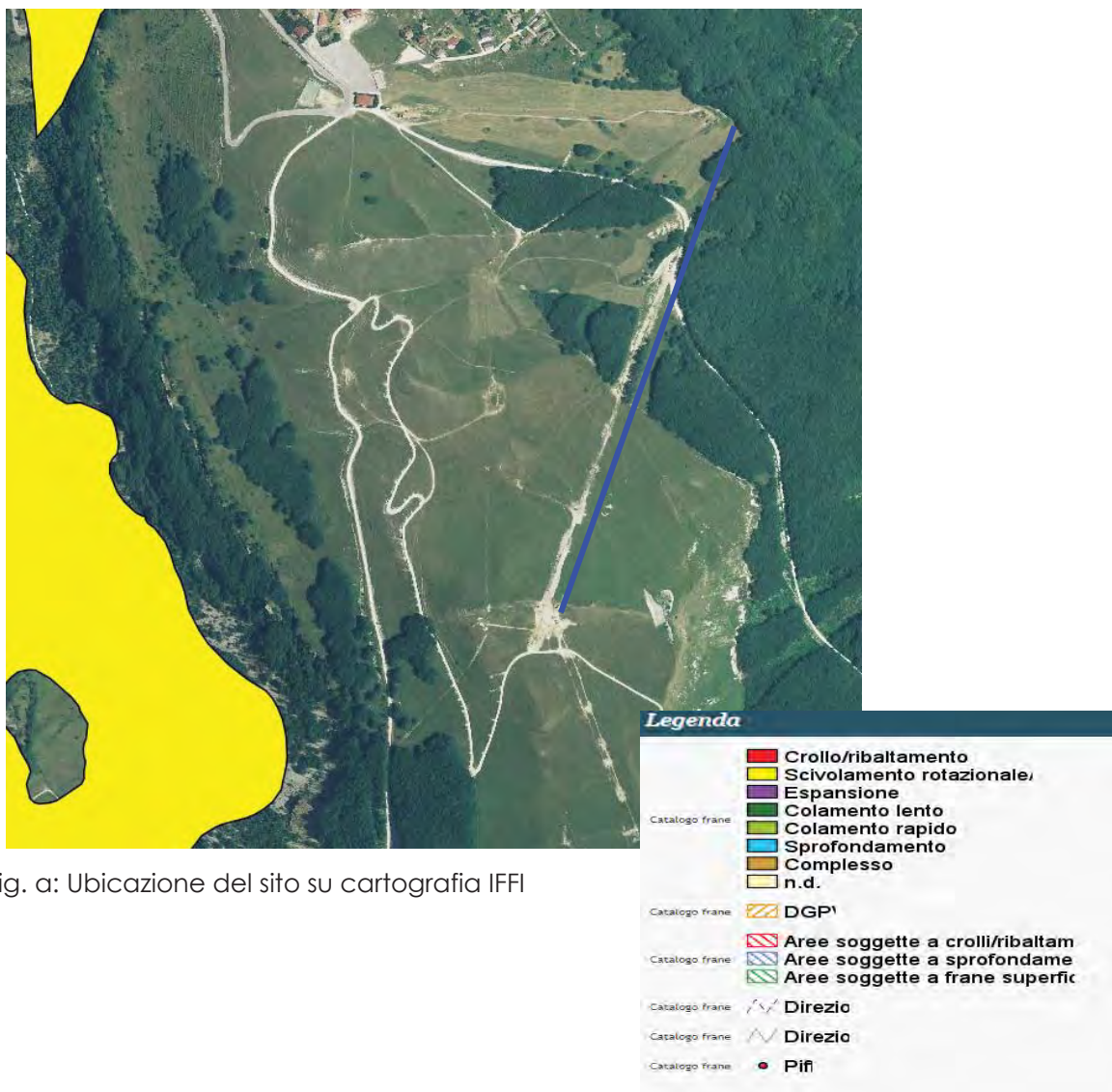


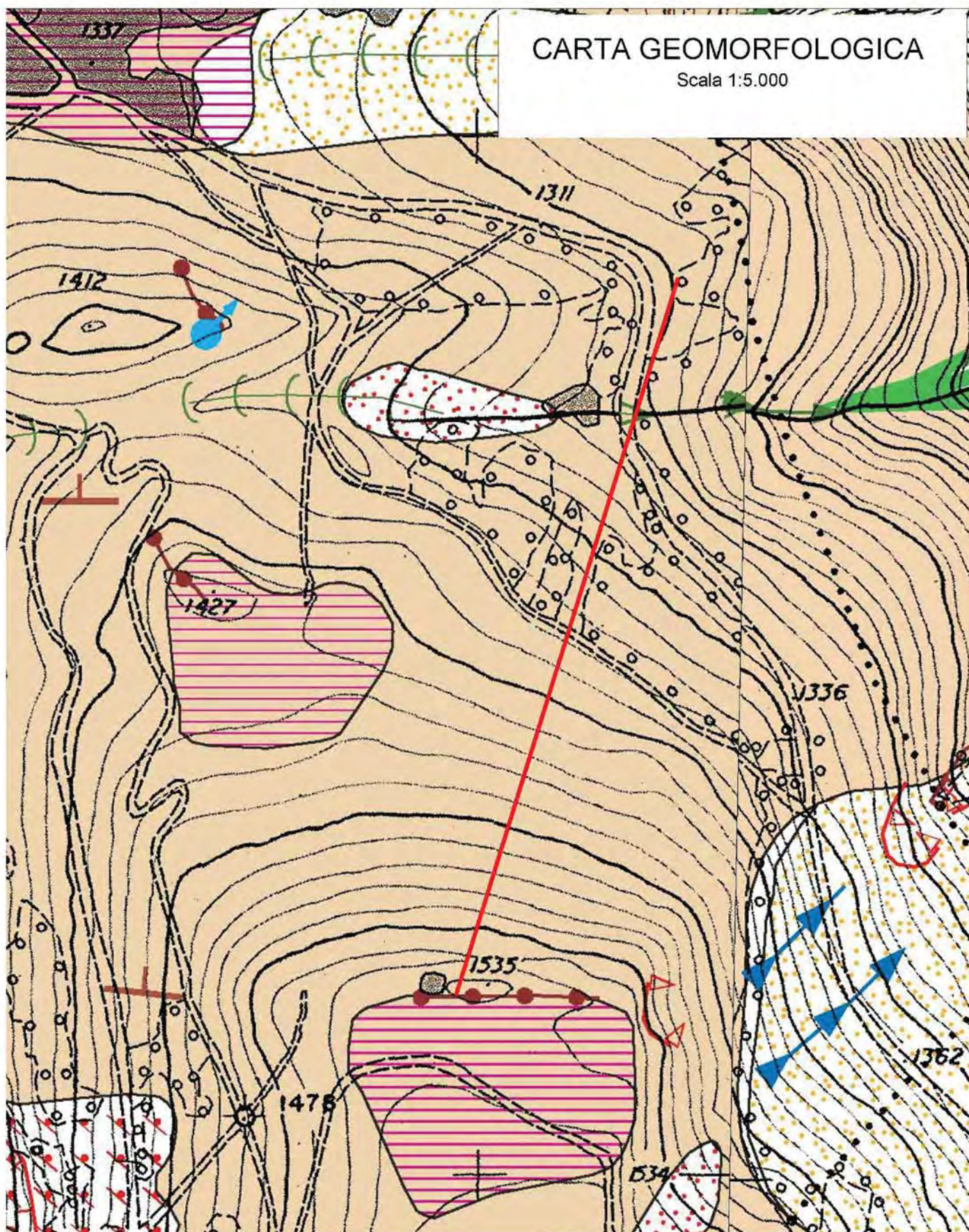
Fig. a: Ubicazione del sito su cartografia IFFI

Dal punto di vista del rischio idraulico l'area non rientra tra le aree a pericolosità o a rischio idraulico in accordo con la cartografia del PAI Marche e del Piano gestione del rischio alluvioni, distretto idrografico dell'Appennino Centrale.

L'assenza di pericolosità e rischio idraulico è dovuta alla posizione rilevata del tracciato in esame (circa da 1258 a 1528 m s.l.m.) rispetto alle quote di scorrimento dei corsi d'acqua principali (Fosso Fiastrone alla base del versante occidentale, Torrente Tennacola alla base del versante orientale).

L'area ricade in zona sottoposta a vincolo idrogeologico di cui al R.D.L. 3267/23 come visibile in Fig. 7. Nel sito non ricadono superfici boscate, né

tantomeno si interverrà con taglio e sistemazione delle superfici boscate limitrofe all'area di intervento. Il vincolo idrogeologico pertanto riguarderà i movimenti terra, dovuti agli scavi fondazionali interessanti la messa in opera dei sostegni della funivia, nonché quelli delle stazioni di partenza e arrivo. La trattazione dei volumi di terra è stata illustrata nel capitolo n° 7 del presente elaborato.



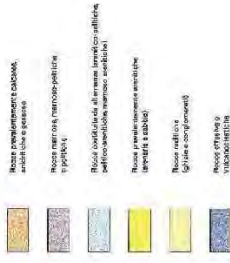
Carta geomorfologica regionale edizione CTR n°325030 "Bolognola" e n° 325040 "Capovalle"

Tracciato funivia

Fig. 5

ELEMENTI GEOLOGICO STRUTTURALI

LITOLOGIA DEL SUBSTRATO



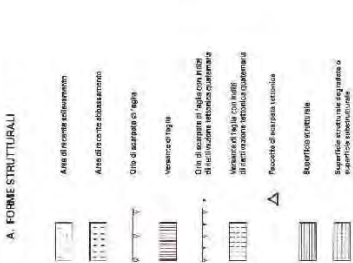
TETTONICA



IDROGRAFIA ED ELEMENTI METEO-MARINI



FORME STRUTTURALI E VULCANICHE

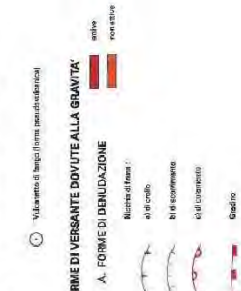


FORME FLUVIALI, FLUVIO-GLACIALI E DI VERSANTE DOVUTE AL DILAVAMENTO

A. FORME DI EROSIONE



B. FORME E MANIFESTAZIONI VULCANICHE



FORME DI VERSANTE DOVUTE ALLA GRANTIA



B. FORME DI ACCUMULO E RELATIVI DEPOSITI



B. FORME DI ACCUMULO E RELATIVI DEPOSITI



DEFORMAZIONI GRADATIVE PROFONDE



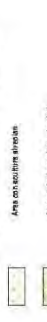
FORME ED ELEMENTI DI ORIGINE MARINA (EMERSI E SOMMERISI), LAGUNARE E LACUSTRE E RELATIVI DEPOSITI



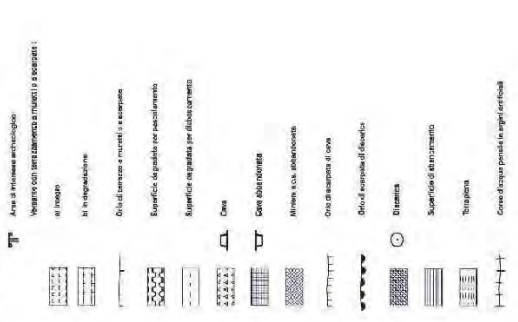
GRANDI SUPERFICI DI SPINAMMENTO RELITTE E FORME ASSOCIATE, TALOIA DI GENESI COMPLESSA



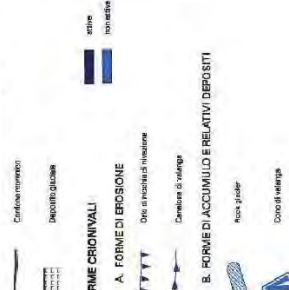
FORME E PRODOTTI DI ALTERAZIONE METEORICA

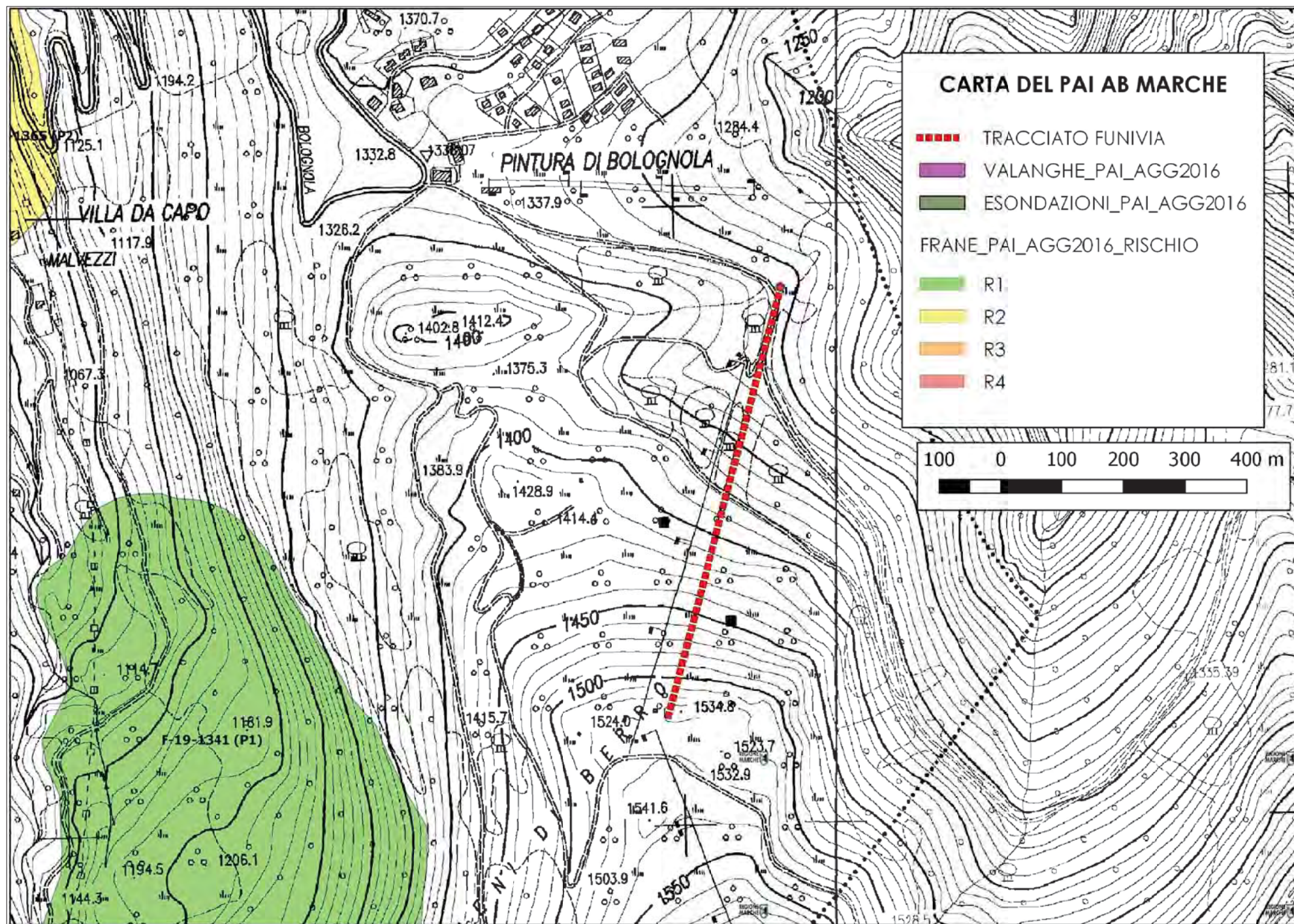


FORME ANTROPICHE



B. FORME DI ACCUMULO E RELATIVI DEPOSITI





SCALA 1:8.000

Fig. 6

3. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

In tale capitolo si tratterà tutto ciò che concerne il tema acque, superficiali e sotterranee e di come queste interagiscono o meno con l'opera. In particolare si forniranno informazioni sulle acque superficiali ed eventuali zone di impluvio e scorrimento concentrato e la caratterizzazione dei complessi idrogeologici ivi presenti, correlati con i flussi idrici sotterranei.

3.1 Idrografia

L'idrografia è caratterizzata dalla presenza del Torrente Fiastrone che scorre ad W dell'area in esame ad una quota di c.a. 950 m slm e del Torrente Tennacola che scorre ad E ad una quota di c.a. 950 m slm.

Il Fiastrone ha la sorgente situata ad una altezza di circa 1700 metri, nella testata della Val di Bolognola e nei pressi della Forcella del Fargno, luogo di passaggio fra i monti Pizzo Tre Vescovi e Monte Rotondo sulla catena dei Monti Sibillini, e termina dopo 34 km come affluente del fiume Chienti.

Il Tennacola nasce ad una quota di circa 1600 metri sul versante settentrionale del Monte Castel Manardo.

Il sito si colloca nel bacino del Fiume Tenna.

In prossimità dell'area di studio non vi sono corsi d'acqua che possono potenzialmente interagire con l'area.

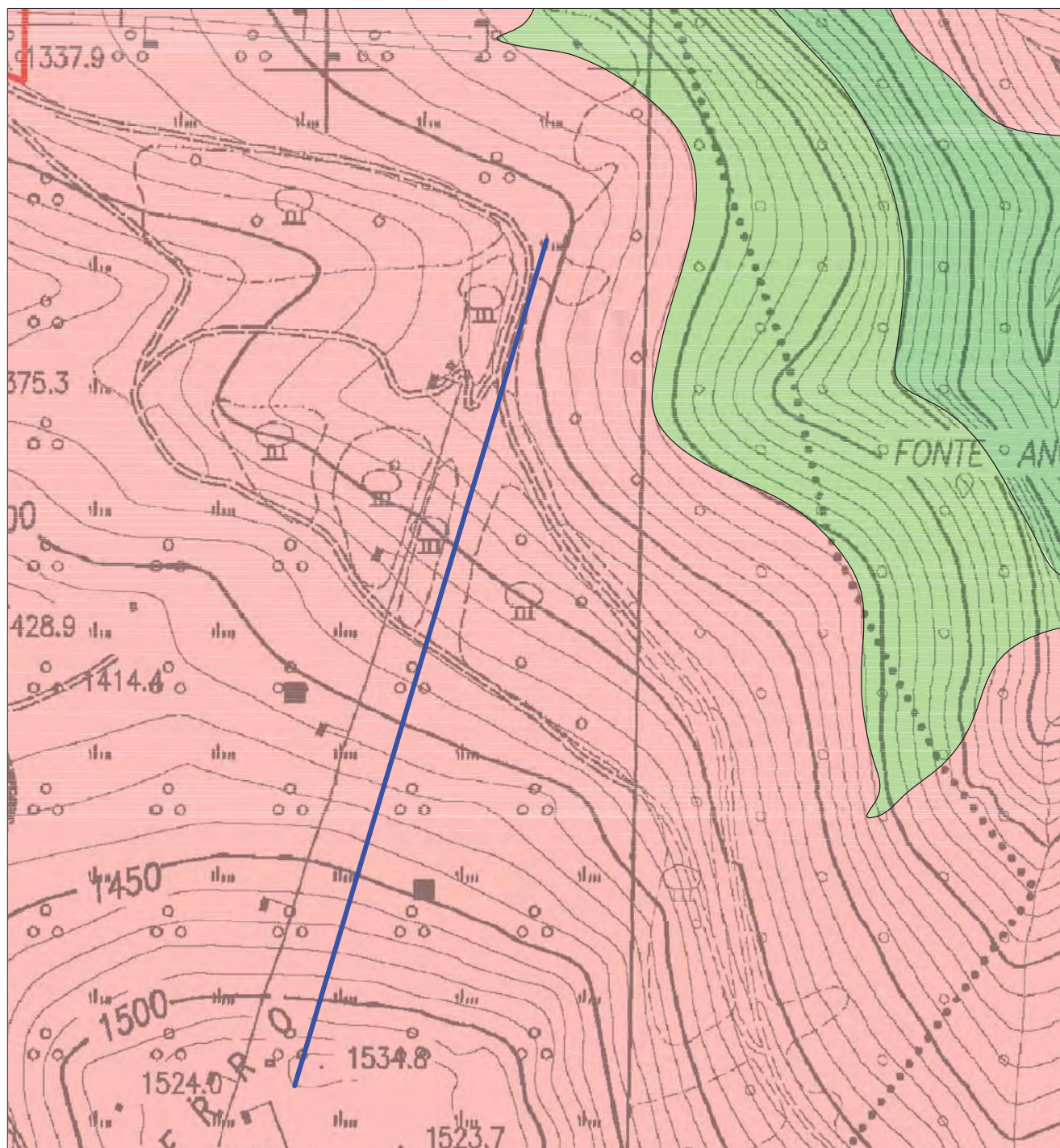
3.2 Idrogeologia

L'idrogeologia della zona è caratterizzata dalla presenza in superficie di depositi carbonatici (Maiolica) e depositi detritici di versante caratterizzati da

permeabilità medio-elevata, i primi per fratturazione e i secondi per porosità (fig. 8).

Al di sotto della formazione della Maiolica si rinvencono depositi carbonatici marnosi a bassa permeabilità per fratturazione. Dall'osservazione della carta idrogeologica in Fig. 8 si riporta la presenza della sorgente sospesa "Fonte Anginelli" dovuta al contatto tra i complessi carbonatici e carbonatico marnosi e quelli marnoso argillosi a quota 1150 m s.l.m. in direzione Est dall'impianto. Pur reputando la portata di tale sorgente effimera e stagionale, si dovrà considerare un livello piezometrico posto poco oltre 100 m dal p.c. del punto più basso dell'impianto.

CARTA IDROGEOLOGICA



Stralcio CTR n° 325030 "Bolognola"

Scala 1:5.000

LEGENDA

- Depositi carbonatici stratificati a permeabilità medio-alta per fratturazione: Maiolica.
Depositi detritici a permeabilità medio-alta per porosità: Depositi di versante.
- Depositi carbonatici marnosi stratificati a bassa permeabilità per fratturazione:
Calcarei a Saccocoma e Calcarei Diasprigni.
- Depositi calcareo-marnosi e marnoso-argillosi a permeabilità molto bassa:
Calcarei a Posidonia.

Fig. 8

4. CLIMATOLOGIA

Le principali caratteristiche climatiche dell'area in oggetto possono essere dedotte analizzando i dati climatici acquisiti dalla Norma UNI 10349 relativi ad un periodo minimo di 30 anni per il Comune di Bolognola di cui se ne riportano gli indici e i diagrammi più importanti.

Dati del Comune:

Comune di	Bolognola
Provincia	MC
Altitudine	1070
Latitudine	42,9948
Longitudine	13,2292
Temperatura massima annuale [°C]	28,86
Temperatura minima annuale [°C]	-9,24

Indici climatici

Precipitazioni [mm]	Totale:	1157
	Media:	96,4
Temperatura media [°C]	9,01 °C	
Indice di continentalità di Gams:	42° 45'	
Indice di Fournier:	16,94	
Evaporazione idrologica Keller [mm]	594,21 mm	
Pluviofattore di Lang	128,41	
Mesi aridi	Secondo Koppen:	
	Secondo Gaussen:	
Indice di De Martonne	60,86	
Indice De Martonne-Gottmann	44,04	
Indice di aridità di Crowther	85,97	
Indice bioclimatico di J.L. Vernet	0,49	
Indice FAO	2,27	
Evaporazione media mensile	60,85	
Quoziente pluviometrico di Emberger	158,29	
Indice di Rivas Martinenz	Continentalità:	18,8 °C
	Termicità:	87,3 ± 4
	Ombrotermico annuale:	10,03
	Ombrotermico estivo:	4,66
Indici di Mitrakos	SDS:	83,88
	WCS:	-23,62
	YDS:	228,92
	YCS:	-4,58

Diagramma pluviometrico

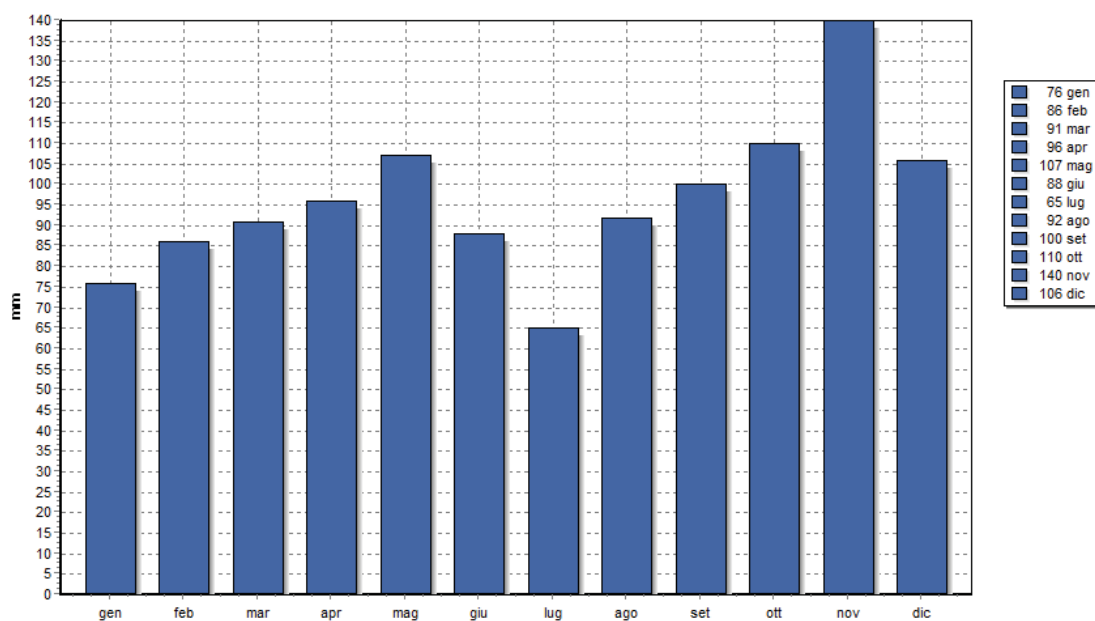


Diagramma termometrico

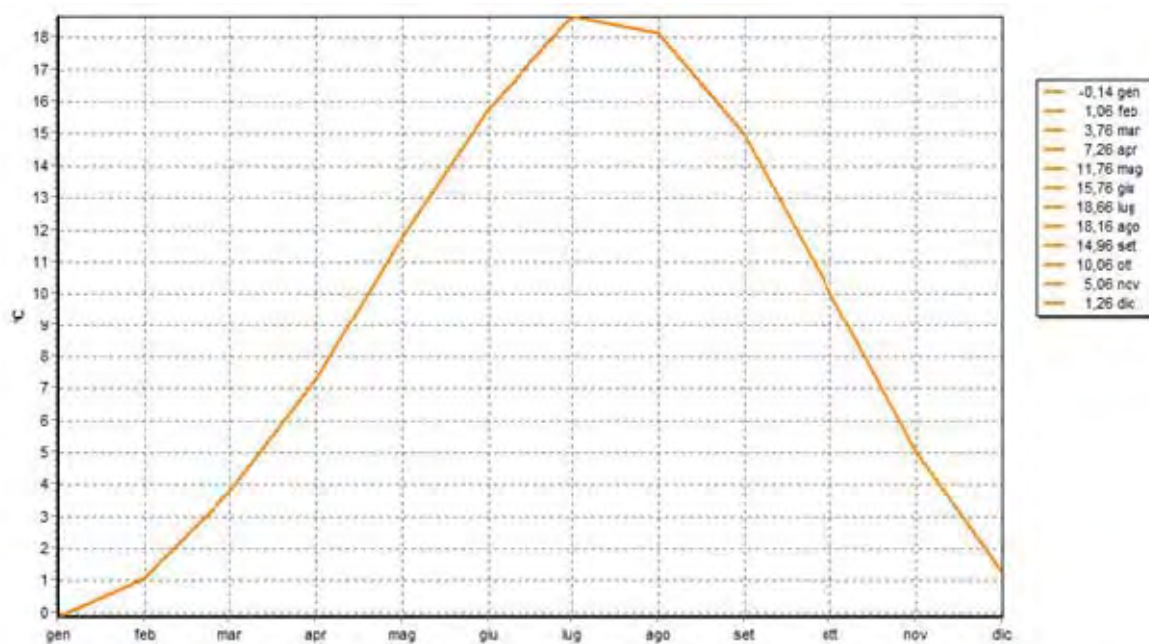


Diagramma ombrotermico

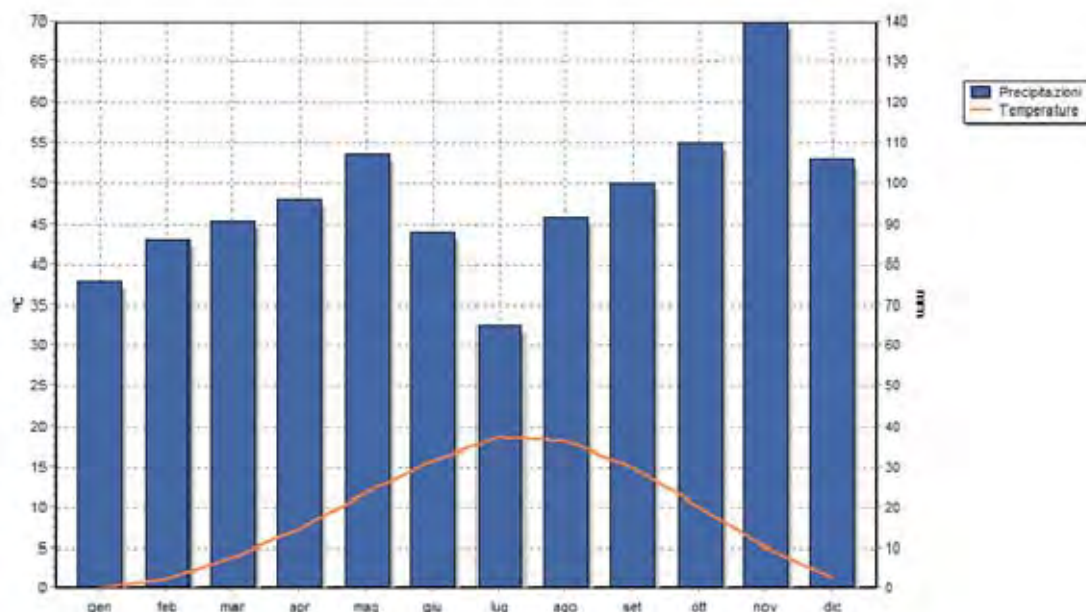
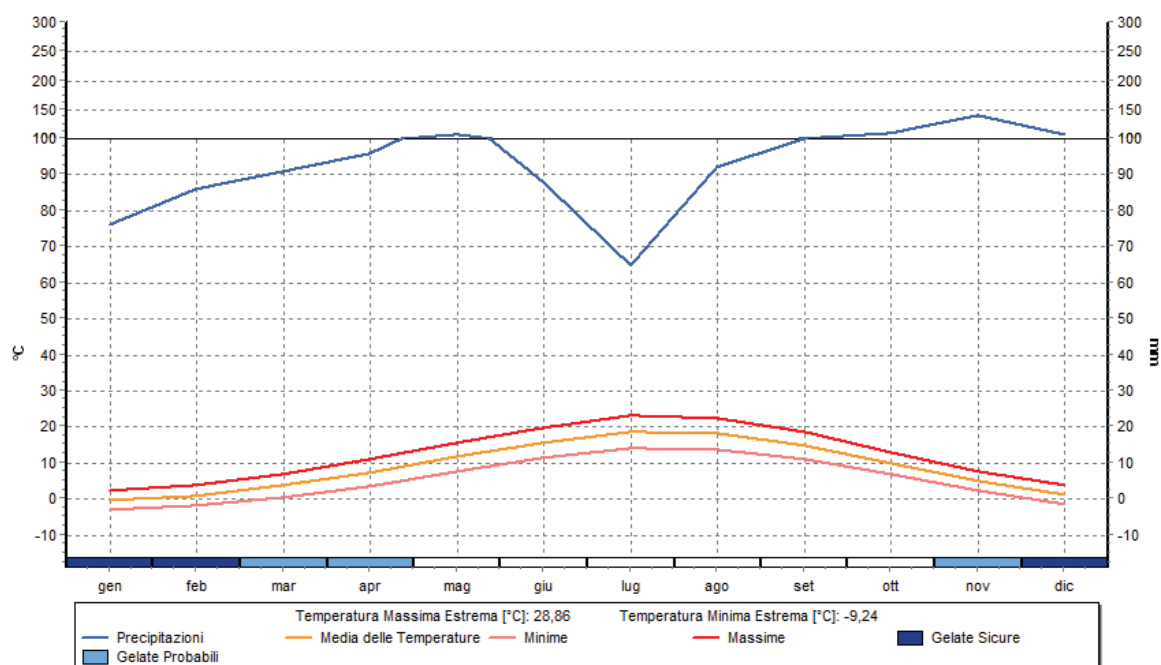


Diagramma ombrotermico di Walter & Lieth



Sull'ascissa del diagramma sono riportati i mesi dell'anno, sull'ordinata a destra le precipitazioni e, su quella a sinistra, le temperature.

I valori delle temperature sono riportati a scala maggiore rispetto a quelli delle precipitazioni, la spezzata in blu indica il regime pluviometrico, mentre le altre spezzate indicano il regime termico, inteso come temperature minime (arancio), medie (giallo), e massime (rosso).

Inoltre si segnalano i mesi delle gelate probabili.

Secondo i dati analizzati tale area è caratterizzata da precipitazioni abbondanti quasi in tutto l'anno con un solo minimo intorno a 65 mm nel mese di luglio.

Le temperature più elevate si registrano nel mese di luglio, mentre quelle più basse nei mesi da novembre ad aprile.

Il diagramma ombrotermico evidenzia, in primo luogo, l'assenza di un periodo arido, in secondo luogo, evidenzia un periodo freddo con gelate sicure nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio.

5. CAMPAGNA INDAGINI E MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO

Al fine di ricostruire un modello geologico e geotecnico dei terreni dell'area di studio interessata dal tracciato della seggiovia sono state eseguite le seguenti indagini:

- n.4 prove geofisiche tipo Rifrazione;
- n.4 prove geofisiche tipo MASW;
- n.1 misure di sismica passiva o microtremore HVSR;

In tale studio, inoltre, verranno presi in considerazione n° 3 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nell'anno 2019 presso uno chalet in località Pintura di Bolognola, distante circa 400 m dal tracciato.

Le indagini geognostiche pregresse consentiranno un confronto diretto con i risultati dell'indagine geofisica, al fine di interpretare al meglio i risultati ottenuti.

Le indagini sono ampiamente discusse e riportate in allegato ("Indagini e documentazione fotografica"), mentre la loro ubicazione è visibile in Tav. 1.

5.1 Prospezione geofisica

Indagine sismica a rifrazione

La sismica a rifrazione prevede la misura dei tempi di propagazione delle onde di compressione (P) e/o di taglio (S) tra il punto di energizzazione in superficie (shot) e vari punti di ricezione (geofoni) disposti sulla superficie topografica.

L'analisi della velocità di propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo, longitudinali (V_p) e/o trasversali (V_s), ottenuta conoscendo la distanza shot-ricevitore ed il relativo tempo di arrivo dell'impulso sismico ($\text{velocità} = \text{spazio} / \text{tempo}$), consente di rilevare in sintesi le proprietà fisiche e

meccaniche dei terreni, poiché i valori di V_p e/o V_s sono proporzionali al grado di compattezza dei mezzi percorsi. La sorgente per le onde P consiste in una piastra di metallo poggiata nel terreno, l'energizzazione è stata effettuata tramite massa battente (martello da 8 kg di peso), mentre per l'acquisizione del segnale è stato utilizzato un sismografo PASI GEA24 a 24 canali.

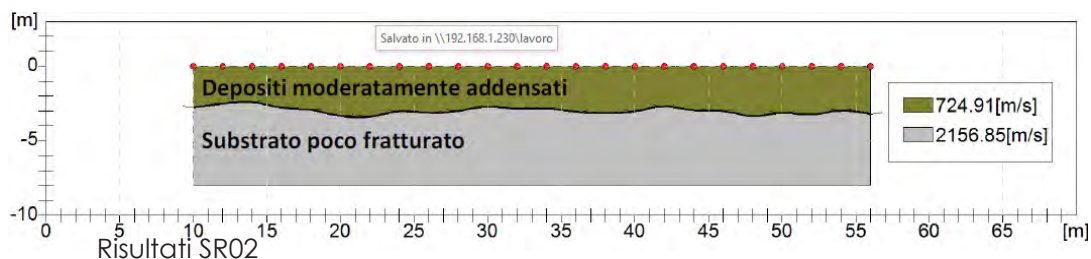
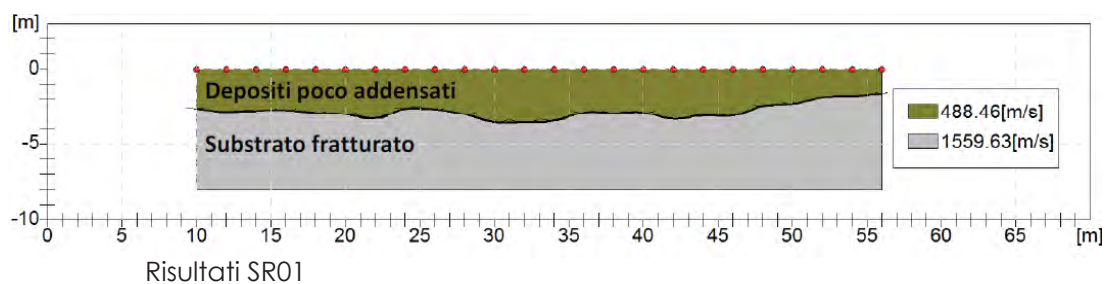
Per l'area di cui sopra sono state eseguite n. 4 stese di sismica a rifrazione ortogonalmente alla linea di massima pendenza così disposte e posizionate:

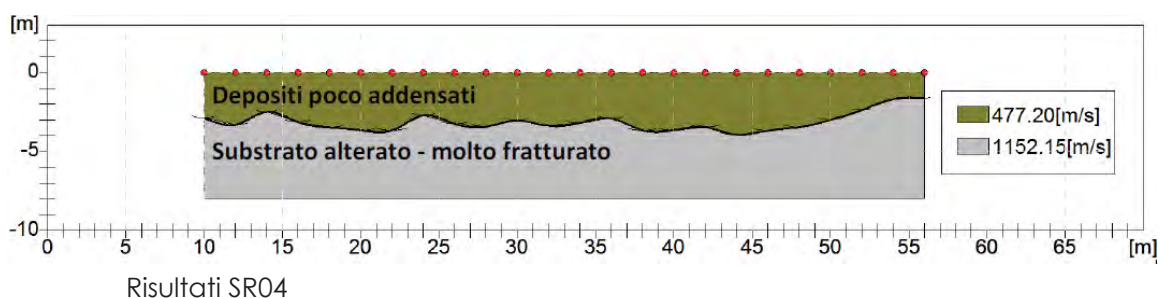
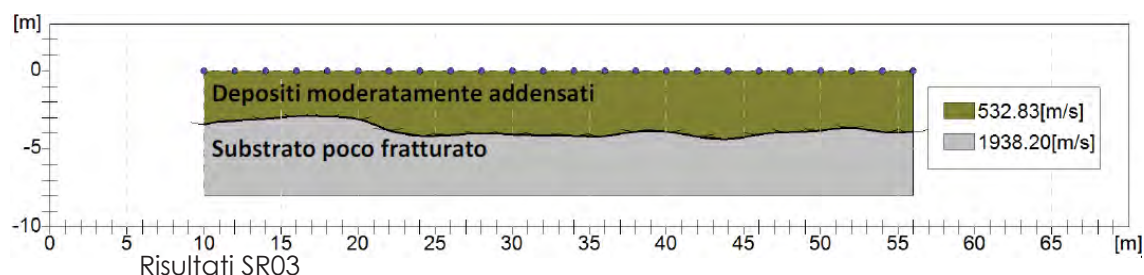
Rifrazione	tot (m)	N° shot	coordinate diretta		coordinate inversa	
			Lat.	Long.	Lat.	Long.
SR01	66	7	42.987797°	13.247513°	42.987500°	13.248201°
SR02	66	7	42.985634°	13.246901°	42.985433°	13.247658°
SR03	66	7	42.983830°	13.246412°	42.983552°	13.247210°
SR04	66	7	42.980467°	13.245375°	42.980404°	13.246223°

Tab 1: disposizione delle stese di sismica a rifrazione

Le sezioni sismiche realizzate nel sito sono state acquisite in onde di compressione (P) allo scopo di definire le geometrie dei sismostrati presenti in sito.

Questo tipo d'indagine è stata molto utile per una ricostruzione degli spessori degli strati superficiali fratturati e alterati delle litologie calcaree affioranti.





Indagine sismica MASW

Come già evidenziato, nell'area subito a NW della stazione di valle della nuova seggiovia è stata condotta un'indagine geofisica in sito relativa a n. 2 profili sismici MASW della lunghezza di 33 metri ciascuno, utilizzando n° 12 geofoni verticali da 4,5 hz equidistanti 3 m.

Questa prospezione è utile a fornire indicazioni quantitative sugli spessori dei terreni e la distribuzione della velocità delle onde S lungo i profili sismici MASW verticali.

Le nuove NTC 2018 indicano che la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, V_{seq} (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per la prova MASW 3 effettuata in sito non è stato possibile eseguire inversioni della curva di dispersione a causa del ridotto spessore della coltre di alterazione che non permetteva una dispersione tale da poter essere processata.

Differentemente dai risultati discussi nella relazione geologica per il progetto definitivo, le stese sismiche MASW eseguite e processate (n°1, 2 e 4) hanno rilevato un substrato fortemente fratturato per spessori variabili da circa 5 m nella Masw 1, a 9 m nella Masw 2 e a 22 m nella Masw 4.

Proprio per questo motivo, in termini di categoria di suolo sismico semplificata, si tratta di terreni ricadenti in classe "B" e "C".

Ad ogni modo, indipendentemente dalla categorie di suolo sismico fornite, verrà prodotto uno studio di risposta sismica locale atto a fornire gli spettri ad hoc utili per il calcolo delle sollecitazioni sismiche.

Indagine HVSR

Questa indagine si basa sull'acquisizione e sull'analisi del Rumore Sismico Ambientale (Seismic Noise) ovvero la continua vibrazione del suolo dovuta sia a cause antropiche che naturali. Questa tipologia di tecniche (definite metodi sismici passivi), dunque, non ha bisogno di alcuna energizzazione esterna poiché utilizza come sorgente il traffico veicolare, la produzione industriale, il vento, la pioggia e tutto ciò che è in grado di produrre una minima vibrazione sulla superficie del suolo. Quanto detto comporta rispetto alle più affermate metodologie sismiche di tipo attivo (MASW , Rifrazione, Down-Hole) svariati vantaggi:

- le acquisizioni di sismica passiva difficilmente vengono "sporcate" da interferenze esterne poiché sfruttano come sorgente quella porzione del segnale sismico che altre tecniche considerano un disturbo.

- non necessitando di alcuna energizzazione esterna al sistema tali indagini possono raggiungere con facilità profondità dell'ordine del centinaio di metri.
- non richiedono più di un operatore e sono molto più veloci rispetto alle comuni tecniche sismiche.

Ovviamente la sismica passiva non è in grado di fornire il dettaglio di una rifrazione o un down-hole nelle applicazioni stratigrafiche, tuttavia è molto utile per una rapida individuazione del substrato sismico nelle problematiche legate alla risposta di sito. In particolar modo con la tecnica a " Stazione Singola" utilizzata nel sito in studio viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSR ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios") (Nakamura, Y. [1989]). Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno e individuare la frequenza fondamentale (f) di questa vibrazione.

Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra f , lo spessore della parte più soffice del terreno (ovvero la parte di materiali sovrastante il bed- rock) e la velocità media (V_s) delle onde sismiche nel sottosuolo, attraverso le misure HVSR è possibile risalire allo spessore di questo strato.

L'HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza che rappresentano un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale.

Nel sito, nella parte sommitale del tracciato e in prossimità della stesa sismica SR04/MASW 4 è stata predisposta un'acquisizione di tipo HVSR che ha fornito i seguenti picchi in frequenza: 1 Hz e 11 Hz.

Tab. 1 - Abaco per la stima dello spessore delle coperture (h) a partire dai valori delle frequenze di risonanza (f_0) determinate dalle misure H/V .

F_0 (Hz)	h (m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

Sondaggi geognostici a carotaggio continuo (pregressi)

I sondaggi geognostici della campagna d'indagine 2019 sono stati eseguiti con sonda a rotazione a completo funzionamento idraulico modello CMV MK600.

Nella tabella seguente si riportano le profondità dei singoli sondaggi.

sondaggio	Profondità m
S1	5
S2	5
S3	5

Tab 4: Sondaggi realizzati e profondità raggiunte

Le stratigrafie di dettaglio rilevate per ogni singolo sondaggio e la relativa documentazione fotografica sono allegate alla presente relazione (All. 1).

5.2 Modellazione geologica, geotecnica e parametri geotecnici nominali

I risultati dell'indagine geofisica condotta nel sito, insieme ai dati geognostici pregressi e a quelli di letteratura raccolti per l'area di studio e ai sopralluoghi effettuati, hanno consentito di definire il modello geologico-tecnico lungo il tracciato della seggiovia in progetto che viene rappresentato nella tavola 2 fuori testo mediante una sezione geologico-sismico-geotecnica.

Modello geologico e geotecnico

Dalla sezione geologico-sismica è evidente che nell'area di studio il sottosuolo è costituito da calcari micritici facenti parte della *Formazione della Maiolica* e si presentano con giacitura da franapoggio a sub orizzontali in continuità.

È presente una copertura dallo spessore variabile costituita da materiale detritico superficiale/coltre detritica.

Rielaborando tutti i dati è stato possibile costruire un modello geotecnico che mostra n° 3 unità litotecniche con i parametri geotecnici nominali e caratteristici (DM 17/01/2018) provenienti dall'interpretazione delle indagini in sito, da dati di letteratura e da un confronto con dati pregressi acquisiti in zona. Si riportano nella tabella a seguire i dati geotecnici nominali:

Unità litotecnica	descrizione	spessore (m)	γ_{nat} (kN/mc)	Φ°	σ (MPa)
1	Detrito/calc. fort. alterato	1.5 - 4.5	20	32	
2	Calc. da poco a fort. alterato	5.0 - 16.0	24		26
3	Calcare compatto	> 30	25		32.13

Parametri geotecnici nominali (DM 2018)

6. PROPRIETA' FISICO MECCANICHE DEI TERRENI "VALORI CARATTERISTICI"

Il terreno, come precedentemente caratterizzato nel capitolo delle prove in sito, è stato suddiviso in un'unica unità geotecnica (*Formazione della Maiolica*) di cui i parametri geotecnici nominali al DM 17/01/2018 sono stati riportati nel paragrafo precedente e nella sezione geologico-sismica nella Tavola 1 fuori testo.

Per la determinazione dei valori caratteristici dell'unità, la procedura adottata in questo lavoro si basa sull'interpretazione dei criteri generali forniti nell'Eurocodice 7 e da valutazioni critiche degli stessi criteri presenti nella comunità tecnica italiana, nonché dalle indicazioni riportate già nelle guide di applicazione delle NTC 2008 del CSLP (Agosto 2009).

I valori caratteristici del parametro geotecnico considerato X_k sono determinabili secondo la seguente relazione (es. $\phi'k$, angolo di attrito):

$$X_k = X_m (1 + Z * V_\phi)$$

dove:

X_k = valore caratteristico del parametro geotecnico X ;

X_m = valore medio del parametro geotecnico X ;

Z = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità.

V_ϕ = coefficiente di variazione (COV) di X , definito normalmente come il rapporto fra lo scarto quadratico medio della popolazione e la media dei valori di X , oppure fissato a priori da dati di letteratura:

- per gli angoli di attrito, COV è compreso tra 2-5 (Nadim-Lacasse, 1996, sabbie e litologia molto omogenea) e 5-15 (Baecher-Christian, 2003) per litologia meno omogenea. Un valore di 7-10, si adatta a un gran numero di casi (sabbie e ghiaie). In questo lavoro è stato utilizzato il valore di 5 in quanto si tratta di litologia omogenea.

L'Eurocodice 7 fissa, per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di $Z = -1,645$.

Di conseguenza la precedente relazione diventa:

$$X_k = X_m (1 - 1,645 \sqrt{V_\phi})$$

Una volta ottenuto il valore caratteristico X_k con la suddetta relazione, il valore di progetto X_d è calcolato applicando ai valori caratteristici un coefficiente riduttivo attribuito in funzione del parametro caratteristico e dell'approccio utilizzato nella verifica della portanza.

La parametrizzazione geotecnica schematizzata per ciascuna unità è il risultato dell'elaborazione statistica derivata per ciascuna metodologia di indagine utilizzata.

I parametri geotecnici per piccoli volumi di terreno (DM 17/01/2018) sono sintetizzati nella sottostante tabella, nella sezione geologico-sismica-tecnica in Tavola 2.

Unità litotecnica	descrizione	spessore (m)	γ_{nat} (kN/mc)	Φ°	σ (MPa)
1	Detrito/calc. fort. alterato	1.5 - 4.5	20	30	
2	Calc. da poco a fort. Alterato	5.0 - 16.0	24		24.3
3	Calcare compatto	> 30	25		30

Parametri geotecnici caratteristici (DM 17/01/2018) per piccoli volumi di terreno

Le fondazioni dei piloni dovranno poggiare sempre sul terreno naturale in posto che presenta le caratteristiche fisico-meccaniche necessarie per ben sopportare le sollecitazioni. L'unità litotecnica 1 "detrito/calcareo fortemente alterato" non potrà **MAI** essere utilizzata come base per la fondazione, mentre l'unità 2 "calcare da poco a fortemente alterato" potrà essere utilizzata come base per la fondazione.

7. MOVIMENTI TERRA SCAVI E RINTERRI

Così come visibile in fig. 7 l'intero tratto stradale ricade in area soggetta a vincolo idrogeologico come previsto e trattato da RD 3267/23.

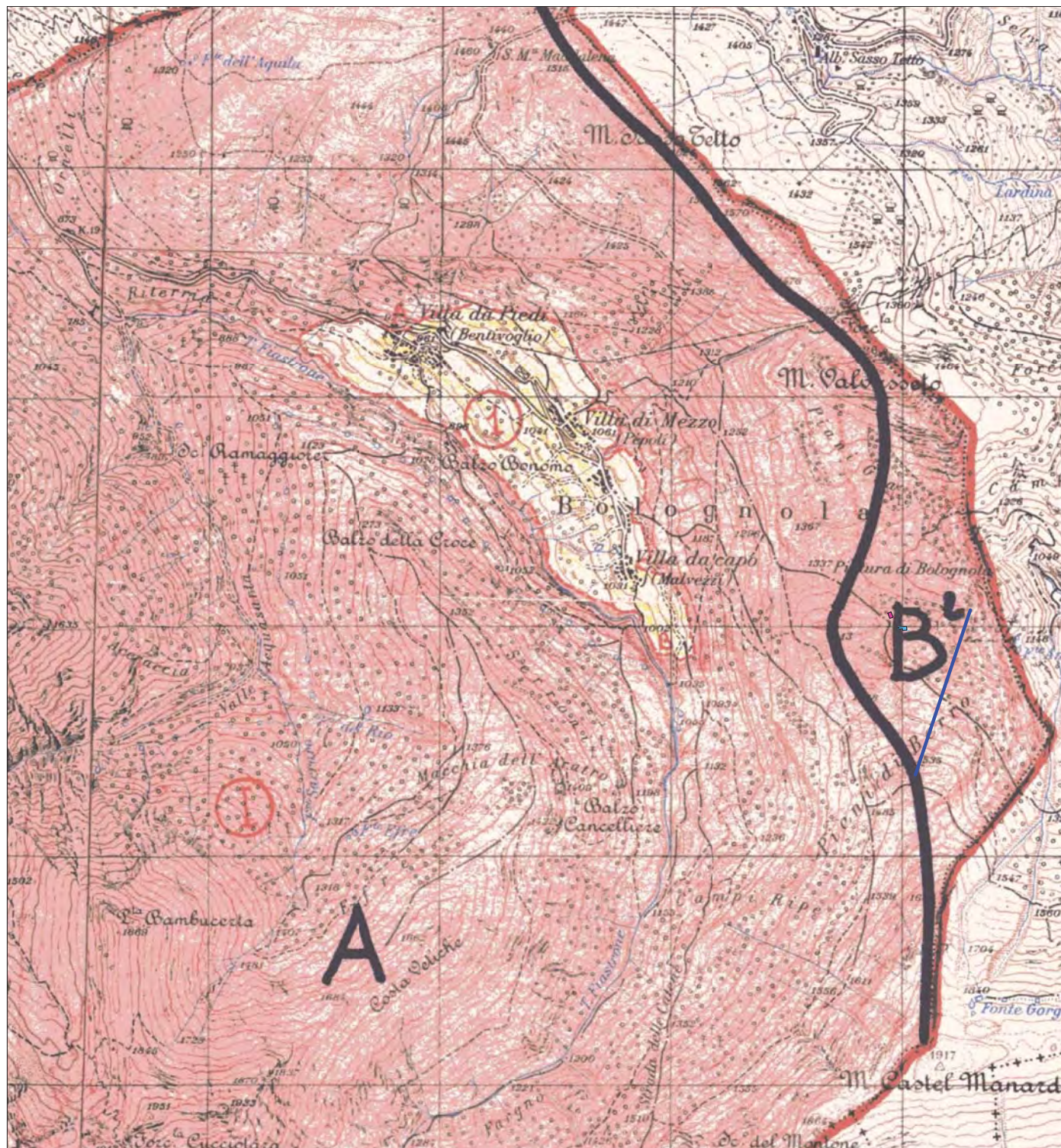
Il Vincolo Idrogeologico grava su terreni “di qualsiasi natura e destinazione” al fine di preservare l'ambiente fisico e impedire forme di utilizzazione, che possano determinare ai terreni denudazione, innesco di fenomeni erosivi, perdita di stabilità, nonché turbamento del regime delle acque ecc., con possibilità di danno pubblico. Pertanto, tutti gli interventi e le opere che comportano una modifica dello stato di luoghi ricadenti in aree sottoposte a vincolo per scopi idrogeologici, necessitano del rilascio di preventivi nulla osta o autorizzazioni da parte della Regione.

Il progetto prevede la realizzazione di una stazione di partenza (SRV), posta a quota 1258 m s.l.m. e una stazione di arrivo (SMM) posta a 1528 m s.l.m. Lungo il tracciato, tra le stazioni SRV e SMM verranno realizzati n° 10 sostegni di linea del tipo a fusto centrale a sezione circolare/poligonale.

Secondo informazioni pervenute dal progettista i volumi di scavo saranno così calcolati e ripartiti:

	Volume di scavo (mc)
SRV	<i>345.90</i>
R1	<i>51.53</i>
R2	<i>550.80</i>
S3	<i>69.68</i>
S4	<i>60.91</i>
W5	<i>84.73</i>
S6	<i>66.03</i>
S7	<i>76.58</i>
W8	<i>65.60</i>
S9	<i>72.64</i>
S10	<i>63.00</i>
SMM	<i>301.06</i>
	<i>Totale 1.808,45</i>

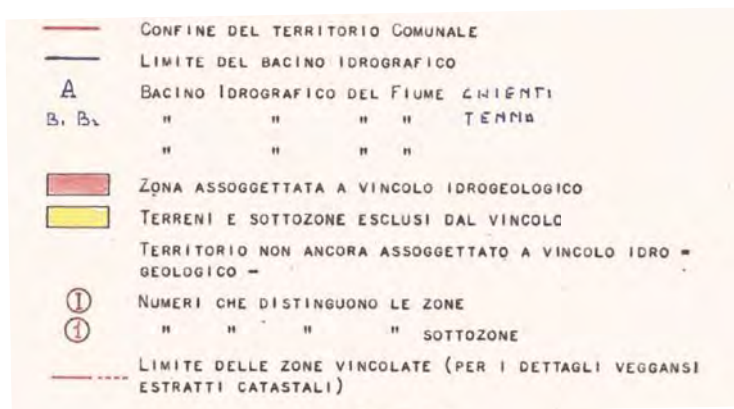
STRALCIO VINCOLO IDROGEOLOGICO



Stralcio cartografia Vincolo Idrogeologico del comune di Bolognola

Scala 1:25.000

Tracciato funivia



Così come riportato nella relazione tecnica le movimentazioni di terreno vengono predisposte in maniera tale da evitare eccessivi deficit o surplus per il materiale scavato e quello destinato ai riporti ed ai rilevati.

In tal modo vengono esclusi i trasporti a discarica mentre tutti i rilevati artificiali delle stazioni sono realizzati con gli stessi materiali di scavo e non prelevati da altra cava di prestito.

Il montaggio dei sostegni e delle relative testate avverrà con l'uso di mezzi trazionati dotati di gru o con l'ausilio dell'elicottero. Il montaggio della fune sarà condotto in modo da evitare strisciamenti della stessa sul terreno sottostante. Inoltre le operazioni di impalmatura verranno eseguite esclusivamente all'interno dell'area di cantiere ovvero nella porzione di terreno immediatamente sottostante l'impianto sulla zona destinata agli scavi di linea.

I movimenti di terreno ed il loro stoccaggio provvisorio in cantiere avverranno secondo particolari accorgimenti in modo da limitare i danni dovuti alla eccessiva compattazione per gravità nelle aree di stoccaggio e la riduzione di fertilità del materiale organico. Pertanto si avrà cura a ricostruire la successione stratigrafica analoga a quella ante operam evitando qualsiasi possibile degrado della risorsa terreno.

Lo scavo avverrà attraverso mezzi meccanici tradizionali: escavatori con benna e martellone, pala, camion trasporto materiali 4 assi e 3 assi.

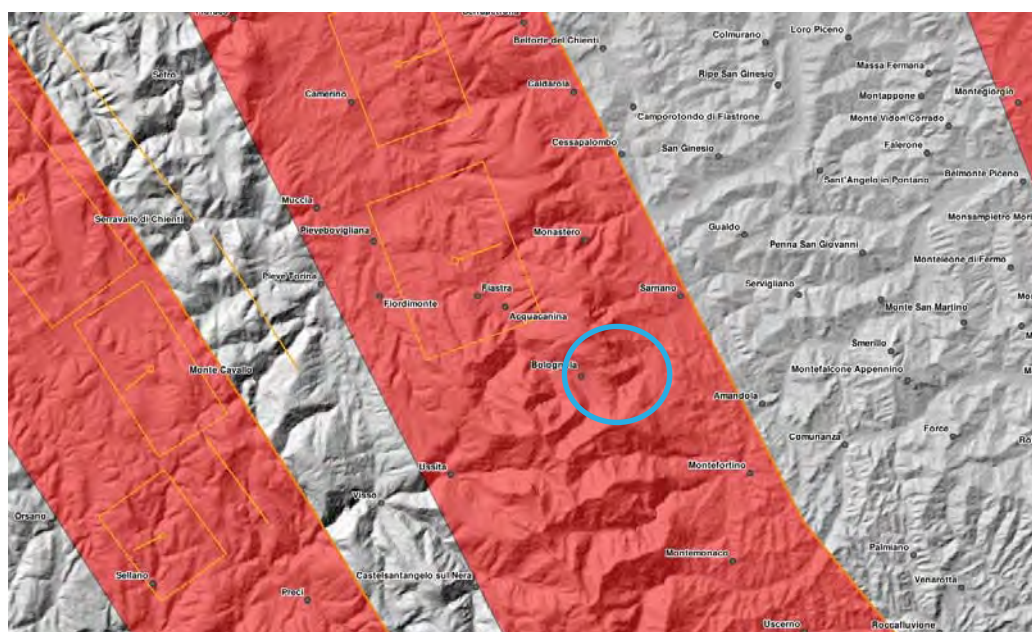
8. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

In questo capitolo verrà analizzata la sismicità dell'area, utile per comprendere la sensibile ricorrenza di eventi sismici, talora di elevata intensità, che possono indurre sollecitazioni sugli elementi dell'impianto tali da compromettere la vita nominale dell'opera.

8.1 Sismicità dell'area

Sulla base di quanto indicato nell'ultima versione (3.2.0) del progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) dell'INGV, l'area in esame ricade all'interno di una zona sismogenetica (vedi Figura sottostante).

Per la precisione, il sito è posizionato nella fascia sismogenetica di Bore - Montefeltro - Fabriano – Laga (ITCS027).



In base alla suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06) il Comune di Bolognola rientra in una zona sismica 2 con $0.15 < a_g \leq 0.25$ e probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

Ai fini della caratterizzazione macrosismica dell'area di Bolognola è stato consultato il Database Macrosismico Italiano versione DBMI15, consultabile liberamente all'indirizzo <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15> (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>).

Il Database Macrosismico Italiano fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

Di seguito vengono elencati i terremoti più significativi in termini di magnitudo momento. Per ciascun terremoto viene riportata la magnitudo momento (M_w), l'intensità epicentrale x 10 scala MCS (I_0) e il numero di Macroseismic Data Points (nMDP).

Bolognola

PlaceID	IT 51575
Coordinate (lat, lon)	42.993, 13.228
Comune (ISTAT 2015)	Bolognola
Provincia	Macerata
Regione	Marche
Numero di eventi riportati	43

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Mo	Mi	Se	Area epicentrale	NEDP	Io Mw
4	1893	08	02	00	59		Valnerina	84	5-6 4.55
2	1898	08	25	16	37	4	Valnerina	67	7 5.03
4	1899	02	07	12	35	3	Appennino umbro-marchigiano	49	4 4.04
NF	1899	06	22	13	20		Corridonia	30	5 4.08
NF	1910	06	29	13	52		Valnerina	58	7 4.93
4	1920	02	10	23	57		Monti Sibillini	18	5 4.30
F	1943	10	03	08	28	2	Ascolano	170	8 5.67
NF	1948	01	10				Loro Piceno	21	4-5 3.93
4	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8 5.69
7	1951	09	01				Monti Sibillini	80	7 5.25
5	1963	01	25	05	27		Monti Sibillini	30	5 4.31
6	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9 5.83
4	1980	02	28	21	04	4	Valnerina	146	6 4.97
3-4	1989	09	11	02	46	2	Marche meridionali	60	5 4.04
4	1989	12	22	06	48	1	Valle Umbra	114	5 4.44
3-4	1995	12	30	15	22	0	Fermano	106	5 4.19
3	1996	01	01	12	21	4	Maceratese	91	5-6 4.20
3-4	1996	01	22	18	37	4	Fermano	76	5 3.96
3-4	1996	10	20	19	06	5	Appennino lasiale-abruzzese	100	5 4.36
4-5	1997	09	07	23	28	0	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6 4.19
4	1997	09	09	16	54	4	Appennino umbro-marchigiano	39	5-6 3.78
4	1997	09	10	06	46	5	Appennino umbro-marchigiano	47	5 3.85
6-7	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8 5.66
6	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 5.97
4-5	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490	5.22
5	1997	10	06	23	24	5	Appennino umbro-marchigiano	437	5.47
5	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786	5.62
4	1997	10	23	08	58	4	Appennino umbro-marchigiano	56	3.86
5	1997	11	09	19	07	3	Valnerina	180	4.87
4-5	1998	02	07	00	59	4	Appennino umbro-marchigiano	62	4.41
4	1998	02	16	13	45	1	Valnerina	33	3.75
4-5	1998	03	21	16	45	0	Appennino umbro-marchigiano	141	5.00
5	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409	5.26
4-5	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395	4.78
4	1998	06	02	23	11	2	Appennino umbro-marchigiano	83	4.25
4	1999	10	10	15	35	5	Alto Reatino	79	4-5 4.21
4-5	1999	11	29	03	20	3	Monti della Laga	62	5-6 4.15
4-5	2000	09	02	05	17	0	Appennino umbro-marchigiano	115	5 4.40
4	2000	10	24	07	52	2	Monti Sibillini	65	5 4.11
3	2003	05	25	17	15	1	Ascolano	88	4-5 3.81
3	2004	12	09	02	44	2	Teramano	213	5 4.09
4	2006	04	10	19	03	3	Maceratese	211	5 4.06
3-4	2006	10	21	07	04	1	Anconetano	287	5 4.21

Tab.1 Sismicità storica dell'area di studio ordinata per magnitudo momento Mw

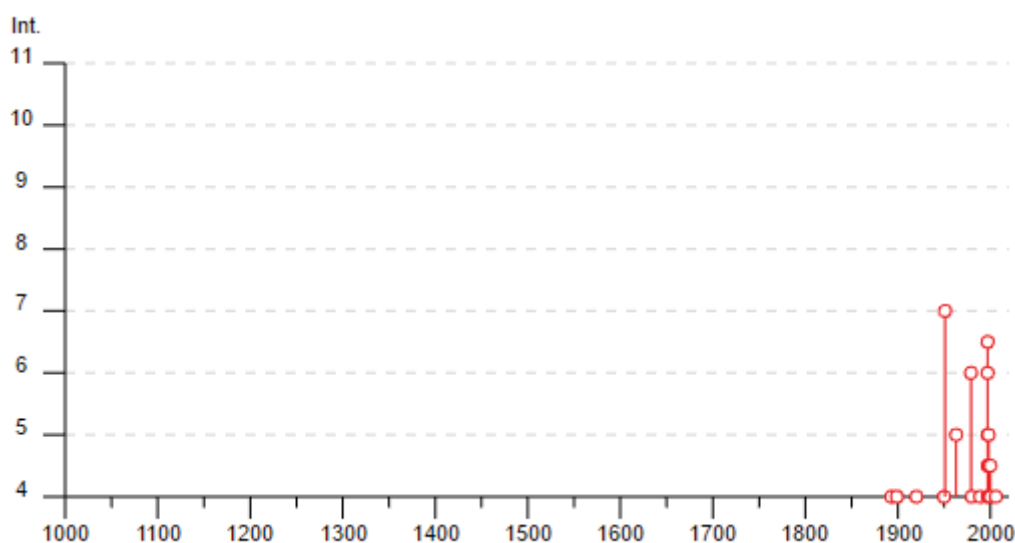


Grafico 2 Sismicità recente del Comune di Bolognola non considerando l'evento sismico del 24 agosto 2016 e successivi

8.2 Sequenza sismica del 2016

Il 24 agosto 2016 (Mw 6.2) e il 26 ottobre 2016 (Mw 6.1) si sono attivati i due estremi meridionale e settentrionale della struttura del Monte Vettore con evidenze di fagliazione di superficie.

L'evento del 24 agosto è stato generato dall'attivazione del segmento di faglia del Cordone del Vettore e segmento del Monte Vettoretto e ha generato un movimento con rigetto verticale fino a 30 cm.

L'evento del 26 ottobre è stato generato dal segmento di Monte Bove Sud.

Il 30 ottobre, alle ore 7:40 locali, il terremoto di Mw 6.5 è stato invece generato dallo scorrimento di tutto il settore centrale della faglia, con un meccanismo focale normale su un piano orientato circa N155° e pendente in profondità meno di 50° verso WSW.

Il 26/10/2016 alle ore 21:18 (19:18:05 UTC) si è verificato un terremoto al confine tra la provincia di Macerata e quella di Perugia, con magnitudo locale (ML) 5.9 e magnitudo momento (Mw) pari a 5.9, l'evento è stato seguito da numerose repliche di magnitudo minore.

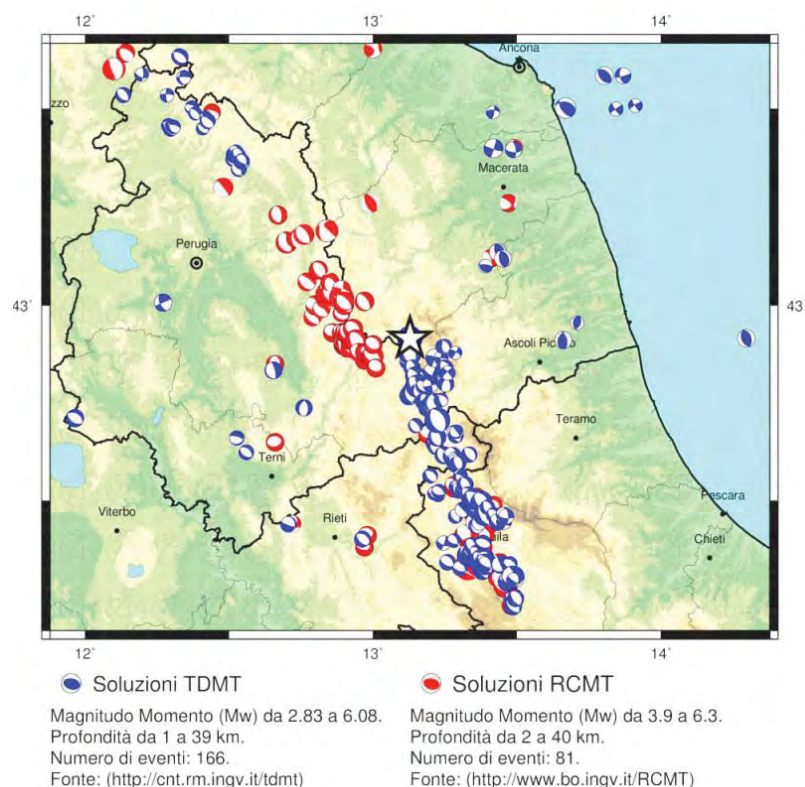
La zona attivata il 26/10/2016 alle ore 21:18 è risultata adiacente a quella attiva nelle settimane precedenti, estendendo l'area attiva dalla zona di Visso verso nord di circa 10 km, fino al centro di Pieve Torina.

Si è trattato di una faglia normale (estensionale) con piani di faglia paralleli alla direzione della catena appenninica corrispondente alla probabile attivazione di una nuova struttura, contigua con quella del 24 agosto 2016.

Le profondità ipocentrali calcolate dalla sala sismica INGV sono intorno a 8 km, mentre la posizione del centroide del TDMT è intorno ai 5 km.

La zona di Norcia e Visso è stata interessata in passato da forti terremoti, in particolare da terremoti di magnitudo stimata superiore a 6, come quello del 1328.

L'area interessata è adiacente a quella attiva nel 1997 (Colfiorito) che nella sua estensione meridionale aveva interessato Preci e Sellano. Di seguito la mappa dei meccanismi focali ricavati dai tensori momento sismico.



Tratto dalla *"Relazione di dettaglio: Macerata Mw 5.9 del 2016-10-26 19:18:05 UTC; versione del 2016-10-26 ore 22:42:54 UTC. INGV"*. 86.3

Microzonazione sismica

La Microzonazione Sismica costituisce un valido e ormai riconosciuto strumento per analizzare la pericolosità sismica locale applicabile alla pianificazione urbanistica, territoriale e per l'emergenza.

Ai fini pianificatori è fondamentale identificare qualitativamente e/o quantitativamente gli effetti di amplificazione del moto sismico e di instabilità attraverso una serie di azioni che, partendo dai risultati delle analisi di pericolosità sismica di base, analizzino i caratteri sismici (terremoto di riferimento), i caratteri geologici (eterogeneità dei terreni, sia in senso orizzontale sia verticale), geomorfologici (variazioni morfologiche superficiali e sepolte) e geologico-tecnici del sito (instabilità, variazioni spaziali delle caratteristiche tecniche, comportamento non lineare e dissipativo dei terreni).

La microzonazione sismica (MS) è definita come la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo. In sostanza la MS individua e caratterizza le zone di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità a causa di deformazioni permanenti.

Per il comune di Bolognola attualmente sono stati pubblicati e validati gli studi di MS sia di livello 1 che di livello 3 di cui il secondo elaborato dallo scrivente.

L'area della seggiovia però non si inserisce nelle perimetrazioni di questi studi.

8.3 Pericolosità sismica di base

Con l'entrata in vigore già del D.M. 14.01.2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più con il criterio "zona dipendente".

Pertanto la stima dei parametri spettrali per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento.

L'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito, che rappresenta l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

La Pericolosità sismica di base di un generico sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (Periodo di riferimento T_r , espresso in anni), nel sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato (Probabilità di eccedenza P_{vr}).

I valori di pericolosità sismica sono espressi in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (Categoria A), con superficie topografica orizzontale (Categoria T1);
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{vr} nel periodo di riferimento T_r .

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{vr} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno
- F_o = 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.

Per un generico sito, la stima della pericolosità sismica di base su reticolo di riferimento di 10.751 nodi nell'intervallo di riferimento viene fornita dal Dipartimento della Protezione Civile e dal Consiglio Superiore dei LL.PP. sulla base dei dati forniti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Per il sito in esame (centroide area) i valori dei parametri a_g , F_o e T_c^* e gli spettri di risposta elastici in funzione del periodo di ritorno T_R sono indicati nelle Figg. A e B (da programma SPETTRI-NTC, Versione 1.0.3, Ministero Superiore dei Lavori Pubblici).

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 13.24716 LATITUDINE: 42.98448

☐ Ricerca per provincia REGIONE: Marche PROVINCIA: Macerata COMUNE: Bolognola

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:
☐ Sito esterno al reticolo
☒ Interpolazione su 3 nodi
☐ Interpolazione costante

Interpolazione: superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

VALORI DEI PARAMETRI a_g , F_o , T_c PER I PERIODI DI RITORNO T_R DI RIFERIMENTO

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0.066	2.445	0.276
50	0.082	2.444	0.289
72	0.096	2.434	0.296
101	0.110	2.438	0.307
140	0.125	2.456	0.314
201	0.144	2.468	0.322
475	0.196	2.538	0.334
975	0.252	2.567	0.347
2475	0.343	2.570	0.365

Fig. A

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento

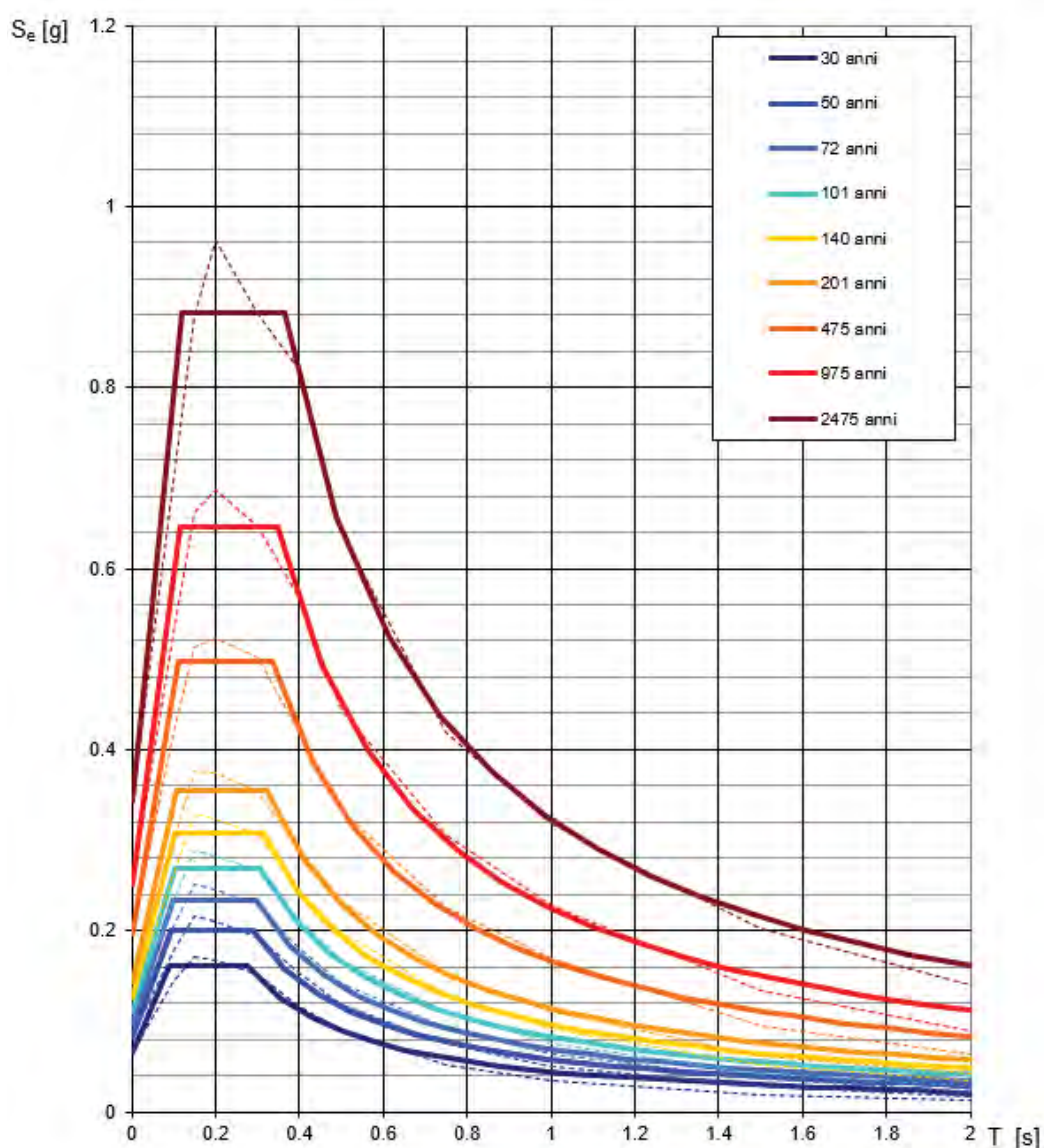


Fig. B

L'azione sismica così individuata in condizioni ideali per un determinato sito varia in funzione della Risposta Sismica Locale (RSL) che tiene conto delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite dal segnale sismico, trasmettendosi dal substrato rigido alla superficie, e prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche e dalla morfologia del sito.

8.4 Calcolo dei parametri sismici

Per il calcolo dei parametri sismici si è proceduto con uno studio distinto in appendice, ove si tratterà la risposta sismica per ogni elemento dell'impianto secondo un approccio di tipo bidimensionale. Tale metodologia, contemplata nelle NTC2018, permette di valutare in modo quantitativo le effettive modifiche che il segnale sismico subisce nel percorso che compie partendo da un ipotetico punto di input sismico (Bedrock sismico) fino alla superficie (piano di campagna o piano di imposta delle fondazioni). Lo studio ha previsto una prima fase di analisi generale sulla pericolosità sismica di base in funzione della tipologia di struttura oggetto dell'intervento. Basandosi su dati forniti dai progettisti (Classe d'uso & Vita nominale V_n - § 2.4 NTC2018) e sulla posizione geografica della struttura (in relazione alla mappa di pericolosità sismica di base fornita da INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>), sono stati definiti i parametri sismici di base $a_g - F_o - T^*c$. Sempre dalla mappa di pericolosità sismica di base fornita da INGV è stato possibile stimare la disaggregazione della pericolosità sismica valutando i relativi contributi di diverse sorgenti sismiche per diverse coppie Magnitudo – Distanza. La definizione di questi parametri ha permesso la selezione dei diversi set di accelerogrammi spettro compatibili rispetto ad uno spettro target (Cat. A – T1) per ogni stato limite di interesse.

Per la selezione e l'estrazione dei diversi set di accelerogrammi è stato utilizzato il software *REXELite*:

(http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet_31/#/data_and_services/tools/rexel).

Definiti i set di accelerogrammi da utilizzare come dato di input nelle simulazioni numeriche è stato realizzato il modello sismo stratigrafico basandosi sia su informazioni derivate da indagini geologiche e geofisiche realizzate ad hoc per il presente studio; altri dati (di archivio) sono stati utilizzati dallo scrivente sempre per la definizione generale del modello sismo stratigrafico 2D.

In sintesi lo studio di seguito sviluppato ha previsto la simulazione numerica di *RSL* per gli stati limite **SLO – SLD – SLV – SLC** di una struttura identificata come **Classe**

d'uso II - Vita nominale $V_n = 50$ anni. Lo studio è stato portato a termine seguendo il flusso di lavoro di qui di seguito riportato:

- 1 - Stima dell'accelerazione di base con approccio probabilistico (PSHA), stima dei dati di disaggregazione.
- 2 - Selezione degli accelerogrammi di input con il metodo della spettro compatibilità.
- 3 - Definizione del modello sismo stratigrafico.
- 5 - Analisi bidimensionale di *RSL* - in condizioni Lineari Equivalenti **LEQ**.
- 6 - Analisi dei risultati e confronto con gli spettri di normativa

9. ELEMENTI DI CRITICITA' E FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI

Dall'analisi di tutti gli elementi raccolti per l'area di studio relativa al tracciato della nuova seggiovia è possibile affermare quanto segue:

- ✓ il tracciato della nuova seggiovia come mostra la Carta Geologica in fig. 4 si posiziona completamente sulla formazione della Maiolica: si tratta di calcari micritici composti dai frammenti dei gusci calcarei di nanoplankton, con selce in noduli e liste, di colore variabile da rosato, grigio o nero. La formazione possiede tendenzialmente giacitura da franapoggio nella zona topograficamente più alta a suborizzontale in quella più bassa;
- ✓ il Tracciato della seggiovia si sviluppa tra le quote comprese tra circa 1528 e 1258 m s.l.m. ed ha una pendenza variabile tra 15 e 20° (media 17.5°);
- ✓ dalla consultazione del PAI dell'Autorità di Bacino delle Marche risulta che l'area non è inserita all'interno di zone definite come a rischio o a pericolosità da frana o valanga né a rischio idraulico;
- ✓ anche nell'inventario nazionale delle frane IFFI risulta che il sito di interesse è fuori da ogni perimetrazione;
- ✓ l'areale è sottoposto a Vincolo Idrogeologico (RD 3267/23);
- ✓ dal punto di vista idrogeologico affiorano litologie a medio-alto grado di permeabilità;
- ✓ la presenza di una sorgente effimera a quote più basse fa supporre l'esistenza di un acquifero sospeso, il cui livello di superficie freatica si trova a profondità maggiore di 100 m da p.c. (rispetto alla quota progettuale più bassa);
- ✓ il modello geologico tecnico e sismico determinato prevede la presenza di n° 3 unità litotecniche consistenti in:

- Materiale detritico/calcare intensamente fratturato
 - Calcare da poco a molto fratturato
 - Calcare compatto stratificato
- ✓ I volumi scavati per l'alloggio delle fondazioni potranno essere completamente utilizzati in sito per il rimodellamento generale. Andranno in merito ottemperate le disposizioni relative alle terre e rocce da scavo ai sensi del DPR n. 120/2017 o art. 185 comma 1 lettera c) D.Lgs. 152/06 ssmmii;
- ✓ durante le fasi di scavo i cumuli di materiali prodotti dovranno distribuirsi evitando insiemi concentrati e fornendo comunque agli stessi adeguati angoli di riposo in funzione delle pendenze di sito;
- ✓ anziché calcolare gli spettri semplificati, per tale lavoro verrà fornito uno studio di risposta sismica locale 2d in appendice 1, i cui risultati mettono in evidenza un'amplificazione del segnale sismico per bassi periodi (circa ≈ 0.1 s) dal terzo pilone fino al dodicesimo. Quanto detto è valido per tre dei quattro stati limite simulati (SLO, SLV, SLC). A termine di tale studio viene proposta una stima della categoria di sottosuolo semplificata facendo riferimento alle NTC2018, valutata tra la rispondenza grafica tra gli spettri calcolati e quelli di normativa. Il confronto, effettuato per periodi inferiori a 0.5 secondi, viene riportato mediante una tabella sinottica finale per i quattro stati limite.

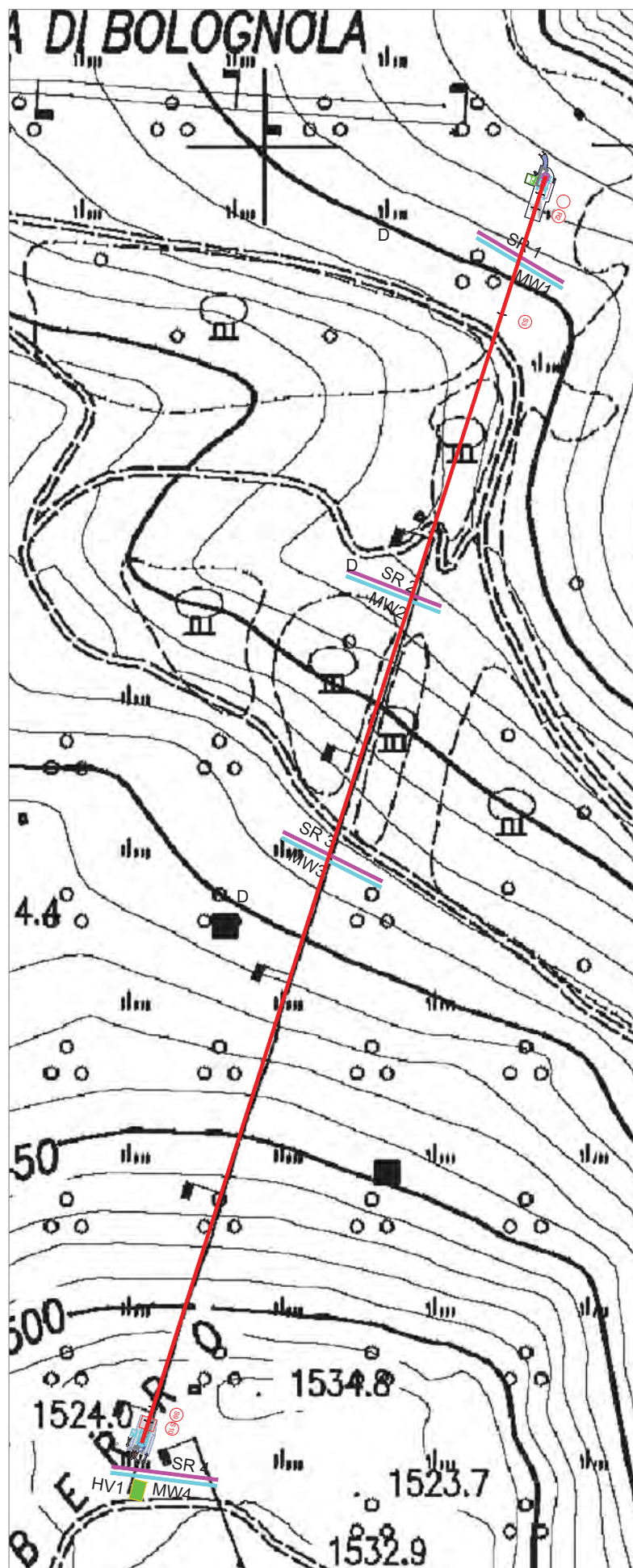
Le fondazioni dei piloni dovranno poggiare sempre sul terreno naturale in posto che presenta le caratteristiche fisico-meccaniche necessarie per ben sopportare le sollecitazioni. L'unità litotecnica 1 "detrito/calcareo fortemente alterato" non potrà **MAI** essere utilizzata come base per la fondazione, mentre l'unità 2 "calcare da poco a fortemente alterato" potrà essere utilizzata come base per la fondazione.

Si prescrive in ogni caso la verifica del geologo a scavi aperti per accertare il raggiungimento dello strato litologico corretto.

REALIZZAZIONE DI UNA SEGGIOVIA QUADRIPOSTO AD AMMORSAMENTO
PERMANENTE DEI VEICOLI

Località Pintura - Comune di Bolognola (MC)

PLANIMETRIA UBICATIVA DELLE INDAGINI



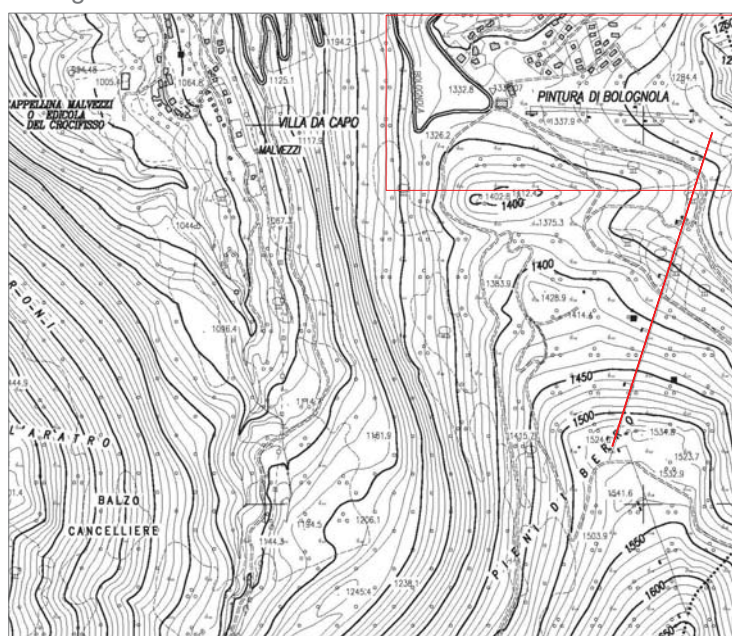
LEGENDA

- Stese di sismica a rifrazione (D = tiro diretto)
- Stese M.A.S.W.
- Acquisizione di rumore ambientale a stazione singola (HVSR)
- Seggiovia quadriposto (da realizzare) e traccia di sezione
- S2 Sondaggio geognostico a c.c. (pregressi)

Ubicazione indagini geognostiche pregresse (2019) 1:5.000



Corografia dell'area 1:10.000



REGIONE MARCHE
COMUNE DI BOLOGNOLA (MC)

REALIZZAZIONE DI UNA SEGGIOVIA
QUADRIPOSTO AD AMMORSAMENTO
PERMANENTE DEI VEICOLI IN LOCALITÀ
PINTURA DI BOLOGNOLA



Tav. 2: SEZIONI GEOLOGICO TECNICHE

Il committente:
Comune di Bolognola

Il Geologo:
Dott. Geol. Leonardo Nolasco

A.S.A. Acqua Suolo Ambiente
via F.lli Rossini, 20 - 00199 Roma - Tel. 06/50104879 - E-mail: info@assasua.com

Data:
agosto 2021

Strumenti Normalizzati
NTC 2018
RD 326723

LEGENDA

Unità A: Detrito di versante, roccia intensamente fratturata e/o soggetta a fenomeni esogeni (carsismo e criodolastismo perlopiù).
 $477.2 < V_p(m/sec) < 724.91$
Parametri geotecnici Nominali:
 $\gamma_{nat} (KN/mc) = 20$ $\phi = 32^\circ$
Parametri geotecnici Caratteristici:
 $\gamma_{nat} (KN/mc) = 20$ $\phi_{pk} = 30^\circ$

Unità B: Calcare micritico tipo "mudstone" di colore biancastro, da poco fratturato a intensamente fratturato.
 $1152.15 < V_p(m/sec) < 2156.85$
Parametri geotecnici Nominali:
 $\gamma_{nat} (KN/mc) = 24$ σ_c (resist. comp. mon.) = 26 MPa
Parametri geotecnici Caratteristici:
 $\gamma_{nat} (KN/mc) = 24$ σ_{ck} (resist. comp. mon.) = 24.3 MPa

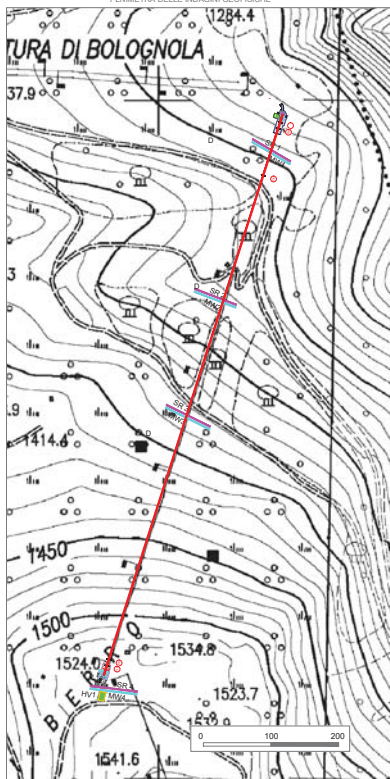
Unità C: Calcare micritico tipo "mudstone" di colore biancastro, da molto fratturato verso la superficie a compatto e stratificato in profondità.
Rappresenta il bedrock sismico, con $V_s > 800$ m/sec.
Parametri geotecnici Nominali:
 $\gamma_{nat} (KN/mc) = 25$ σ_c (resist. comp. mon.) = 32.13 MPa
Parametri geotecnici Caratteristici:
 $\gamma_{nat} (KN/mc) = 25$ σ_{ck} (resist. comp. mon.) = 30 MPa

Sismostratigrafia Vs da risultati MASW (m/sec)

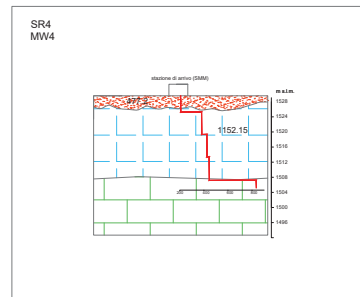
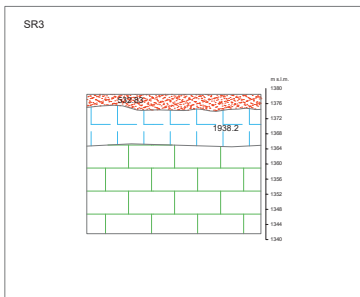
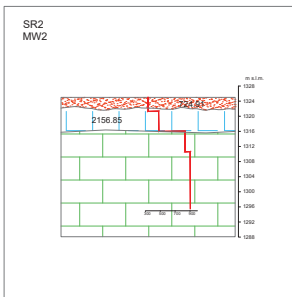
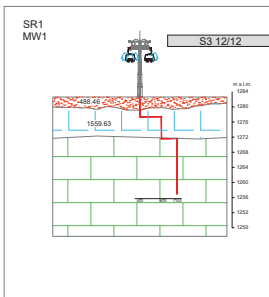
1559.63 Velocità onde P (m/sec)

NTC 2018:
Categoria topografica "T2"
Categoria suolo sismico: eseguito studio di RSL 2d.

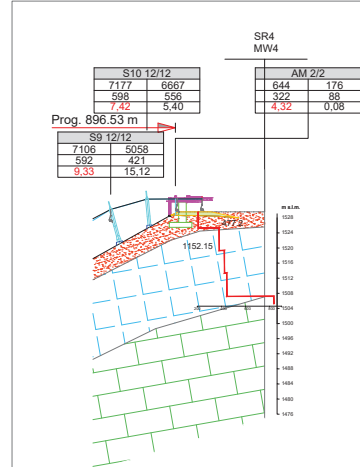
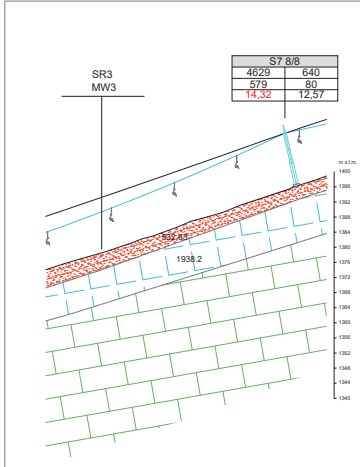
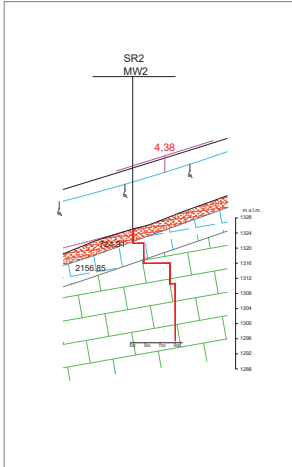
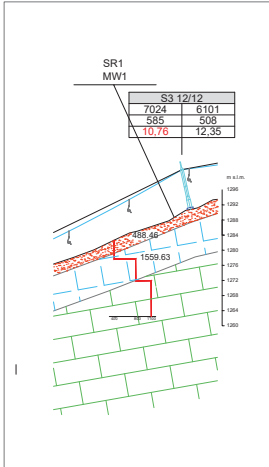
PLANIMETRIA DELLE INDAGINI GEOFISICHE



SEZIONI GEOLOGICO TECNICHE E GEOFISICHE ORTOGONALI ALLA LINEA



SEZIONI GEOLOGICO TECNICHE E LUNGO IL TRACCIATO (PARTICOLARI)



NNE

m s.l.m.

1525
1500
1475
1450
1425
1400
1375
1350
1325
1300
1275
1250



SR2 MW2

SR3 MW3

SR4 MW4

SSW

PENDENZA MEDIA = 17.7 °

0	Quinta Tecnica
1	Disegno Esigete
2	Progetto Incisione

ALLEGATO 1

Indagini e documentazione fotografica

REPORT D'INDAGINE



GEOTECA S.R.L.S

INDAGINI E SERVIZI PER LA GEOLOGIA E L'INGEGNERIA

VIA DEGLI ARAGONESI, 7 - L'AQUILA(AQ)

MOBILE: +39.328.84.62.942

E-MAIL: GEOTECASRL@GMAIL.COM;

PEC: GEOTECASRLS@LEGALMAIL.IT

SOMMARIO

1 Premessa	pag. 3/39
2 Progetto della campagna di indagini geofisiche	pag. 4/39
3 Indagini geofisiche	pag. 5/39
3.1 Generalità sulle tecniche di indagine utilizzate	pag. 5/39
3.1.1 Misure attive multicanale - Rifrazione	pag. 5/39
3.1.2 Misure attive multicanale - MASW	pag. 6/39
3.1.3 Misure passive a stazione singola - HVSR	pag. 7/39
3.2 Informazioni geografiche delle indagini effettuate	pag. 8/39
4 Risultati	pag. 8/39
4.1 Risultati delle prove eseguite	pag. 8/39
4.1.1 Prova - Rifrazione ID: SR01	pag. 9/39
4.1.2 Prova - Rifrazione ID: SR02	pag. 13/39
4.1.3 Prova - Rifrazione ID: SR03	pag. 17/39
4.1.4 Prova - Rifrazione ID: SR04	pag. 21/39
4.1.5 Prova - MASW ID: MW01	pag. 25/39
4.1.6 Prova - MASW ID: MW02	pag. 28/39
4.1.7 Prova - MASW ID: MW03	pag. 31/39
4.1.8 Prova - MASW ID: MW04	pag. 34/39
4.1.9 Prova - HVSR ID: HV01	pag. 37/39
5 Considerazione conclusive	pag. 39/39

1 PREMESSA

Con Determina del Settore Tecnico n. 175 del Comune di Bolognola, comunicato a mezzo pec in data 19/04/2021 Prot. N.1952, e' stata eseguita un'indagine geologica propedeutica al progetto di realizzazione di una seggiovia quadriposto ad ammassamento fisso in localita' "Pintura" di Bolognola.

Le indagini sono consistite in:

- n.4 prove geofisiche tipo Rifrazione;
- n.4 prove geofisiche tipo MASW;
- n.1 misure di sismica passiva o microtremore HVSr;

2 PROGETTO DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI GEOFISICHE

Il Progetto della campagna di indagini geofisiche è stato predisposto dai Progettisti, nell'ambito della dello studio. Il progetto prevede l'esecuzione di indagini geofisiche attive e passive del tipo Rifrazione, MASW e misure di rumore ambientale a stazione singola HVSR. In particolare, il progetto prevede n° 4 indagini del tipo Rifrazione, n°4 indagine tipo MASW e n°1 misure di rumore ambientale a stazione singola elaborate con tecnica HVSR. La logistica dei luoghi di saggio ha permesso la messa in esercizio di uno stendimento geofonico su una traccia pianeggiante per una lunghezza (geofoni + energizzazioni) totale pari a 66 metri. I terreni naturali hanno permesso un non ottimale accoppiamento geofono/terreno per la presenza di regolite in superficie e/o manto erboso eccessivamente soffice. Per le prove passive a stazione singola si è provveduto a realizzare un piccolo pre scavo manuale sempre nell'ottica di ottimizzare l'accoppiamento sensori/terreno.

Si riportano di seguito (Tabella 1) i dati di sintesi delle prove realizzate con i relativi codici identificativi, utili per l'individuazione univoca delle indagini all'interno del presente documento.

Tabella 1

<i>Tipologia indagine</i>	<i>Codice</i>	<i>Ubicazione relativa</i>	<i>Analisi</i>
Rifrazione (SR)	SR01	Parte bassa	GRM
Rifrazione (SR)	SR02	Medio bassa	GRM
Rifrazione (SR)	SR03	Madia	GRM
Rifrazione (SR)	SR04	Parte alta	GRM
MASW (MW)	MW01	Parte bassa	Inversione onde Rayleigh
MASW (MW)	MW02	Medio bassa	Inversione onde Rayleigh
MASW (MW)	MW03	Media	Inversione onde Rayleigh
MASW (MW)	MW04	Parte alta	Inversione onde Rayleigh
HVSR (HV)	HV01	Parte alta	Curva H/V

3 INDAGINI GEOFISICHE

3.1 Generalità sulle tecniche di indagine utilizzate

Nell'ambito del presente lavoro sono state eseguite indagini geofisiche attive e passive, in configurazione stazione singola HVSR e in array tipo MASW e Rifrazione. Di seguito vengono sinteticamente esposte le principali caratteristiche delle tecniche di indagine e le strumentazioni da campo utilizzate.

3.1.1 Misure attive multicanale - Rifrazione

La tecnica Rifrazione (Cerveny et al., 1972) è utilizzata per ricostruire profili di velocità di propa-gazione delle onde sismiche con la profondità sfruttando principalmente le leggi trigonometriche del principio di Huygens. La tecnica si basa sulla modalità di propagazione delle onde di volume sia P che Sh. Approssimando onde sferiche ad onde piane il percorso di un'onda viene ricondotto al suo raggio sismico; la modalità con cui la traiettoria del raggio sismico viene modificata fornisce indicazioni riguardo le variazioni di rigidità dei terreni. Il fenomeno della Rifrazione si determina nell'interfaccia di contatto tra due terreni (mezzi elastici) caratterizzati da diversa rigidità; il raggio sismico percorre il tragitto punto di energizzazione - geofono seguendo il percorso che garantisce la minimizzazione del tempo. Riportando i tempi di arrivo dei raggi rifratti ai vari geofoni, per tutte le differenti energizzazioni, si costruiscono i diagrammi tempi - distanze e le relative dromocrone. L'interpretazione delle variazioni di pendenza delle dromocrone permette di identificare le interfacce di rigidità presenti nei terreni.

Nell'ambito del presente lavoro sono state realizzate n°4 indagini Rifrazione, utilizzando un set di geofoni verticali è stato possibile misurare in modo diretto i ritardi degli arrivi ai vari geofoni delle onde P relativamente ai diversi punti di energizzazione. La sorgente per le onde P consiste in una piastra di metallo poggiate nel terreno, l'energizzazione è stata effettuata tramite massa battente (martello da 8 kg di peso).

Per le prove Rifrazione è stato utilizzato un sismografo PASI GEA24 a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: A/D Conversion: 24 bit; Dynamic Range: 144 dB; Distortion: 0.007% @16kHz;; Sample Interval: up to 125 microsec @24 ch; Record Length: 27500 sample @24ch; Preamp. gain: 0/52 dB; Input impedance: 2MOhm //22nf; Filters: Low Pass - 125-200-500-1000 Hz / High Pass - 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400 Hz.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni "PASI" verticali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica pari a 4.5 Hz, con smorzamento pari al 70 %. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

3.1.2 Misure attive multicanale - MASW

La tecnica MASW (Park et al., 1999) è ormai comunemente utilizzata per misurare la velocità delle onde di Rayleigh v_R e conseguentemente, tramite tecniche di inversione (Socco et al. 2010) della curva di dispersione ($v_R - f$), per ottenere il profilo delle velocità delle onde di taglio v_s con la profondità. La tecnica sfrutta le onde di superficie in un *range* di frequenze che varia nell'intervallo 1÷50 Hz, esplorando profondità limitate a qualche decina di metri, in funzione della geometria della stessa geofonica e delle proprietà dei materiali attraversati. I fondamenti teorici del metodo MASW assumono un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità è rappresentata da siti con morfologia superficiale complessa e/o stratigrafie non piano parallele.

Per le prove MASW è stato utilizzato un sismografo PASI GEA24 a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: A/D Conversion: 24 bit; Dynamic Range: 144 dB; Distortion: 0.007% @16kHz;; Sample Interval: up to 125 microsec @24 ch; Record Length: 27500 sample @24ch; Preamp. gain: 0/52 dB; Input impedance: 2MOhm //22nf; Filters: Low Pass - 125-200-500-1000 Hz / High Pass - 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400 Hz.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni "PASI" verticali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica pari a 4.5 Hz, con smorzamento pari al 70 %. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

3.1.3 Misure passive a stazione singola - HVSR

La tecnica HVSR (Nakamura, 1989,1996,2000 - Mucciarelli et al., 2001) è un metodo passivo che sfrutta il rumore ambientale ma, a differenza degli altri metodi prima descritti, richiede l'acquisizione delle tre componenti principali del movimento del terreno (Nord/Sud - Est/Ovest -Up/Down) tramite un geofono triassiale. La tecnica prevede il calcolo del rapporto tra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali H (Nord/Sud - Est/Ovest) su quelle verticali V (Up/Down); tale rapporto, espresso in funzione della frequenza $f(\text{Hz})$, è noto come curva HVSR o curva H/V. La principale peculiarità della tecnica è che permette di individuare i contrasti di impedenza sismica che sono responsabili dei fenomeni di risonanza (Kramer, 1996). In un determinato intervallo di frequenza (tipicamente $0.1 \div 30$ Hz) vengono identificati dei valori massimi, '*picchi*' della curva H/V, relazionabili alle frequenze naturali dei depositi. Il valore massimo della curva che risponde a determinati criteri (SESAME, 2004 - Albarello et al., 2011), è chiamato '*picco di risonanza*' ed individua la frequenza fondamentale di sito f_0 . Lo scopo principale dell'indagine è quello di definire una sorta di firma spettrale caratteristica dei terreni da cui poi derivare, tramite l'operazione di inversione, le caratteristiche geometriche e dinamiche dei terreni.

Per le prove HVSR è stato utilizzato un sismografo PASI GEA24 a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: A/D Conversion: 24 bit; Dynamic Range: 144 dB; Distortion: 0.007% @16kHz;; Sample Interval: up to 125 microsec @24 ch; Record Length: 27500 sample @24ch; Preamp. gain: 0/52 dB; Input impedance: 2M Ω //22nf; Filters: Low Pass - 125-200-500-1000 Hz / High Pass - 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400 Hz.

Per quel che riguarda il sensore triassiale da superficie, è stato utilizzato un geofono PASI 3 Component Geophone String con le seguenti caratteristiche: Natural frequency (Hz) F_n $2 \pm 10\%$; Sensitivity open circuit G(v/cm/s) $2 \pm 5\%$; Damping $0.7 \pm 10\%$; Sensitivity close circuit G(v/cm/s) $2 \pm 5\%$; Internal resistance R (k Ω) $5.8 \pm 10\%$; Insulate resistance R (M Ω) ≥ 10 . Il cavo di connessione tra sensore e sismografo è uno standard NK-27-27C.

3.2 Informazioni geografiche delle indagini effettuate

Nella tabella seguente sono riportate le informazioni relative all'ubicazione ed alla geometria delle indagini effettuate nell'ambito del presente lavoro. Per le indagini Rifrazione, MASW si riportano le coordinate del punto iniziale (a) e del punto finale (b) dello stendimento. Per le indagini HVSR una singola coppia di coordinate individua il punto di indagine. Le coordinate geografiche riportate in tabella sono nel sistema di riferimento WGS84 (EPSG: 4326).

Tabella 2

Codice	Punto iniziale		Punto finale	
	Lat°	Lon°	Lat°	Lon°
SR01	42.987797°	13.247513°	42.987500°	13.248201°
SR02	42.985634°	13.246901°	42.985433°	13.247658°
SR03	42.983830°	13.246412°	42.983552°	13.247210°
SR04	42.980467°	13.245375°	42.980404°	13.246223°
MW01	42.987797°	13.247513°	42.987500°	13.248201°
MW02	42.985634°	13.246901°	42.985433°	13.247658°
MW03	42.983830°	13.246412°	42.983552°	13.247210°
MW04	42.980467°	13.245375°	42.980404°	13.246223°
HV01	42.980387°	13.245602°		

4 RISULTATI

4.1 Premessa

Vengono qui di seguito riportati i risultati delle singole prove realizzate; per ogni indagine viene riportato il *report* di sintesi con la rappresentazione dei risultati e la documentazione fotografica della prova eseguita.

4.1.1 Prova - Rifrazione ID: SR01

Tabella 3: Documentazione fotografica - Rifrazione SR01

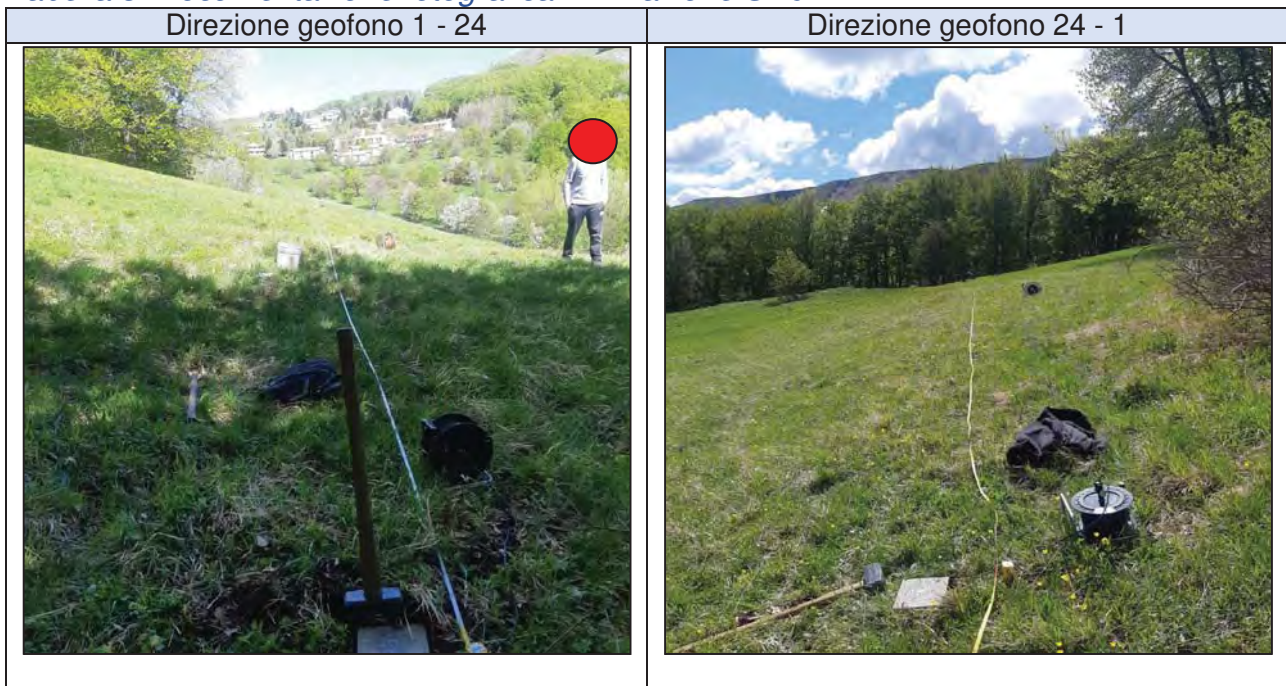


Tabella 4: Geometria - Rifrazione SR01

Geofono n°	Energizzazione n°	Progressiva (m)	Quota relativa (m)
	1	0	0
	2	9	0
1		10	0
2		12	0
3		14	0
4		16	0
5		18	0
6	3	20	0
7		22	0
8		24	0
9		26	0
10		28	0
11		30	0
12	4	32	0
13		34	0
14		36	0
15		38	0
16		40	0
17		42	0
18	5	44	0
19		46	0
20		48	0
21		50	0
22		52	0
23		54	0
24		56	0
	6	57	0
	7	66	0

Tabella 5: Tracce - Rifrazione SR01 - energizzazioni sinistre e centrale

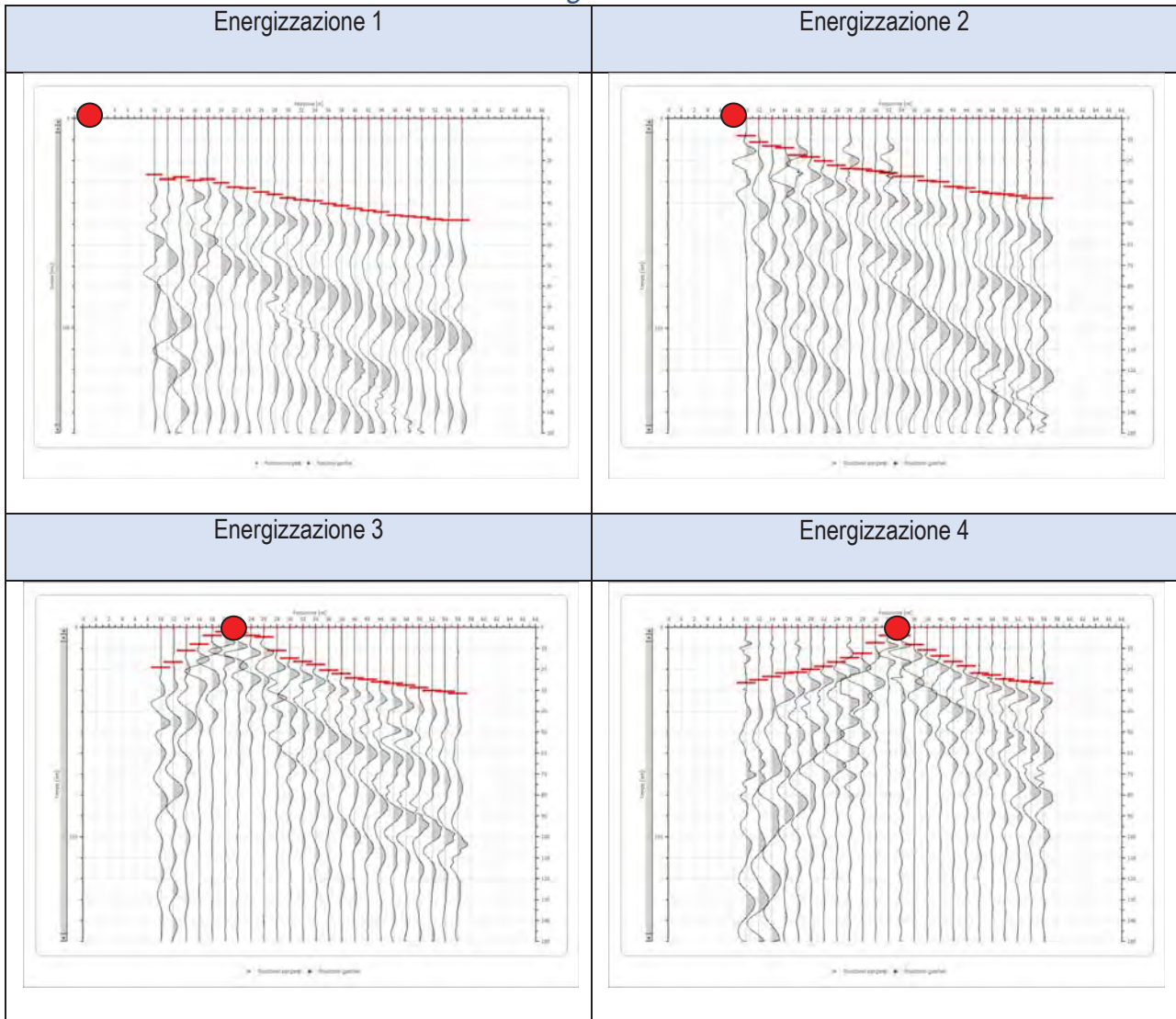


Tabella 6: Tracce - Rifrazione SR01 - energizzazioni destre

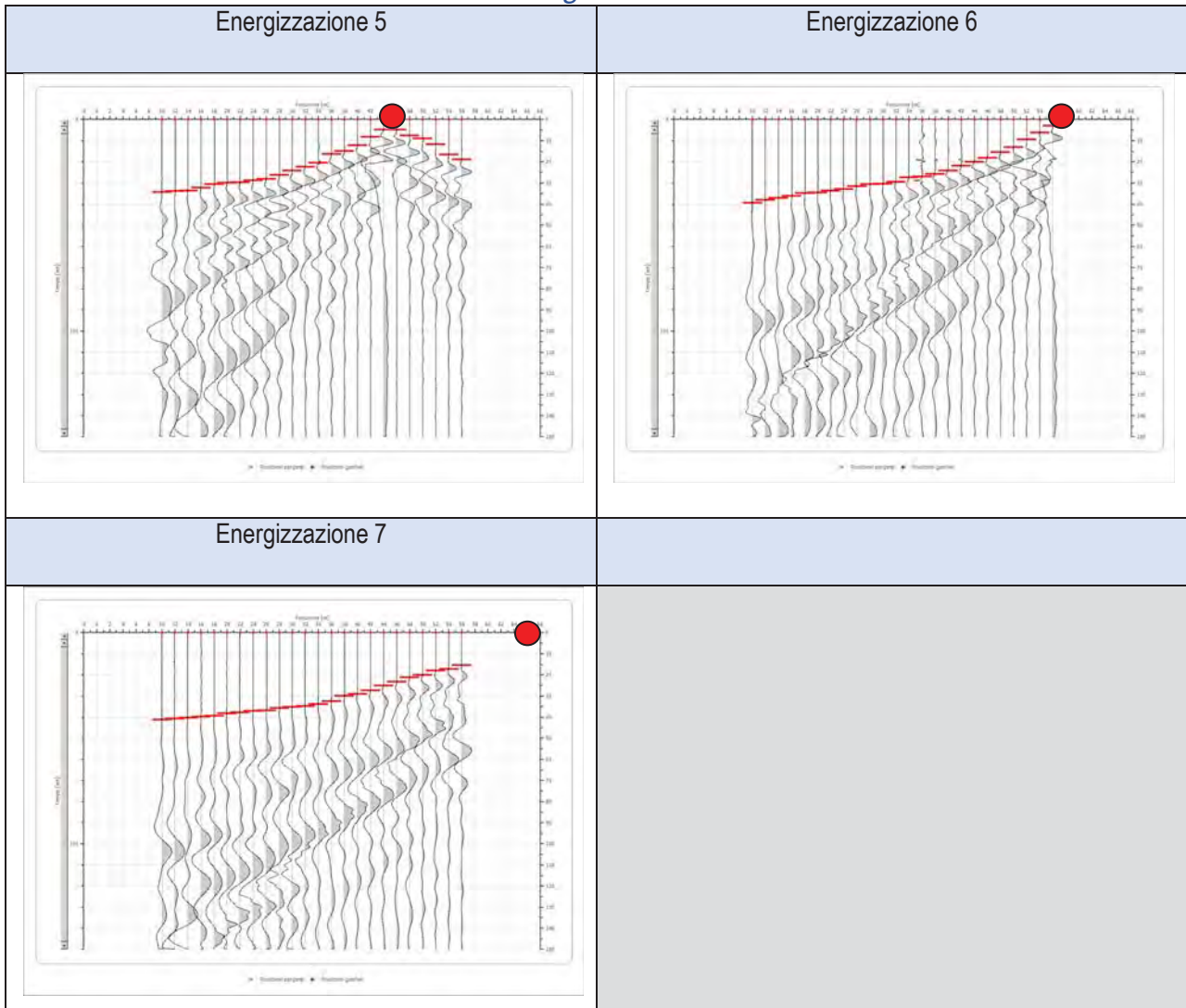
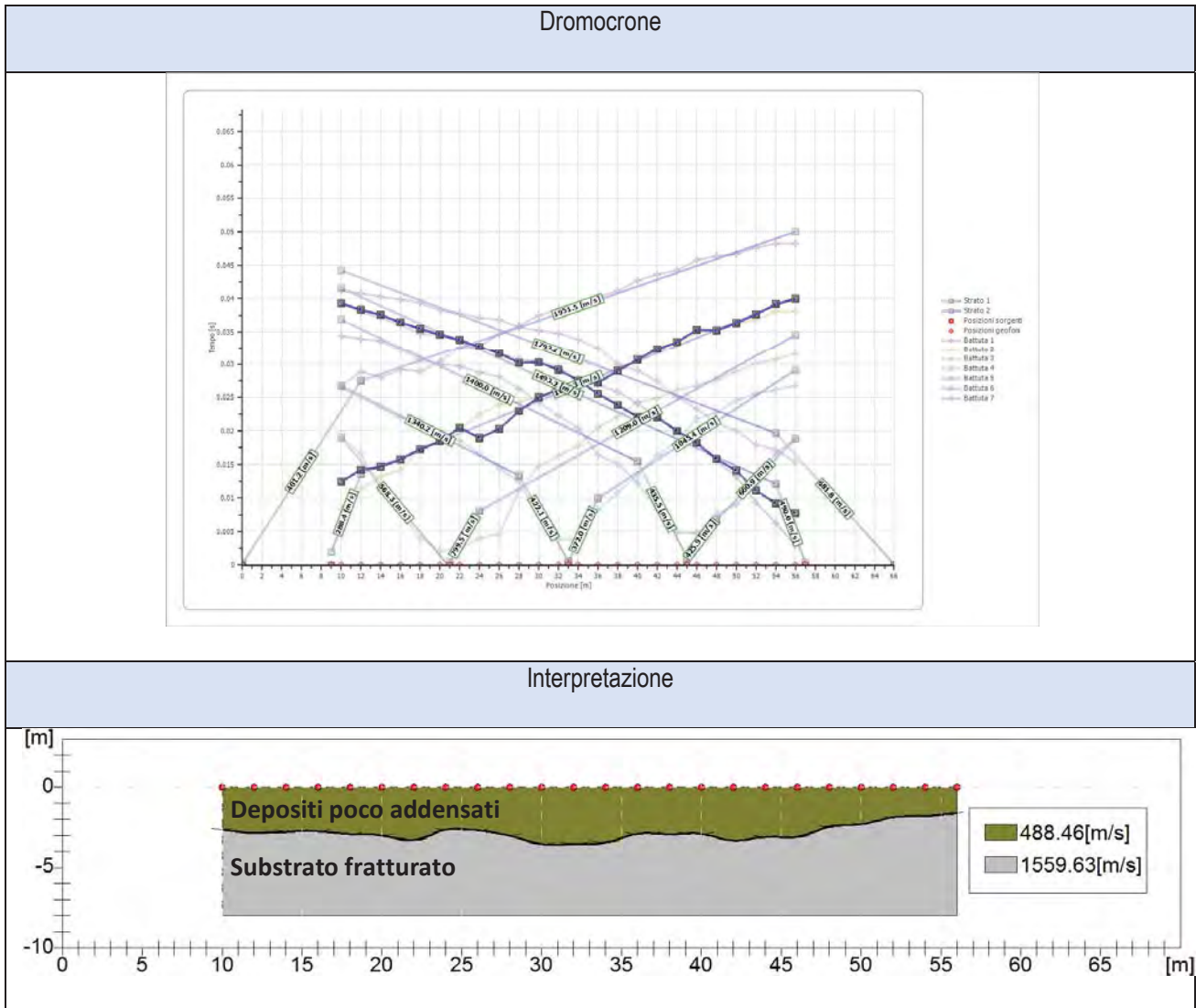


Tabella 7: Risultati - Rifrazione SR01



4.1.2 Prova - Rifrazione ID: SR02

Tabella 8: Documentazione fotografica - Rifrazione SR02

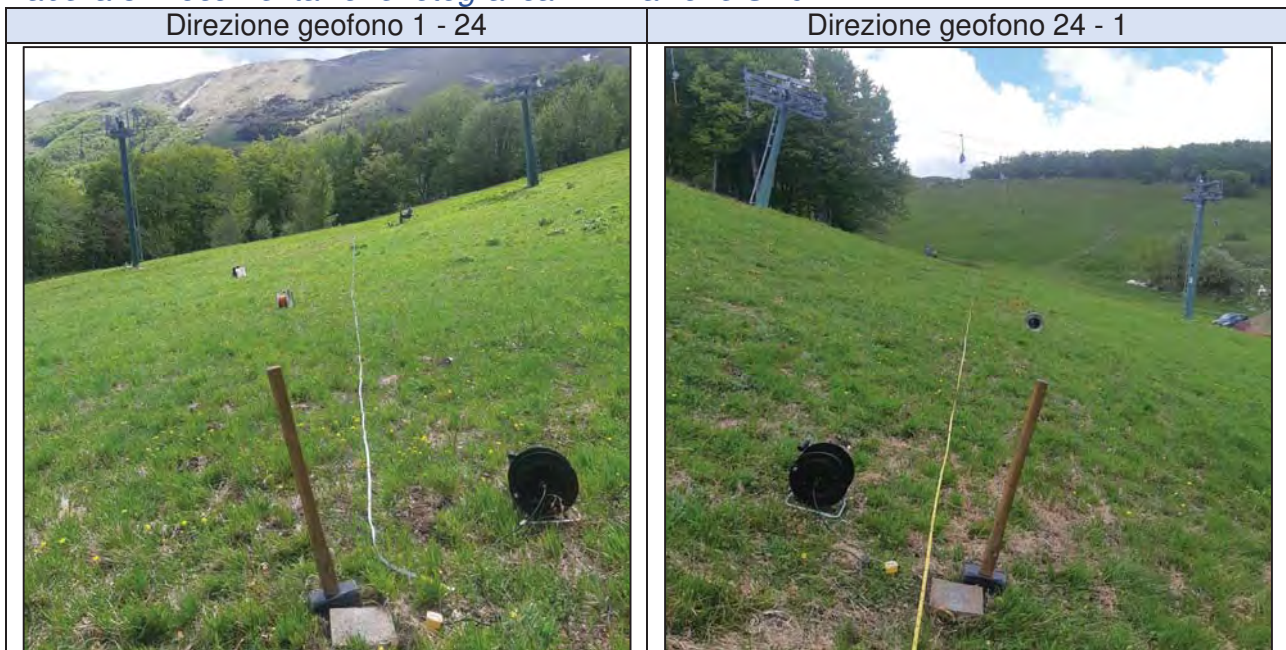


Tabella 9: Geometria - Rifrazione SR02

Geofono n°	Energizzazione n°	Progressiva (m)	Quota relativa (m)
	1	0	0
	2	9	0
1		10	0
2		12	0
3		14	0
4		16	0
5		18	0
6	3	20	0
7		22	0
8		24	0
9		26	0
10		28	0
11		30	0
12	4	32	0
13		34	0
14		36	0
15		38	0
16		40	0
17		42	0
18	5	44	0
19		46	0
20		48	0
21		50	0
22		52	0
23		54	0
24		56	0
	6	57	0
	7	66	0

Tabella 10: Tracce - Rifrazione SR02 - energizzazioni sinistre e centrale

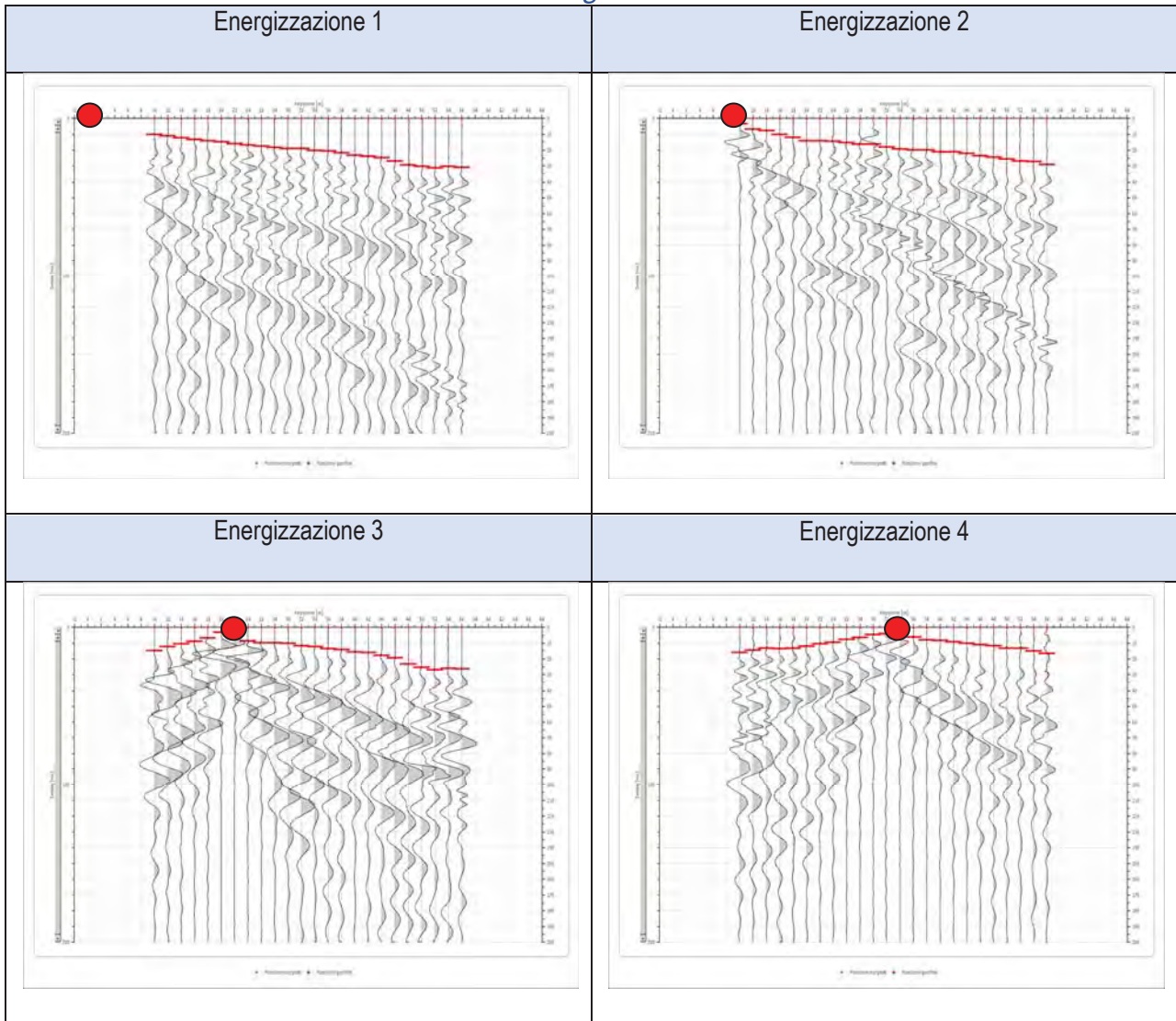


Tabella 11: Tracce - Rifrazione SR02 - energizzazioni destre

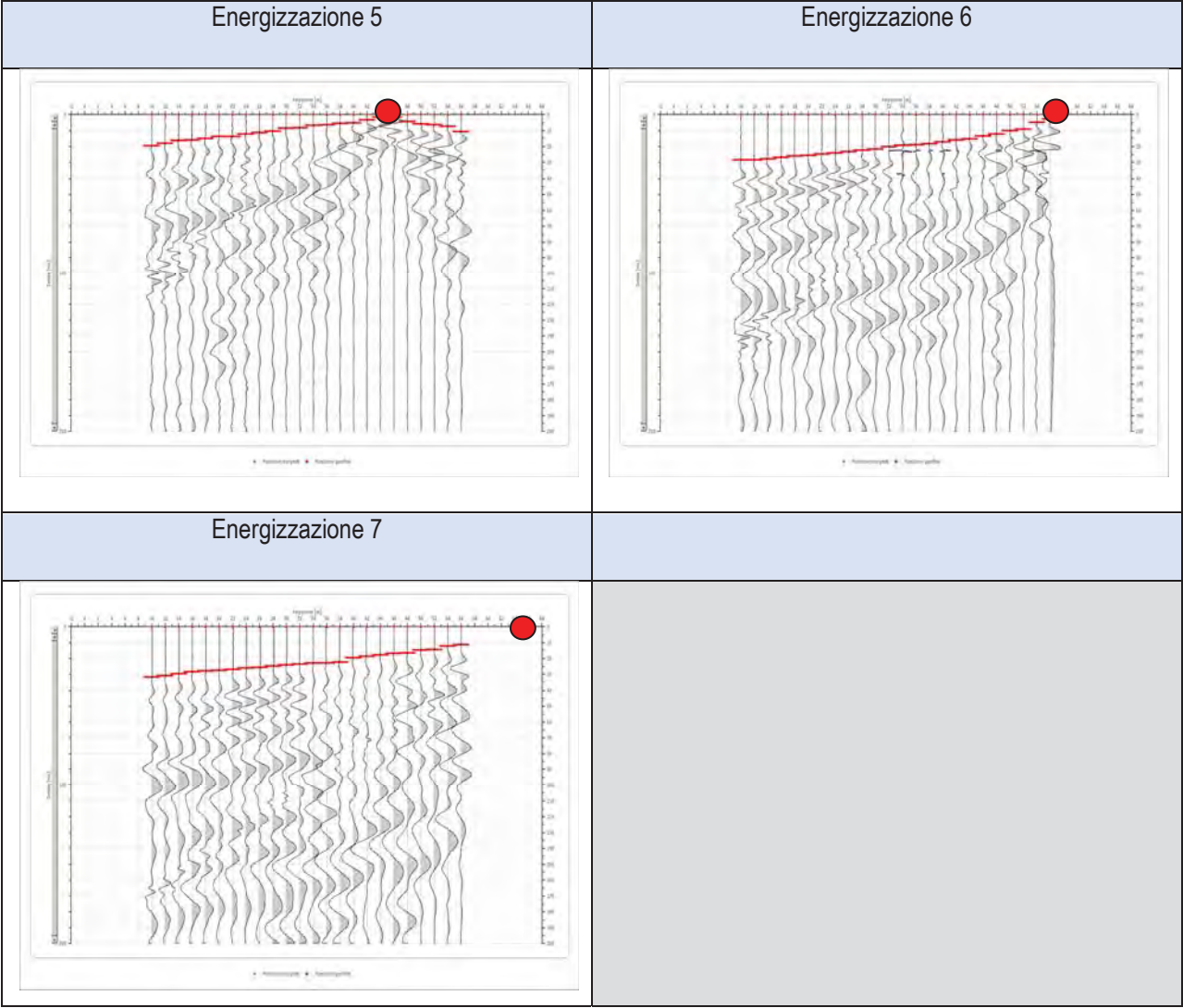
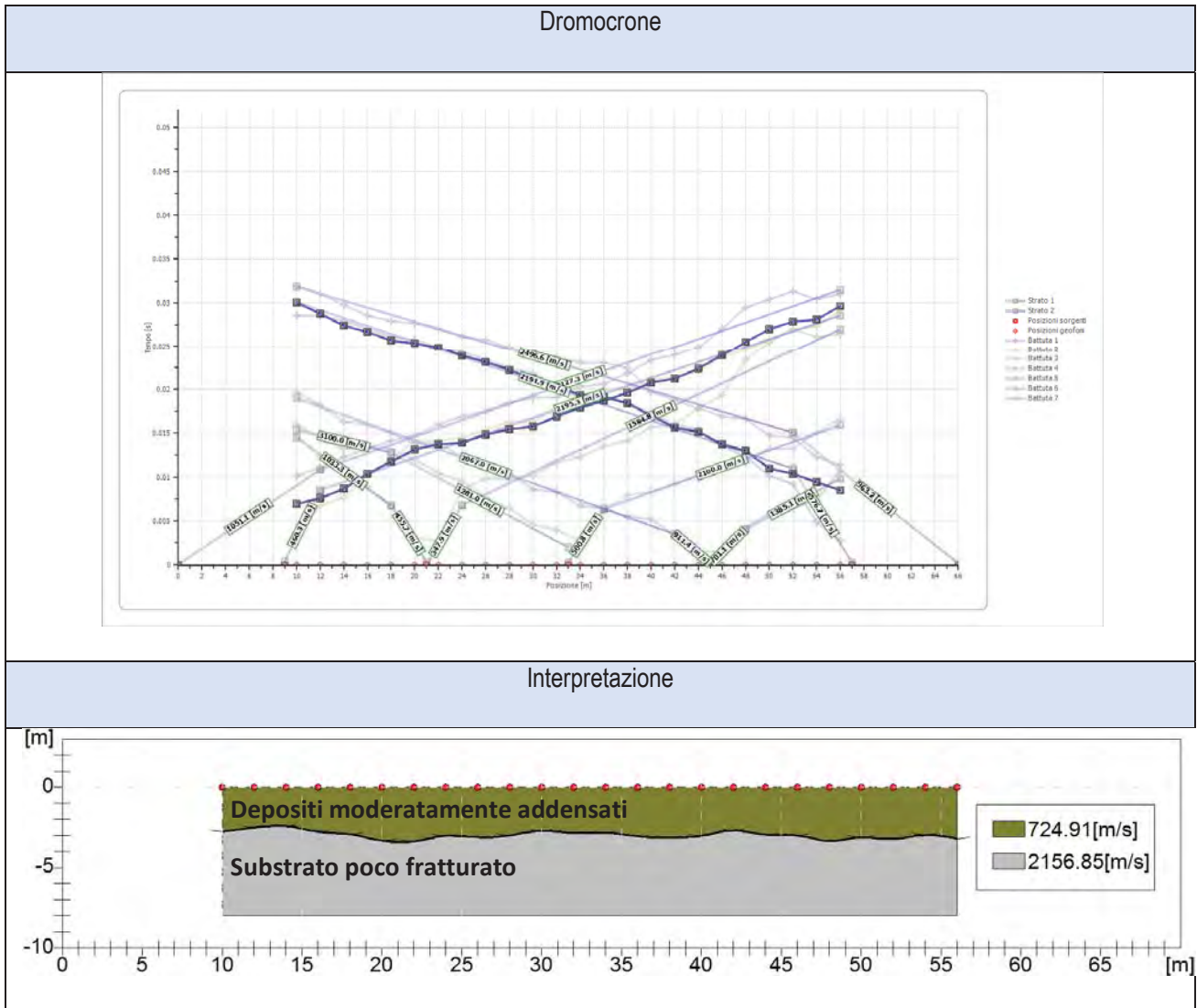


Tabella 12: Risultati - Rifrazione SR02



4.1.3 Prova - Rifrazione ID: SR03

Tabella 13: Documentazione fotografica - Rifrazione SR03

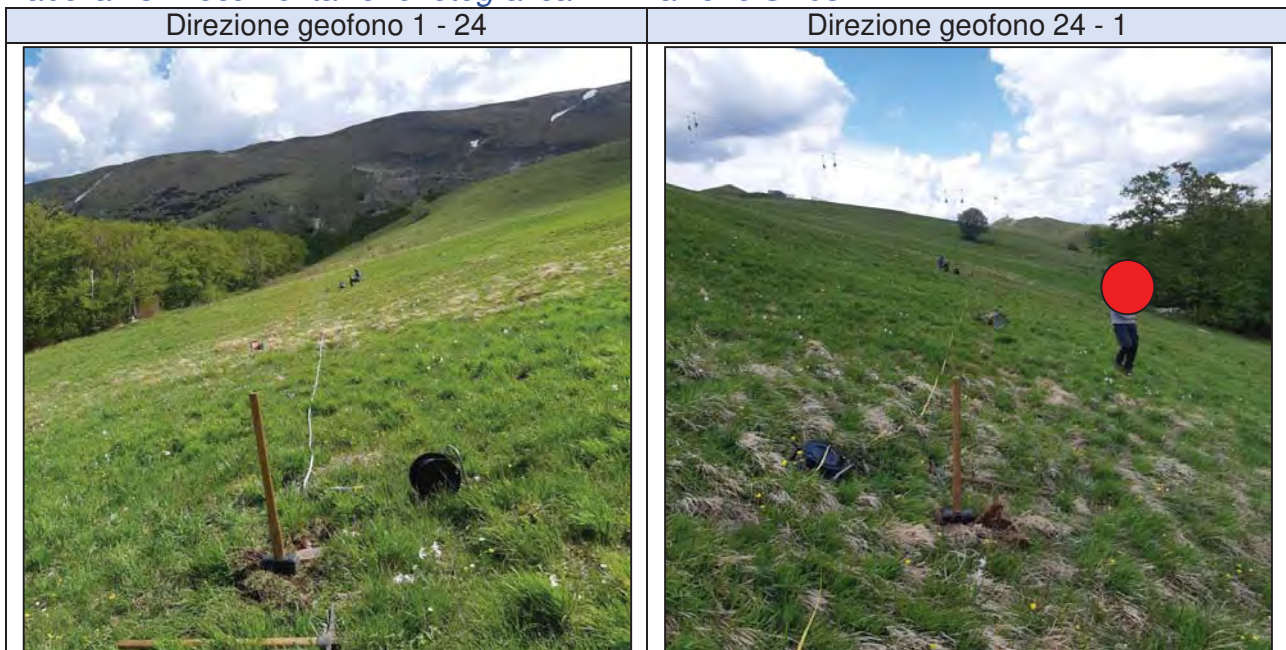


Tabella 14: Geometria - Rifrazione SR03

Geofono n°	Energizzazione n°	Progressiva (m)	Quota relativa (m)
	1	0	0
	2	9	0
1		10	0
2		12	0
3		14	0
4		16	0
5		18	0
6	3	20	0
7		22	0
8		24	0
9		26	0
10		28	0
11		30	0
12	4	32	0
13		34	0
14		36	0
15		38	0
16		40	0
17		42	0
18	5	44	0
19		46	0
20		48	0
21		50	0
22		52	0
23		54	0
24		56	0
	6	57	0
	7	66	0

Tabella 15: Tracce - Rifrazione SR03 - energizzazioni sinistre e centrale

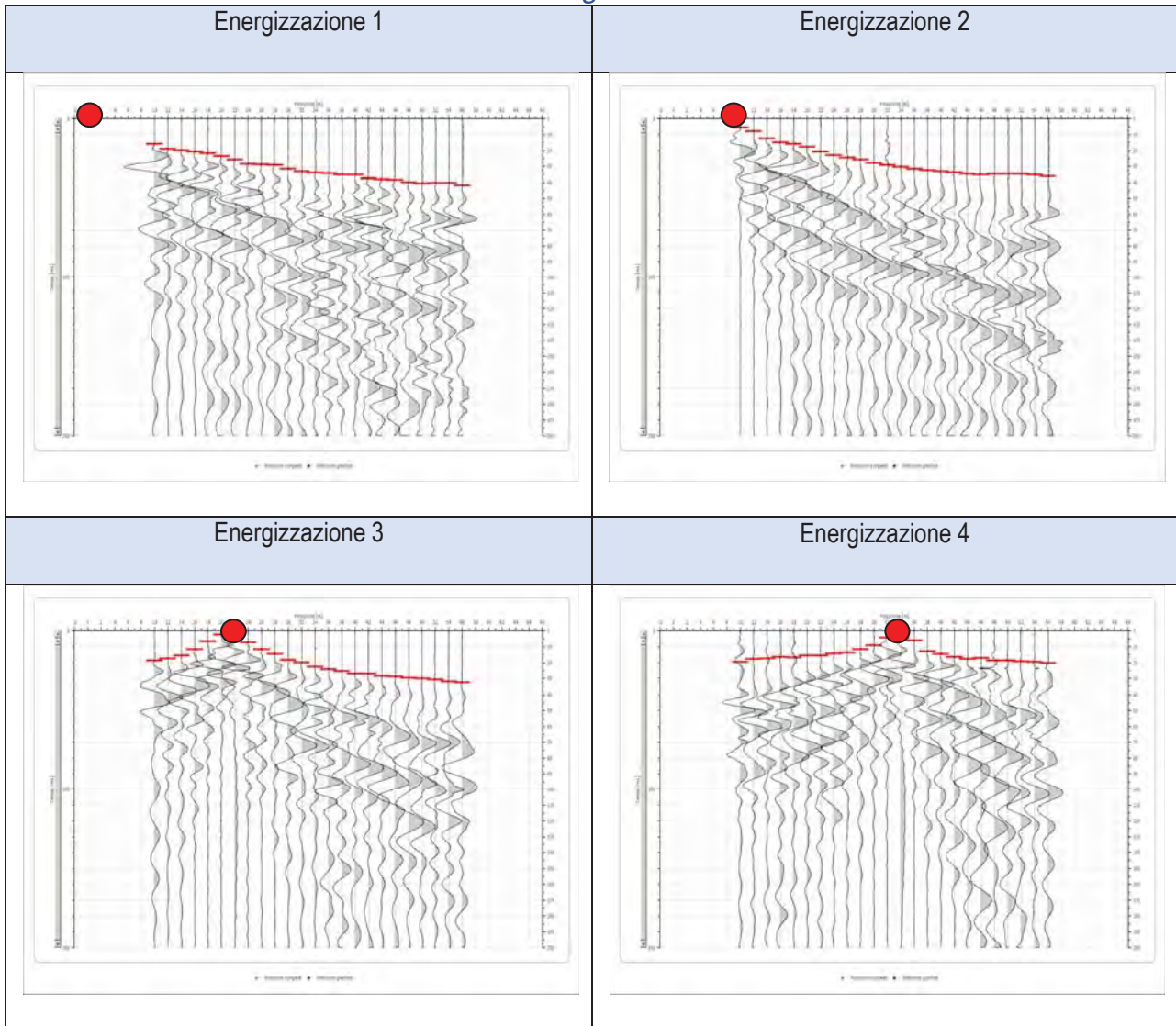


Tabella 16: Tracce - Rifrazione SR03 - energizzazioni destre

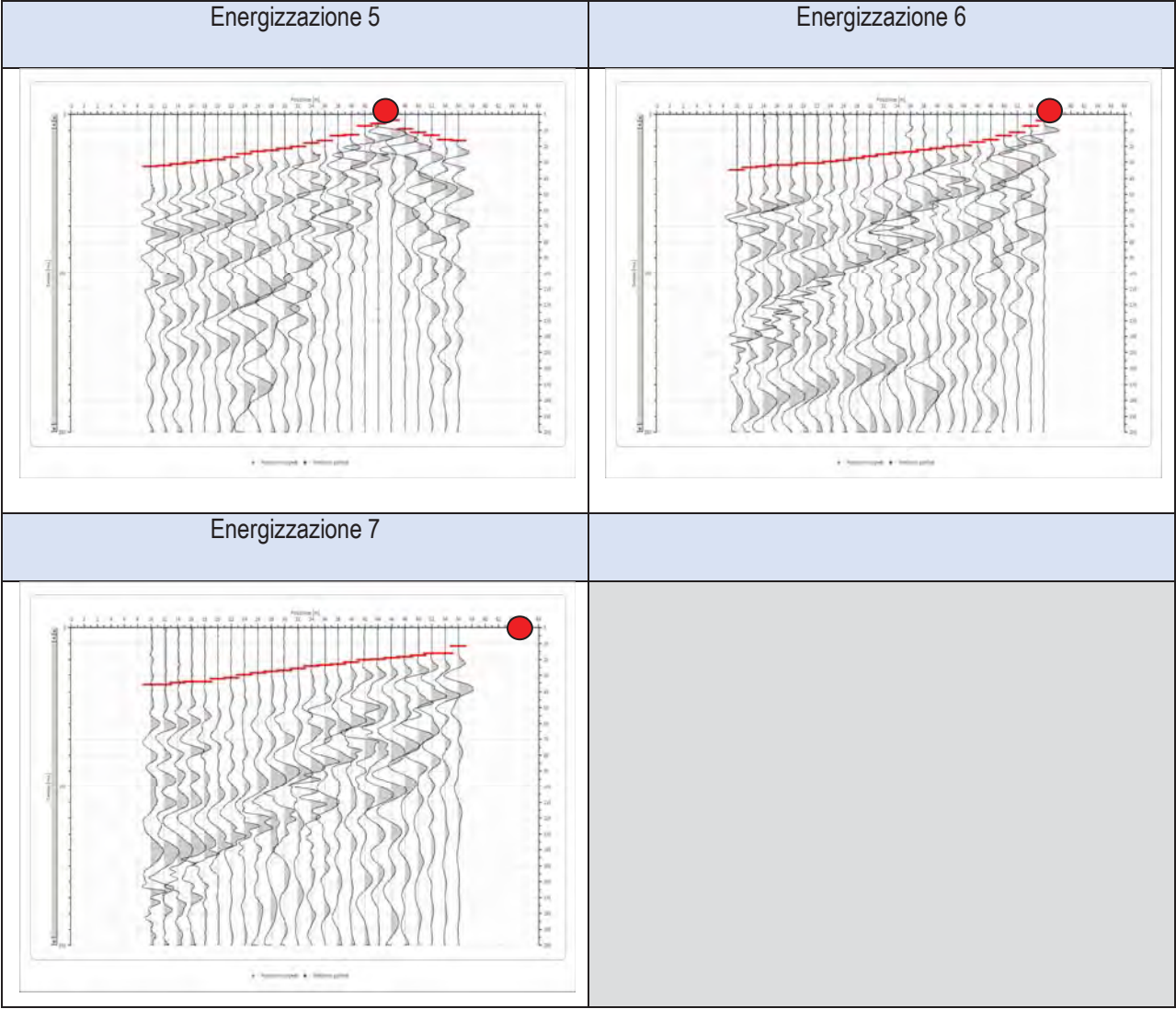
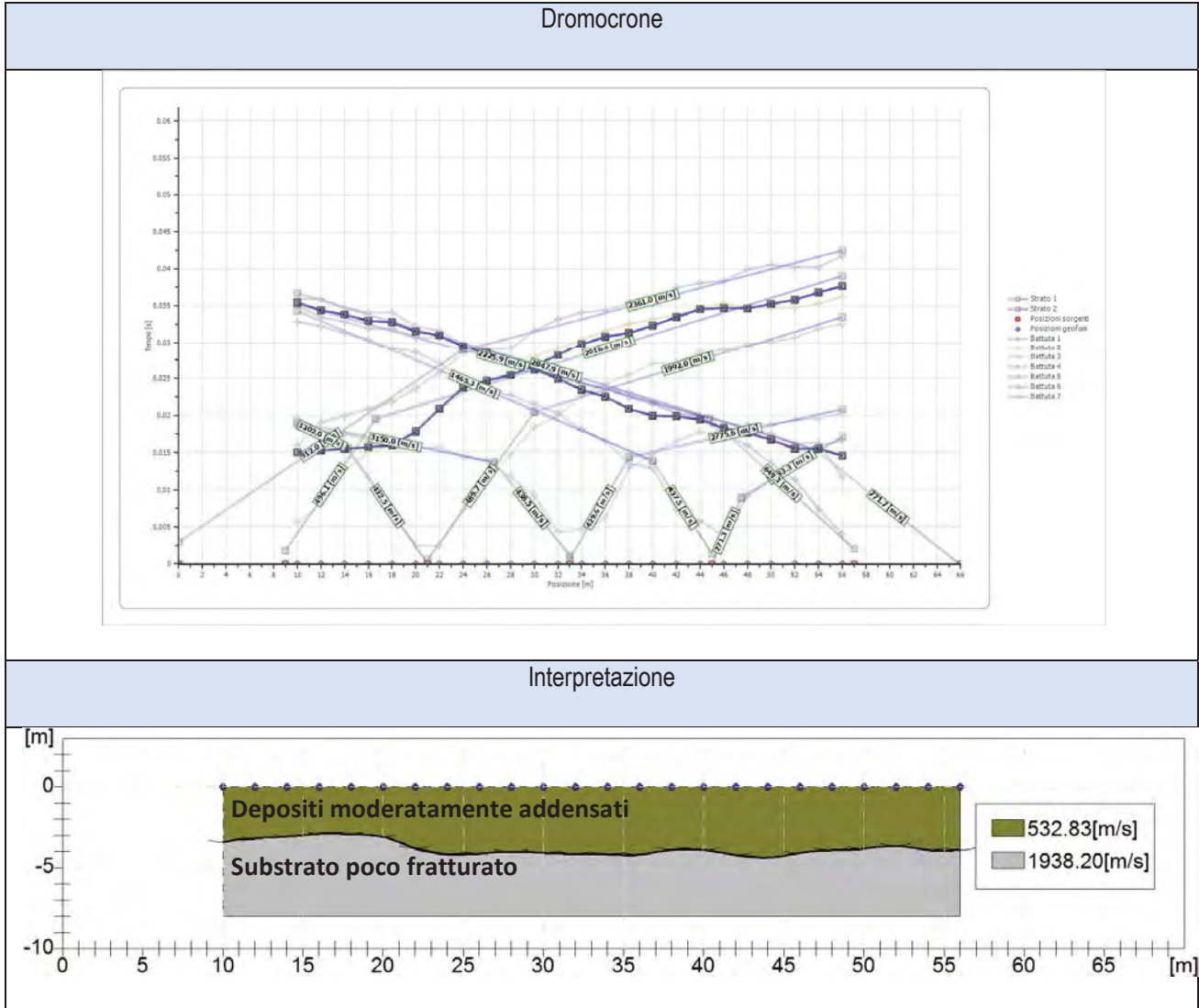


Tabella 17: Risultati - Rifrazione SR03



4.1.4 Prova - Rifrazione ID: SR04

Tabella 18: Documentazione fotografica - Rifrazione SR04

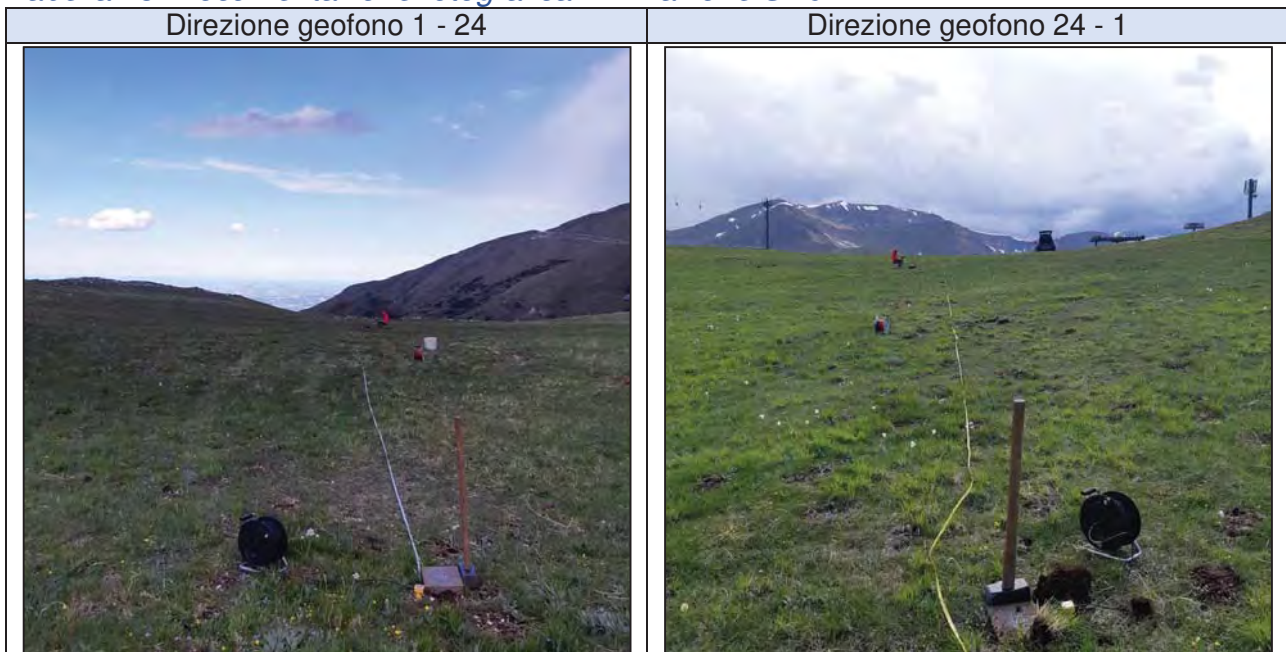


Tabella 19: Geometria - Rifrazione SR04

Geofono n°	Energizzazione n°	Progressiva (m)	Quota relativa (m)
	1	0	0
	2	9	0
1		10	0
2		12	0
3		14	0
4		16	0
5		18	0
6	3	20	0
7		22	0
8		24	0
9		26	0
10		28	0
11		30	0
12	4	32	0
13		34	0
14		36	0
15		38	0
16		40	0
17		42	0
18	5	44	0
19		46	0
20		48	0
21		50	0
22		52	0
23		54	0
24		56	0
	6	57	0
	7	66	0

Tabella 20: Tracce - Rifrazione SR04- energizzazioni sinistre e centrale

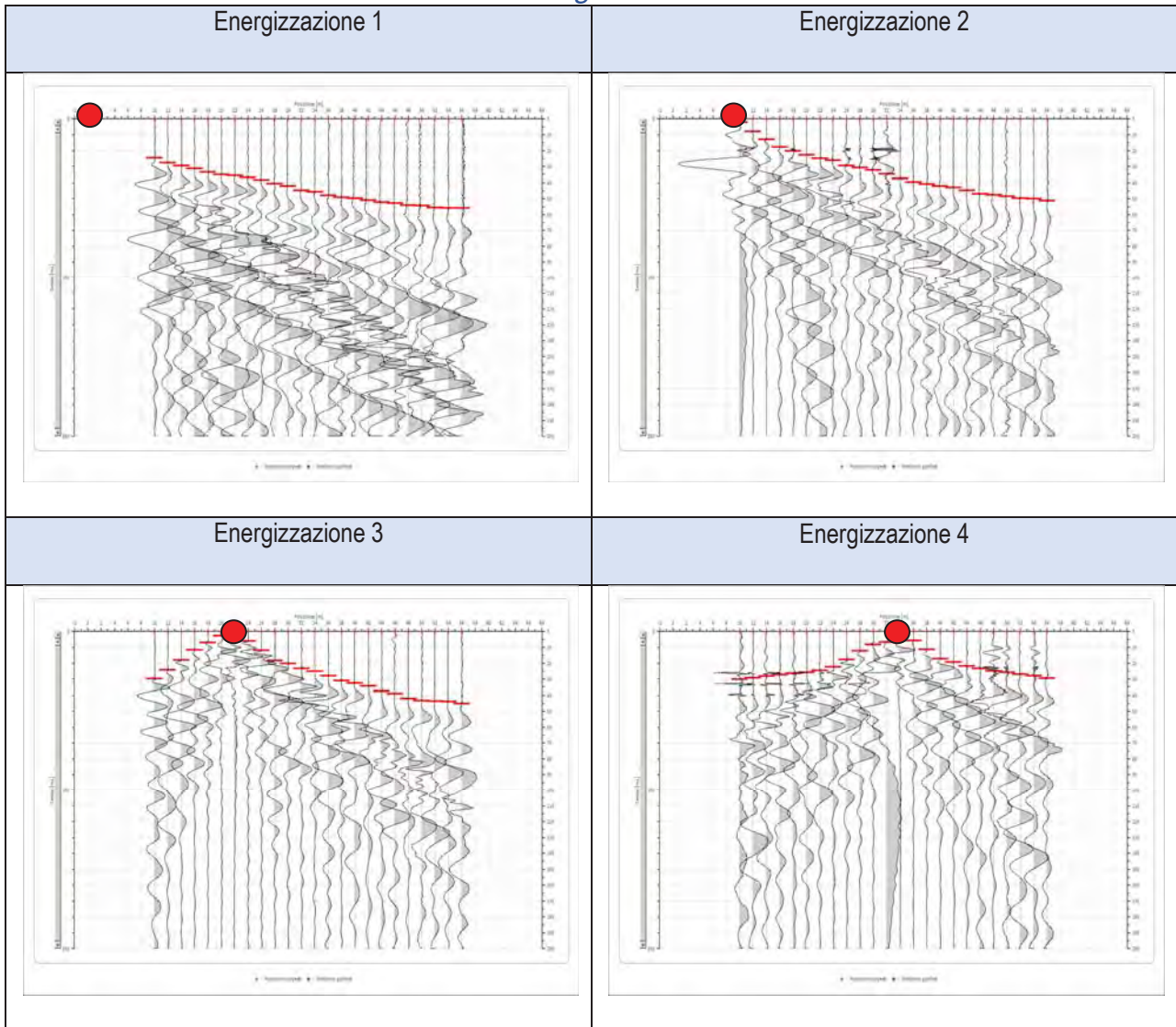


Tabella 21: Tracce - Rifrazione SR04 - energizzazioni destre

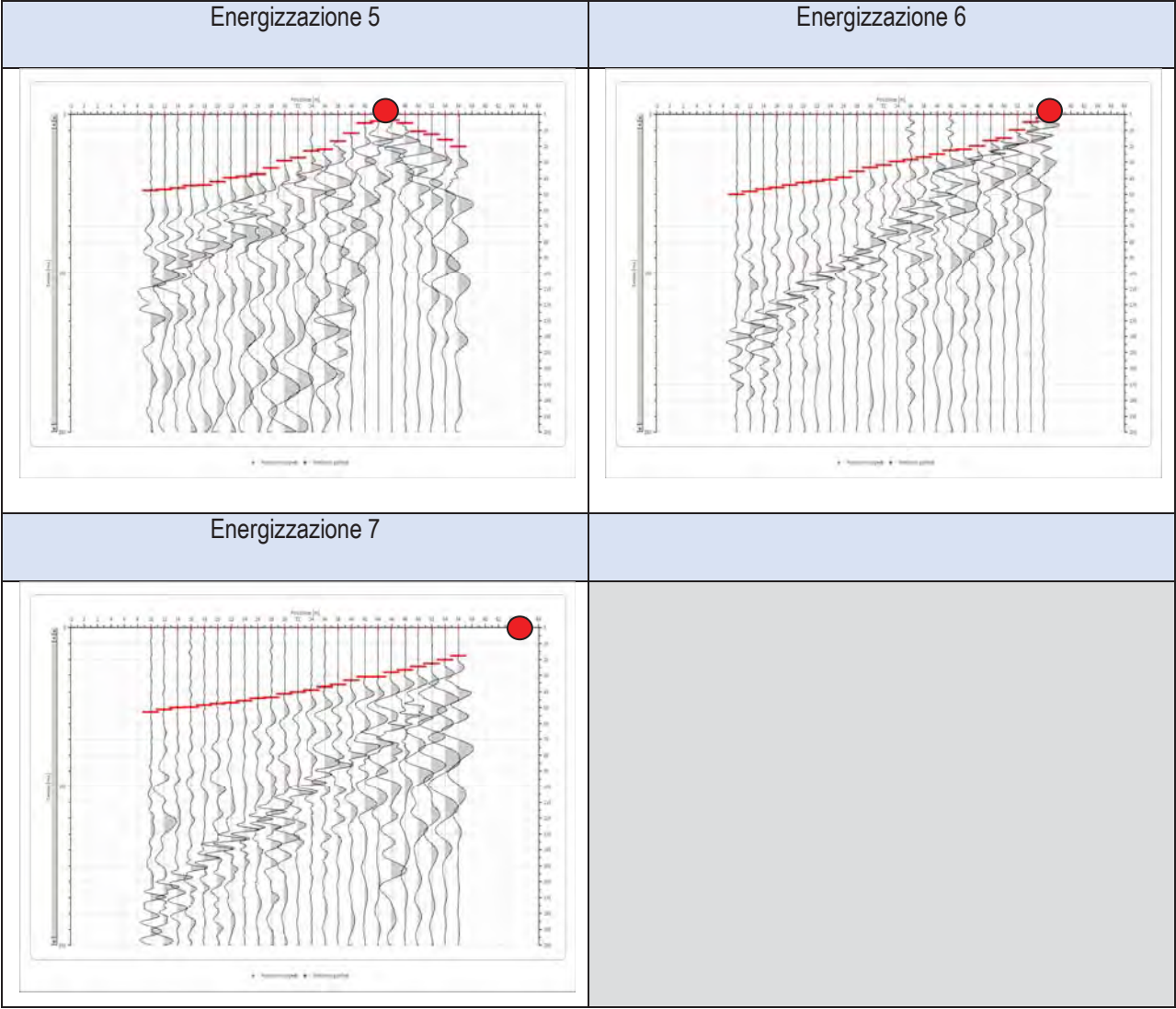
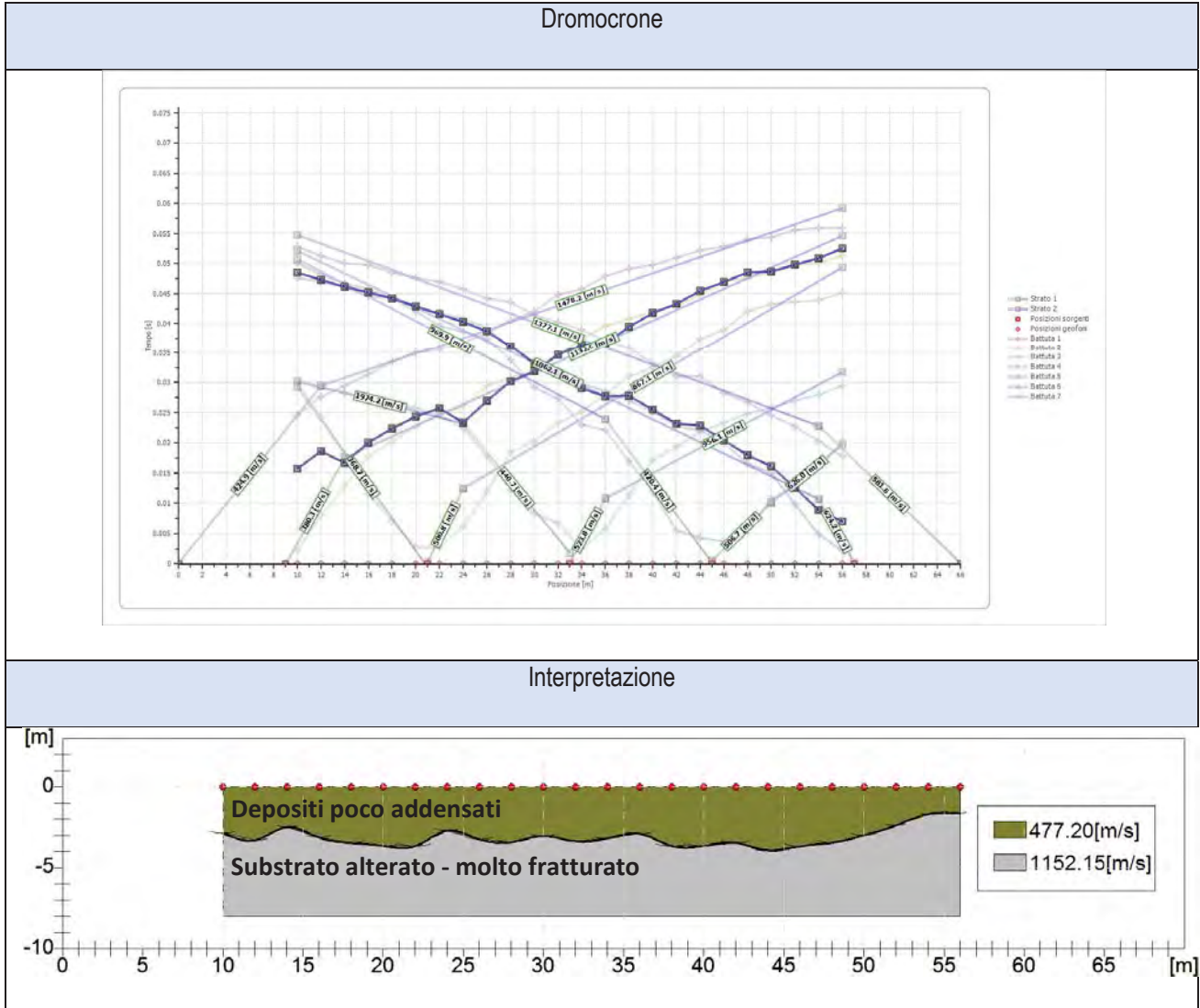


Tabella 22: Risultati - Rifrazione SR04



4.1.5 Prova - MASW ID: MW01

Tabella 23: Documentazione fotografica - MASW MW01

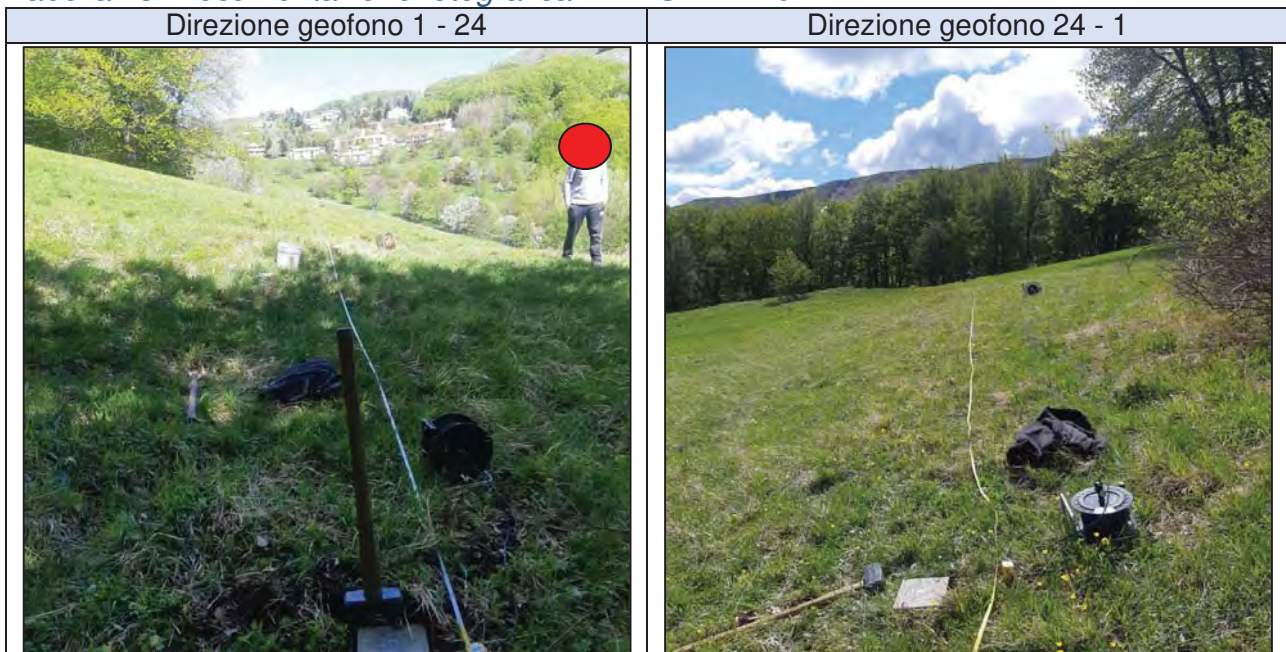


Tabella 24: Geometria - MASW MW01

Geofono n°	Energizzazione n°	Progressiva (m)	Quota relativa (m)
	1	0	0
1		10	0
2		12	0
3		14	0
4		16	0
5		18	0
6		20	0
7		22	0
8		24	0
9		26	0
10		28	0
11		30	0
12		32	0
13		34	0
14		36	0
15		38	0
16		40	0
17		42	0
18		44	0
19		46	0
20		48	0
21		50	0
22		52	0
23		54	0
24		56	0
	2	66	0

Tabella 25: Tracce - MASW MW01

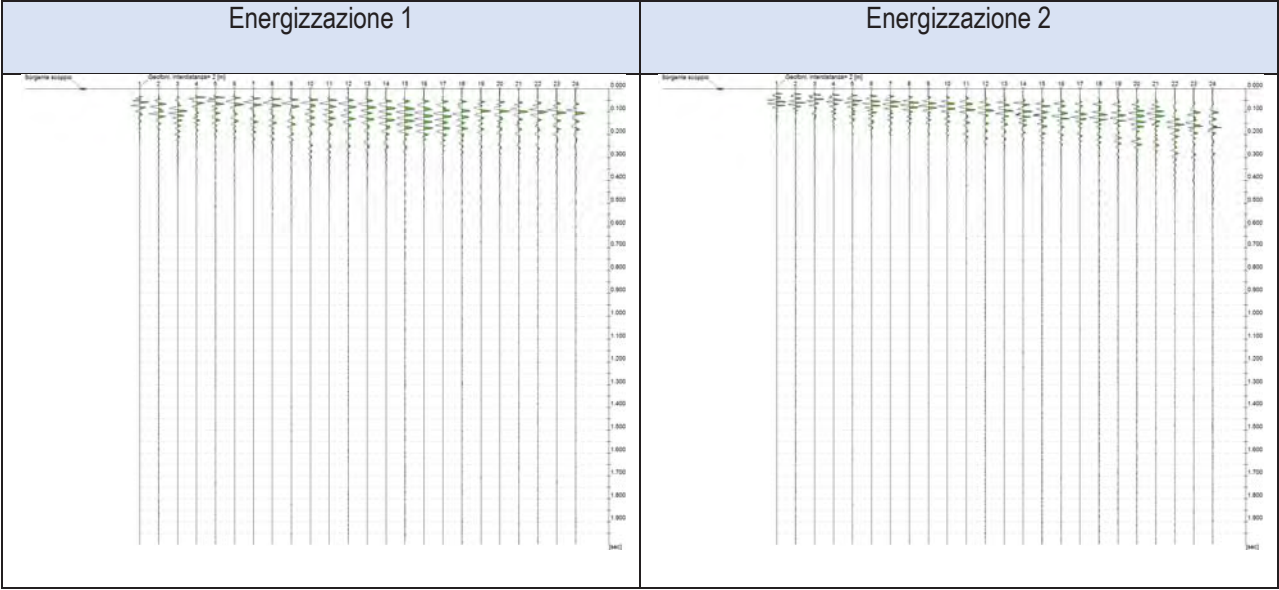
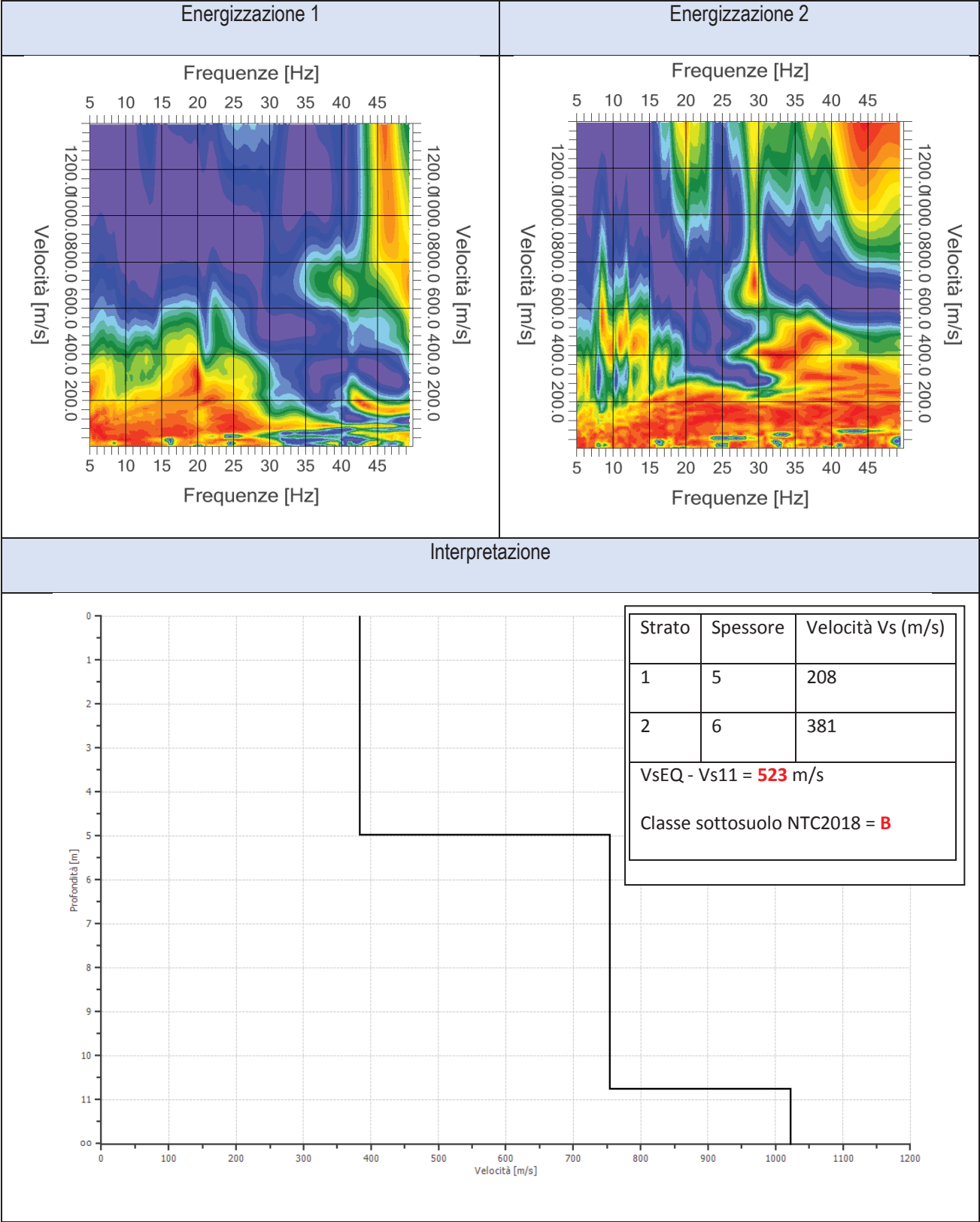


Tabella 26: Risultati - MASW MW01



4.1.6 Prova - MASW ID: MW02

Tabella 27: Documentazione fotografica - MASW MW02

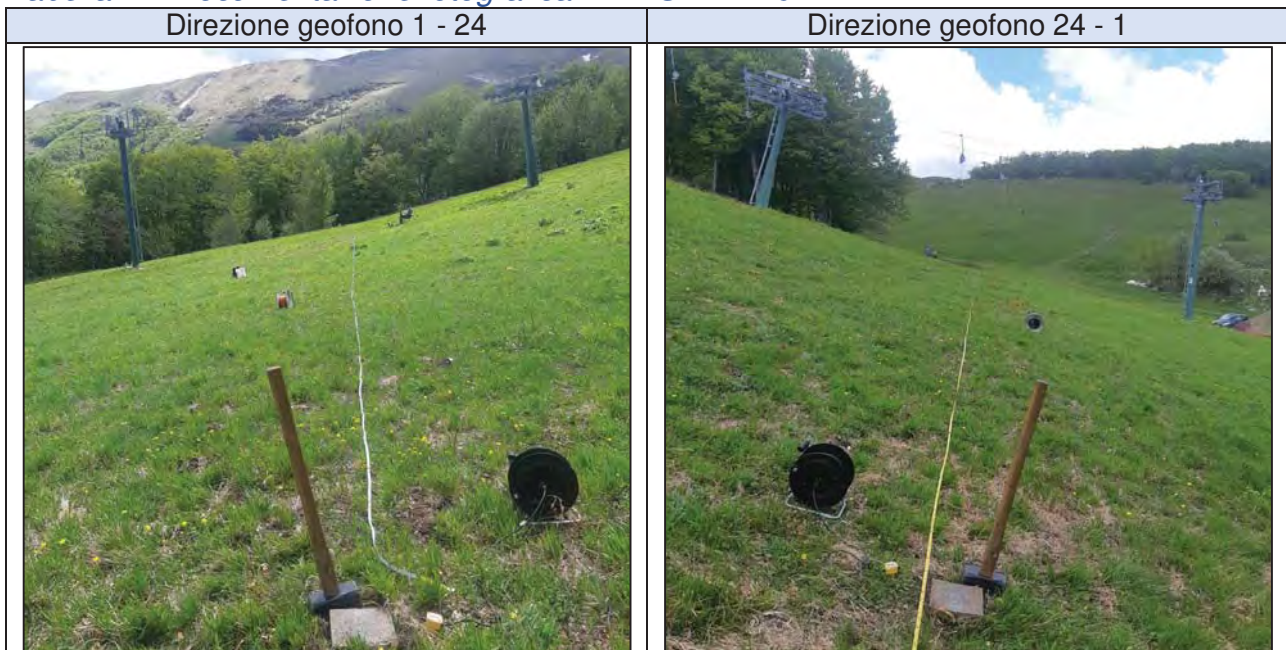


Tabella 28: Geometria - MASW MW02

Geofono n°	Energizzazione n°	Progressiva (m)	Quota relativa (m)
	1	0	0
1		10	0
2		12	0
3		14	0
4		16	0
5		18	0
6		20	0
7		22	0
8		24	0
9		26	0
10		28	0
11		30	0
12		32	0
13		34	0
14		36	0
15		38	0
16		40	0
17		42	0
18		44	0
19		46	0
20		48	0
21		50	0
22		52	0
23		54	0
24		56	0
	2	66	0

Tabella 29: Tracce - MASW MW02

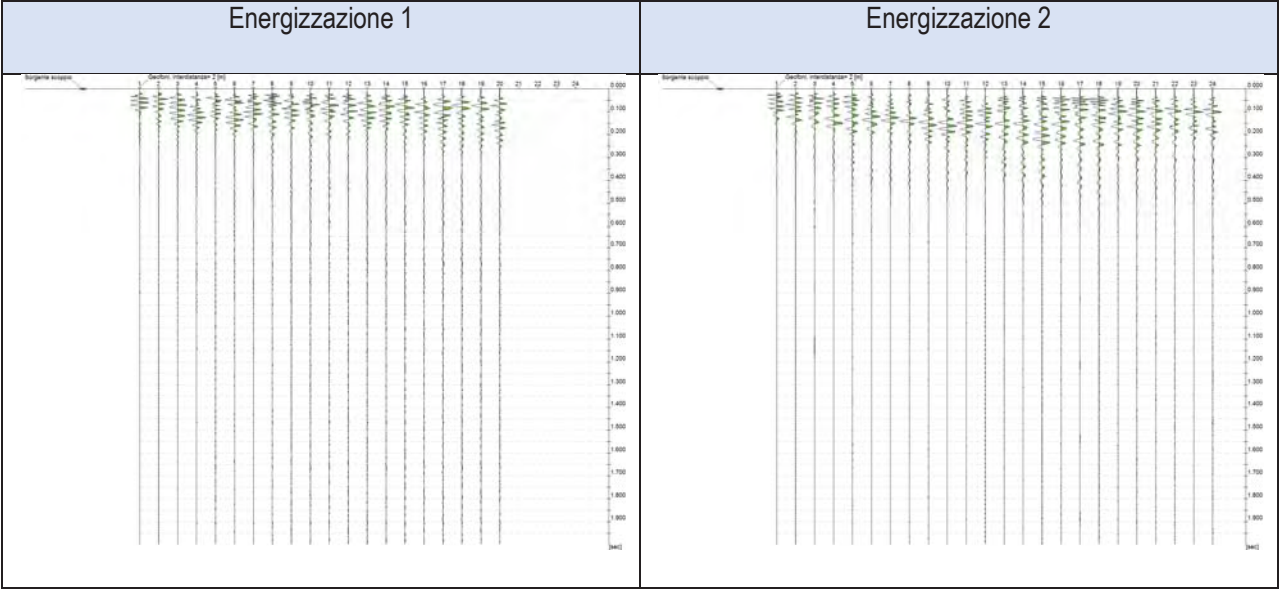
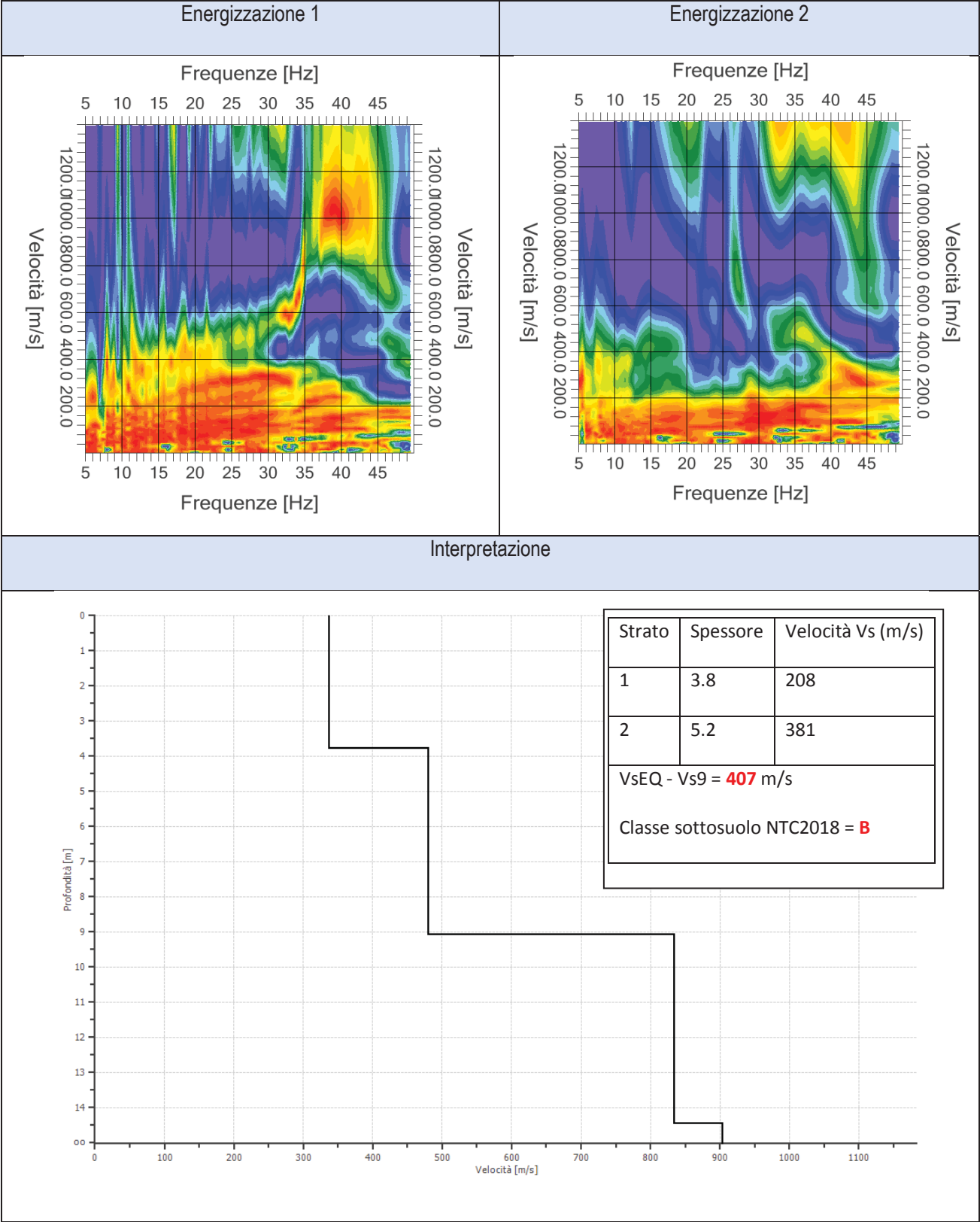


Tabella 30: Risultati - MASW MW02



4.1.7 Prova - MASW ID: MW03

Tabella 31: Documentazione fotografica - MASW MW03

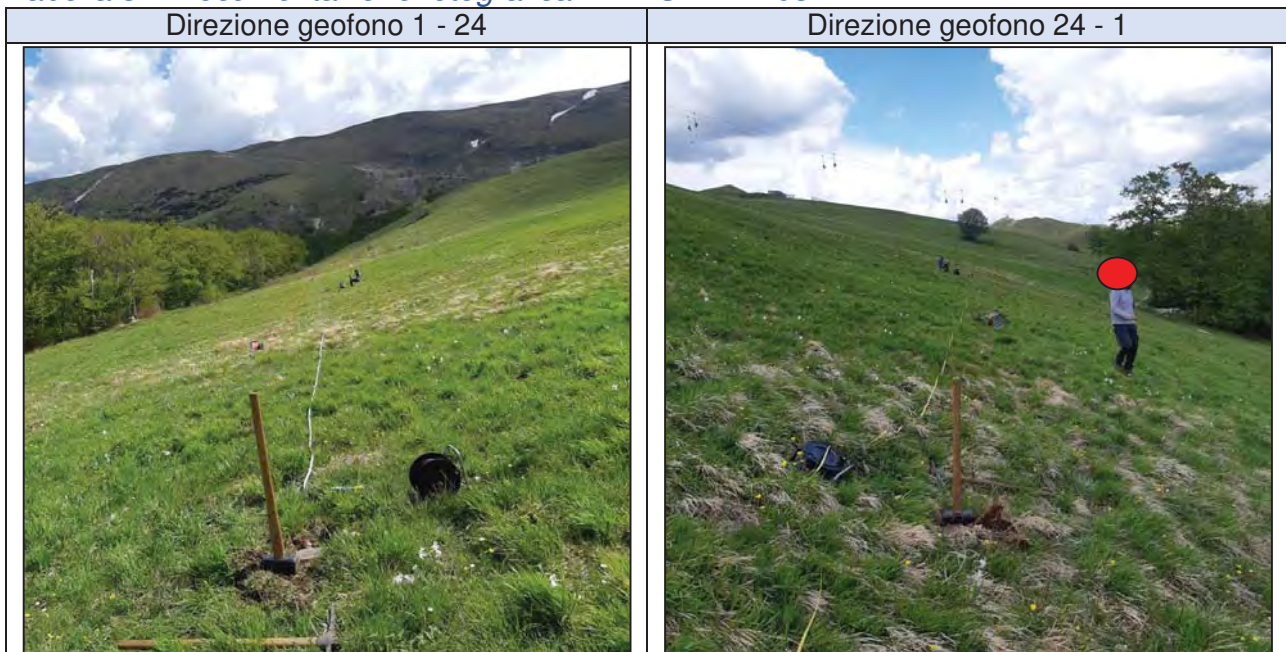


Tabella 32: Geometria - MASW MW03

Geofono n°	Energizzazione n°	Progressiva (m)	Quota relativa (m)
	1	0	0
1		10	0
2		12	0
3		14	0
4		16	0
5		18	0
6		20	0
7		22	0
8		24	0
9		26	0
10		28	0
11		30	0
12		32	0
13		34	0
14		36	0
15		38	0
16		40	0
17		42	0
18		44	0
19		46	0
20		48	0
21		50	0
22		52	0
23		54	0
24		56	0
	2	66	0

Tabella 33: Tracce - MASW MW03

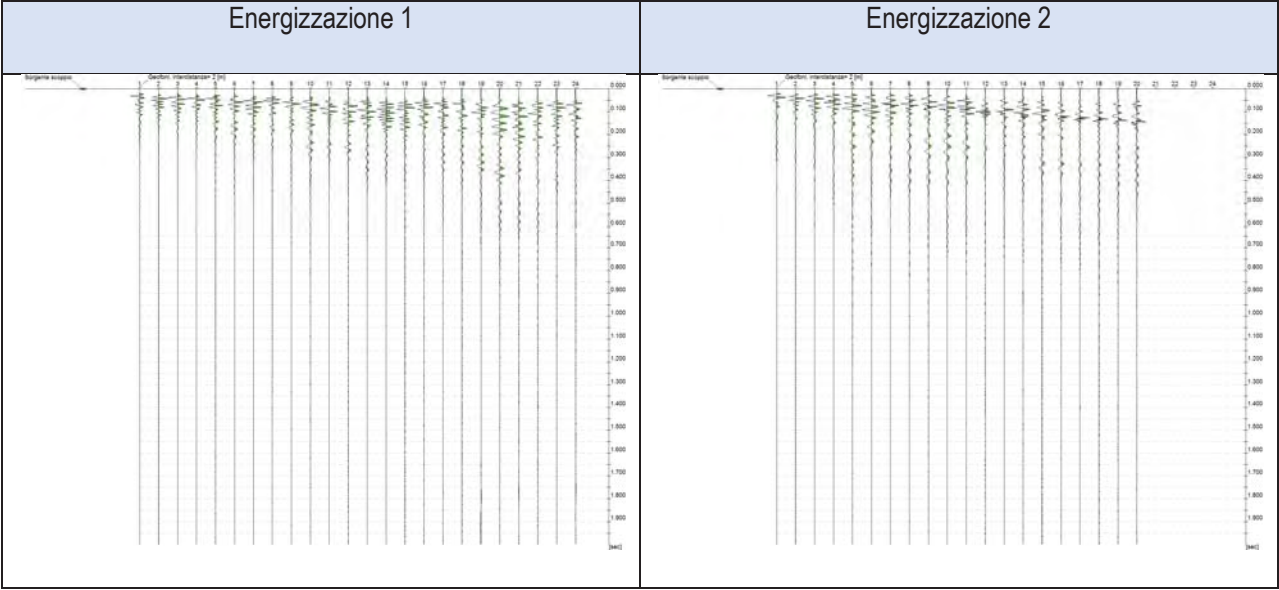
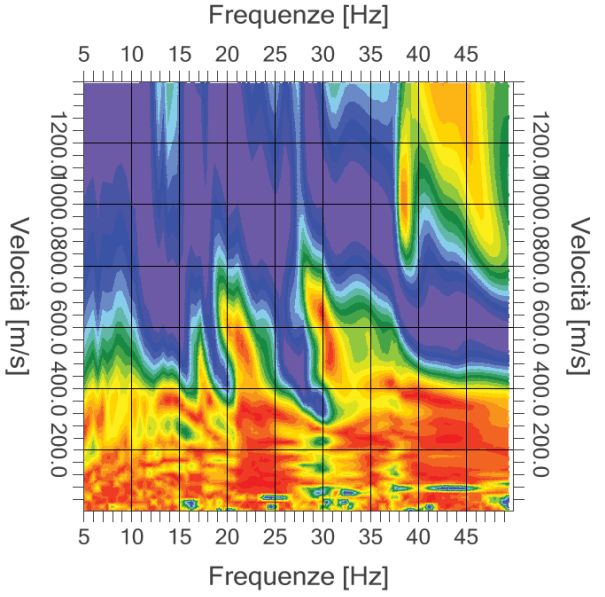
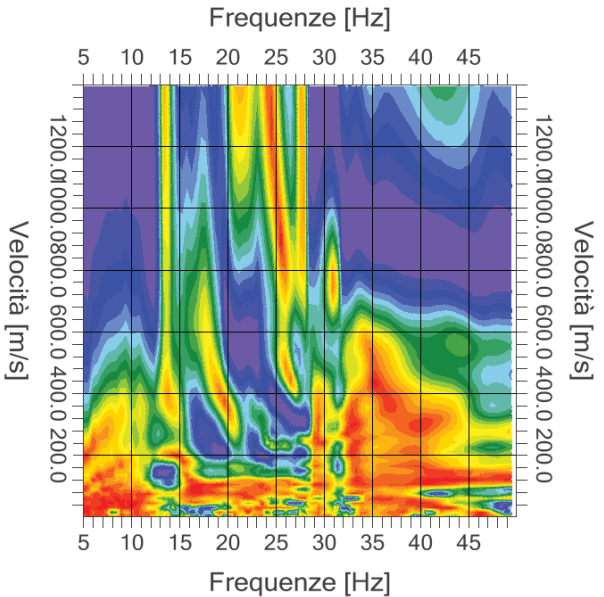


Tabella 34: Risultati - MASW MW03

Energizzazione 1	Energizzazione 2
	
Interpretazione	
NON INTERPRETABILE	

4.1.8 Prova - MASW ID: MW04

Tabella 35: Documentazione fotografica - MASW MW04

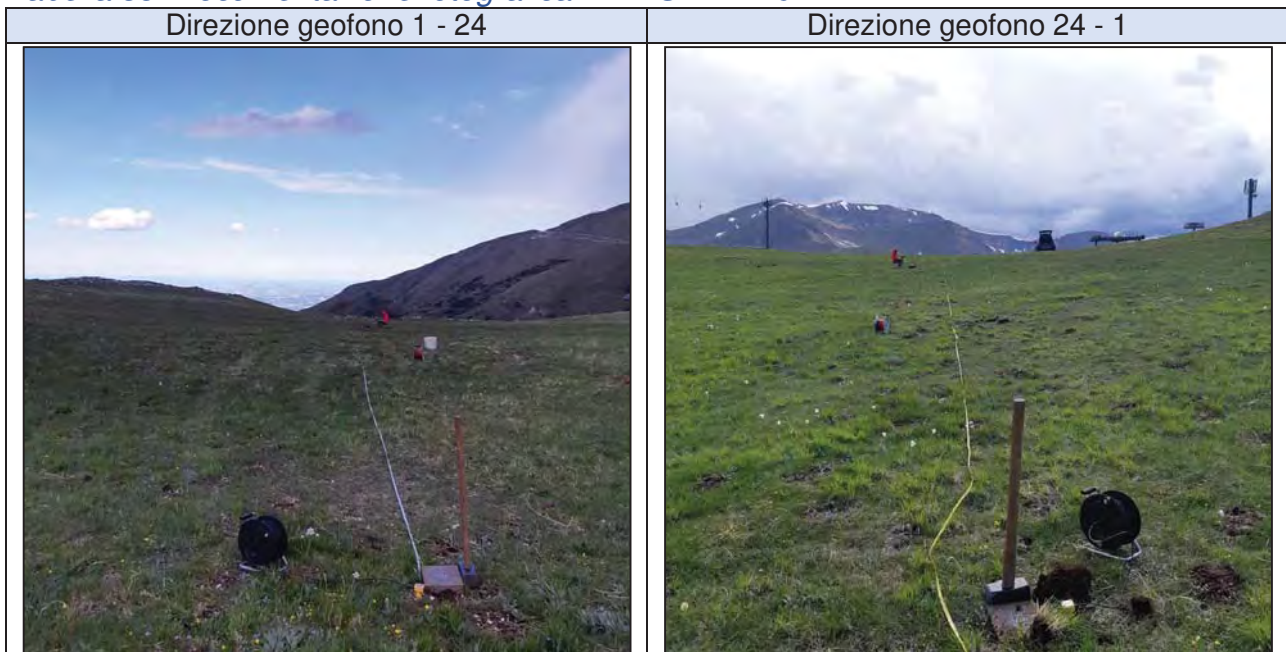


Tabella 36: Geometria - MASW MW04

Geofono n°	Energizzazione n°	Progressiva (m)	Quota relativa (m)
	1	0	0
1		10	0
2		12	0
3		14	0
4		16	0
5		18	0
6		20	0
7		22	0
8		24	0
9		26	0
10		28	0
11		30	0
12		32	0
13		34	0
14		36	0
15		38	0
16		40	0
17		42	0
18		44	0
19		46	0
20		48	0
21		50	0
22		52	0
23		54	0
24		56	0
	2	66	0

Tabella 37: Tracce - MASW MW04

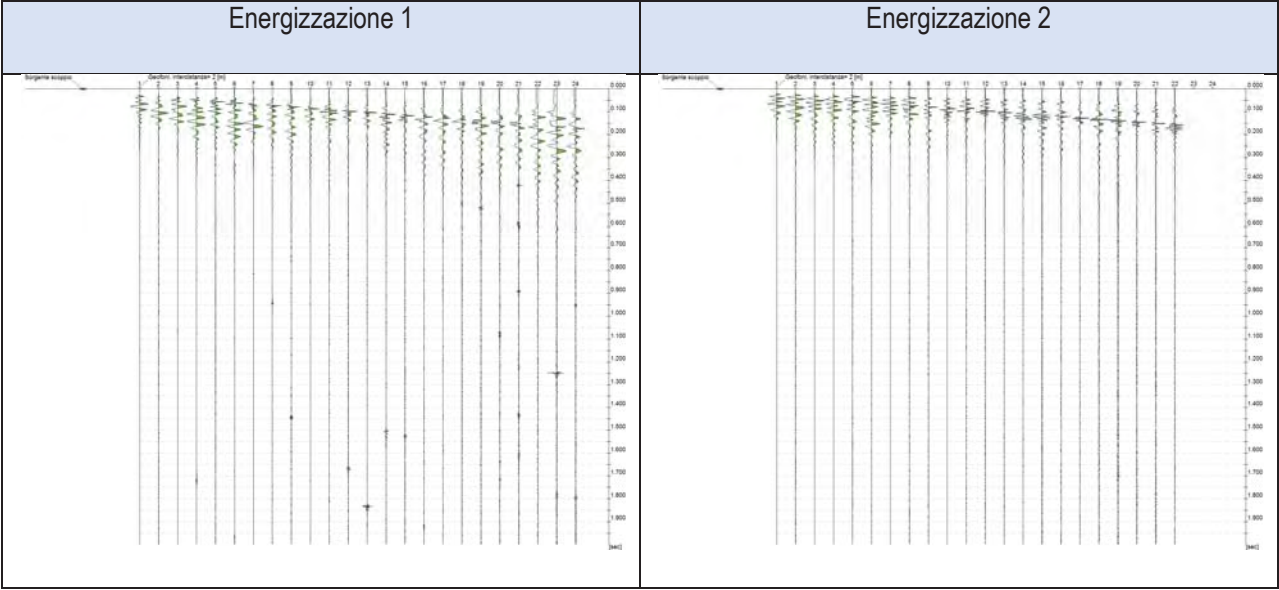
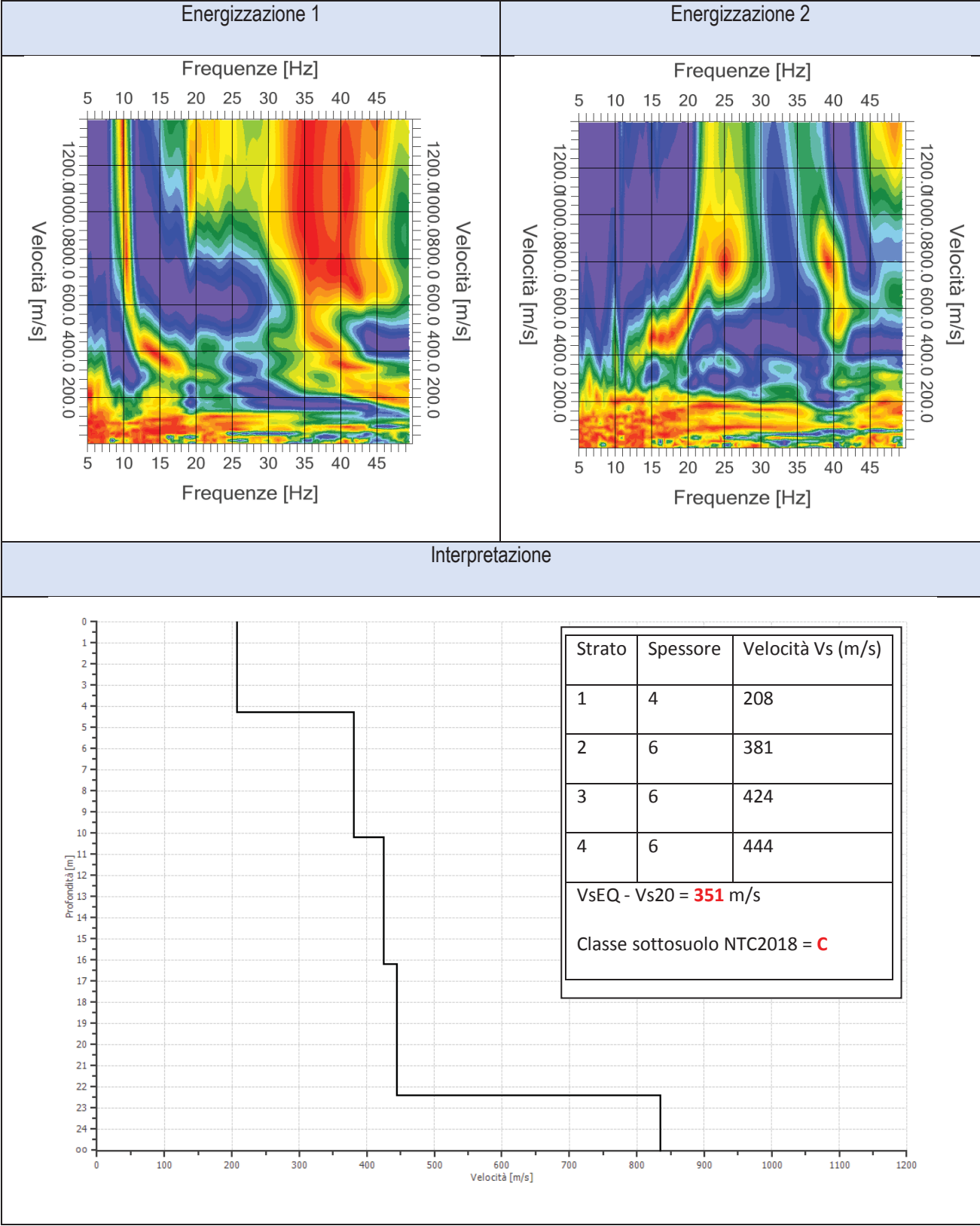


Tabella 38: Risultati - MASW MW04



4.1.9 Prova - HVSR ID: HV01

Tabella 39: Documentazione fotografica - HVSR HV01

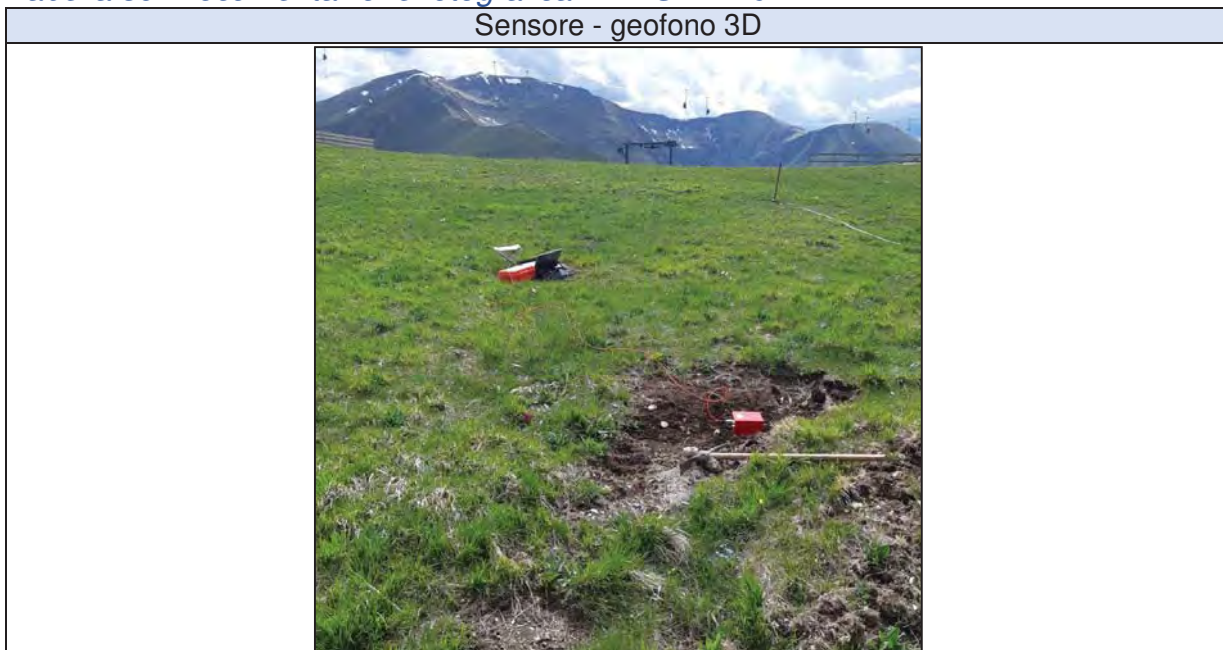


Tabella 40: Tracce - HVSR HV01

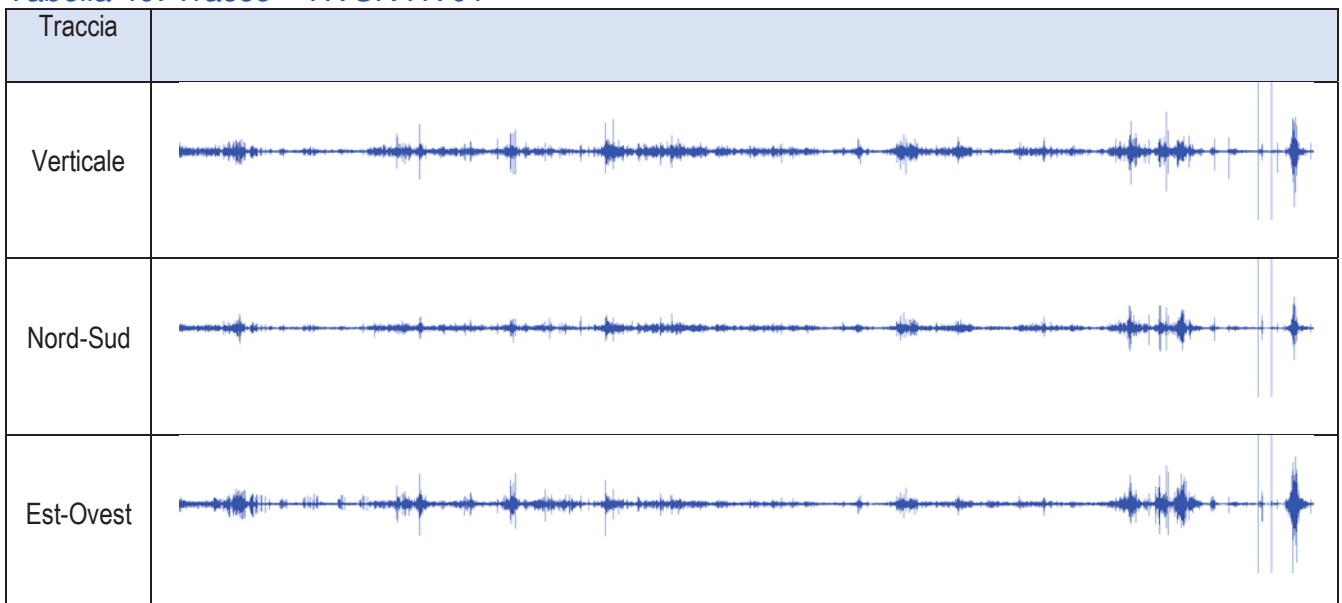
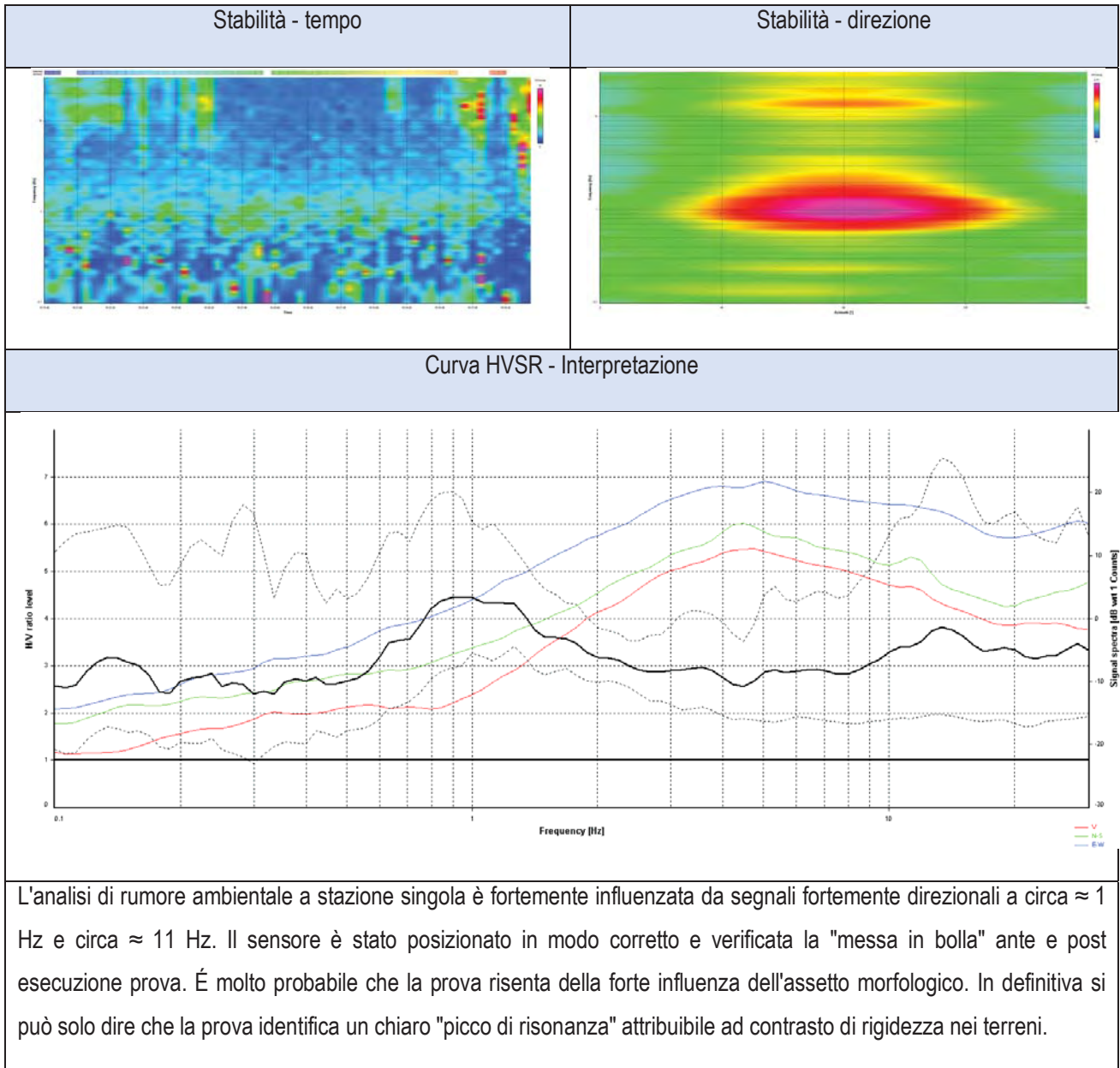


Tabella 41: Risultati - HVSR HV01



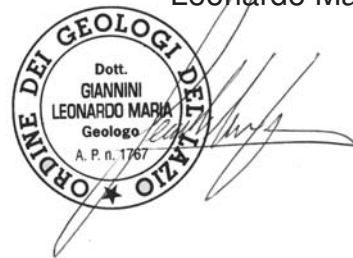
5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini eseguite mettono in evidenza uno spessore variabile di terreni di copertura poco addensati, al di sotto di essi è presente un substrato geologico caratterizzato da stato di alterazione e/o fratturazione molto variabile. L'affidabilità delle indagini eseguite è in funzione della tipologia di prova, in particolare le prove rifrazione sembrano indicare chiaramente il locale assetto sismo stratigrafico, mentre risulta più bassa l'affidabilità del risultato delle prove MASW che senza dubbio risentono molto dell'assetto morfologico dei luoghi, nonostante si sia cercato di mettere in esercizio i geofono in allineamento piano parallelo.

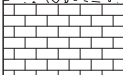
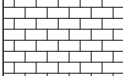
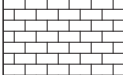
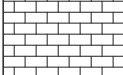
Il Tecnico

Geologo

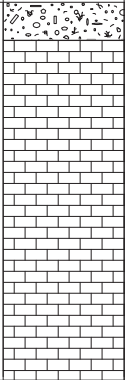
Leonardo Maria Giannini



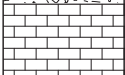
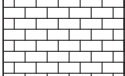
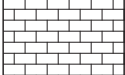
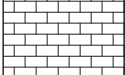
Committente: Comune di Bolognola	Sondaggio: S1
Riferimento: Riqualificazione impianto sciviarario in località Pintura	Data: 19/07/2019
Coordinate: 356709.08 E - 4761007.6 N	Quota: 1335
Perforazione: Carotaggio continuo	

metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	prof. m	DESCRIZIONE
1			1.0	Materiale di riporto costituito da breccia in matrice limoso argillosa marrone scuro
2				Calcare biancastro estremamente fratturato
3				
4				
5			5.0	

Committente: Comune di Bolognola	Sondaggio: S2
Riferimento: Riqualificazione impianto sciviarario in località Pintura	Data: 19/07/2019
Coordinate: 356633.18 E - 4761080.51 N	Quota: 1339
Perforazione: Carotaggio continuo	

metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	prof. m	DESCRIZIONE
1			0.5	Materiale di riporto costituito da breccia in matrice sabbiosa
			5.0	Calcare biancastro estremamente fratturato

Committente: Comune di Bolognola	Sondaggio: S3
Riferimento: Riqualificazione impianto sciviarario in località Pintura	Data: 19/07/2019
Coordinate: 356671.92 E - 4761012.15 N	Quota: 1337
Perforazione: Carotaggio continuo	

metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	prof. m	DESCRIZIONE
1			1.0	Materiale di riporto costituito da breccia in matrice limoso argilloso marrone scuro
2				Calcare biancastro estremamente fratturato
3				
4				
5			5.0	

Documentazione fotografica



Foto 1



Foto 2



Foto 3

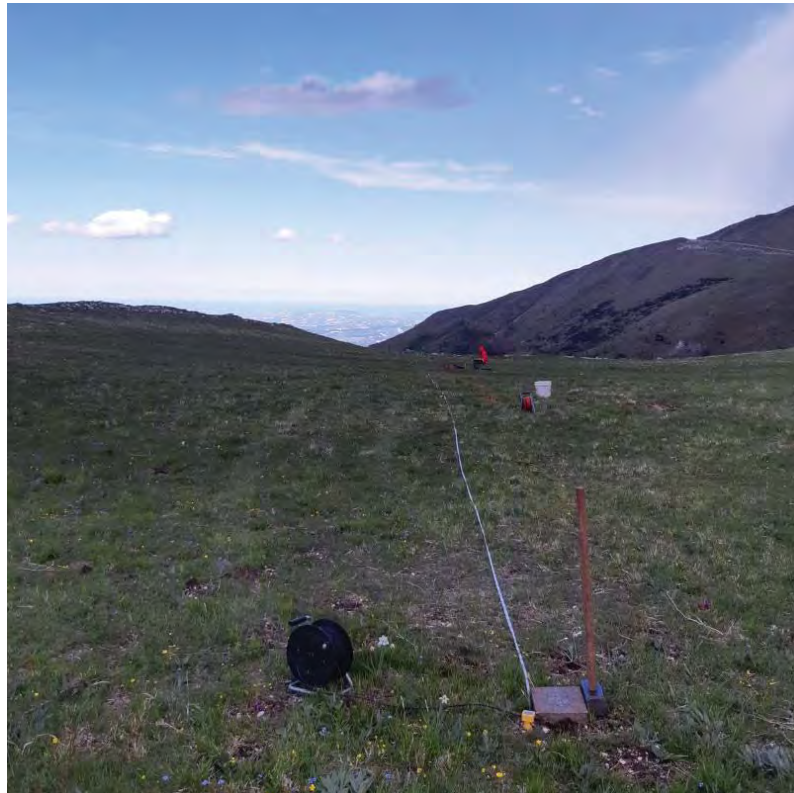
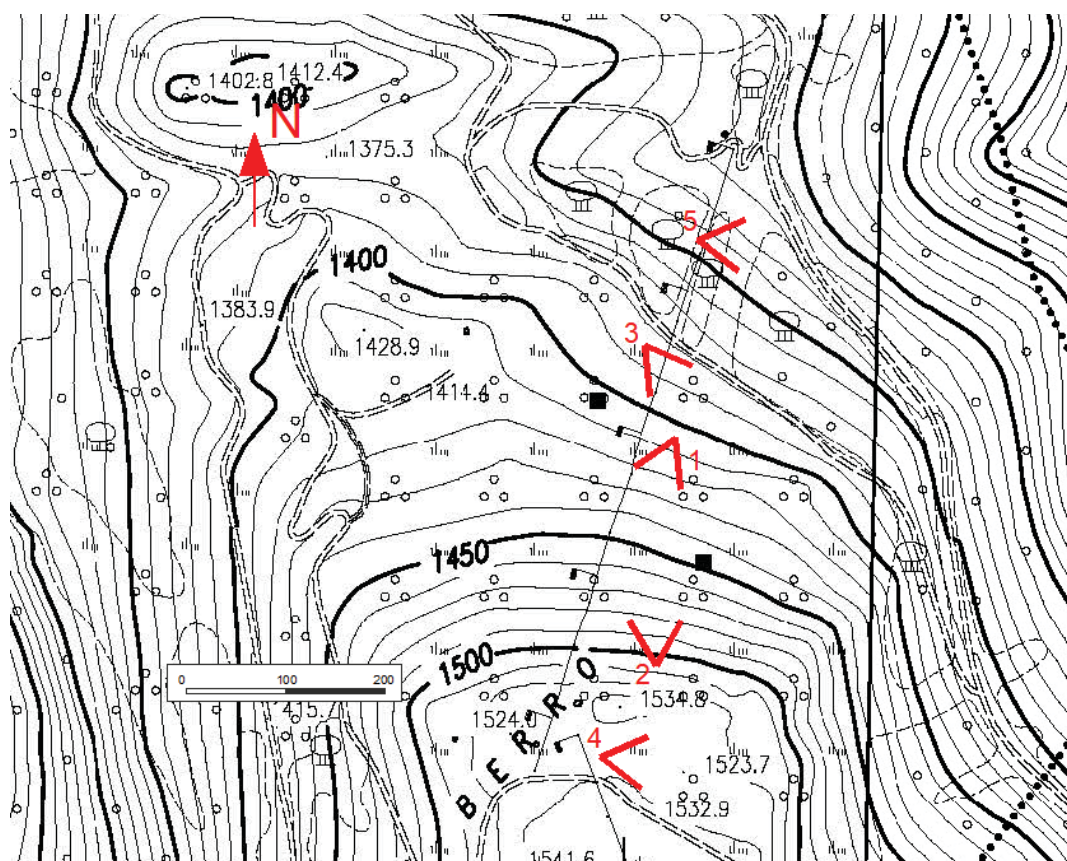


Foto 4



Foto 5



visuali di scatto

Appendice

Risposta sismica locale 2d

ANALISI NUMERICA

DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

APPROCCIO DI CALCOLO 2D

Sommario

1 - PREMESSA.....	4
2 - DATI SISMICI DI INPUT	6
3 - SELEZIONE ED ESTRAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI DI INPUT	7
3.1 - ESTRAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI SLO.....	7
3.2 - ESTRAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI SLD.....	9
3.3 - ESTRAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI SLV	10
3.4 - ESTRAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI SLC.....	13
4 - SISMO STRATIGRAFIA.....	15
5 - RISULTATI STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	17
5.1 - RISULTATI SIMULAZIONE SLO	17
5.1.1 SLO – Stazione di valle (punto di controllo 1).....	18
5.1.2 SLO – Pilone 1 (punto di controllo 2).....	19
5.1.3 SLO – Pilone 2 (punto di controllo 3).....	20
5.1.4 SLO – Pilone 3 (punto di controllo 4).....	21
5.1.5 SLO – Pilone 4 (punto di controllo 5).....	22
5.1.6 SLO – Pilone 5 (punto di controllo 6).....	23
5.1.7 SLO – Pilone 6 (punto di controllo 7).....	24
5.1.8 SLO – Pilone 7 (punto di controllo 8).....	25
5.1.9 SLO – Pilone 8 (punto di controllo 9).....	26
5.1.10 SLO – Pilone 9 (punto di controllo 10).....	27
5.1.11 SLO – Pilone 10 (punto di controllo 11).....	28
5.1.12 SLO – Pilone 11 (punto di controllo 12).....	29
5.1.13 SLO – Pilone 12 (punto di controllo 13).....	30
5.1.14 SLO – Stazione di monte (punto di controllo 14).....	31
5.2 - RISULTATI SIMULAZIONE SLD	32

5.2.1 SLD – Stazione di valle (punto di controllo 1)	33
5.2.2 SLD – Pilone 1 (punto di controllo 2)	34
5.2.3 SLD – Pilone 2 (punto di controllo 3)	35
5.2.4 SLD – Pilone 3 (punto di controllo 4)	36
5.2.5 SLD – Pilone 4 (punto di controllo 5)	37
5.2.6 SLD – Pilone 5 (punto di controllo 6)	38
5.2.7 SLD – Pilone 6 (punto di controllo 7)	39
5.2.8 SLD – Pilone 7 (punto di controllo 8)	40
5.2.9 SLD – Pilone 8 (punto di controllo 9)	41
5.2.10 SLD – Pilone 9 (punto di controllo 10)	42
5.2.11 SLD – Pilone 10 (punto di controllo 11)	43
5.2.12 SLD – Pilone 11 (punto di controllo 12)	44
5.2.13 SLD – Pilone 12 (punto di controllo 13)	45
5.2.14 SLD – Stazione di monte (punto di controllo 14)	46
5.3 - RISULTATI SIMULAZIONE SLV	47
5.3.1 SLV – Stazione di valle (punto di controllo 1)	48
5.3.2 SLV – Pilone 1 (punto di controllo 2)	49
5.3.3 SLV – Pilone 2 (punto di controllo 3)	50
5.3.4 SLV – Pilone 3 (punto di controllo 4)	51
5.3.5 SLV – Pilone 4 (punto di controllo 5)	52
5.3.6 SLV – Pilone 5 (punto di controllo 6)	53
5.3.7 SLV – Pilone 6 (punto di controllo 7)	54
5.3.8 SLV – Pilone 7 (punto di controllo 8)	55
5.3.9 SLV – Pilone 8 (punto di controllo 9)	56
5.3.10 SLV – Pilone 9 (punto di controllo 10)	57
5.3.11 SLV – Pilone 10 (punto di controllo 11)	58
5.3.12 SLV – Pilone 11 (punto di controllo 12)	59
5.3.13 SLV – Pilone 12 (punto di controllo 13)	60
5.3.14 SLV – Stazione di monte (punto di controllo 14)	61
5.4 - RISULTATI SIMULAZIONE SLC	62
5.4.1 SLC – Stazione di valle (punto di controllo 1)	63
5.4.2 SLC – Pilone 1 (punto di controllo 2)	64
5.4.3 SLC – Pilone 2 (punto di controllo 3)	65
5.4.4 SLC – Pilone 3 (punto di controllo 4)	66
5.4.5 SLC – Pilone 4 (punto di controllo 5)	67
5.4.6 SLC – Pilone 5 (punto di controllo 6)	68
5.4.7 SLC – Pilone 6 (punto di controllo 7)	69
5.4.8 SLC – Pilone 7 (punto di controllo 8)	70

5.4.9 SLC – Pilone 8 (punto di controllo 9)	71
5.4.10 SLC – Pilone 9 (punto di controllo 10)	72
5.4.11 SLC – Pilone 10 (punto di controllo 11)	73
5.4.12 SLC – Pilone 11 (punto di controllo 12)	74
5.4.13 SLC – Pilone 12 (punto di controllo 13)	75
5.4.14 SLC – Stazione di monte (punto di controllo 14)	76
6 - CONCLUSIONI	77

1 - PREMESSA

Gli studi di *Risposta Sismica Locale RSL* (Lanzo - Silvestri, 1999 - Kramer, 1996) permettono di valutare in modo quantitativo le effettive modifiche che il segnale sismico subisce nel percorso che compie partendo da un ipotetico punto di input sismico (Bedrock sismico) fino alla superficie (piano di campagna o piano di imposta delle fondazioni). Tale metodologia di calcolo fornisce inoltre chiare indicazioni sull'applicabilità dell'approccio semplificato suggerito dalle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC2018 (ereditate e parzialmente modificate rispetto ad Eurocodice EC08 - NTC2008); l'applicabilità dell'approccio NTC2018 o delle specifiche analisi RSL-NTC2018 è garantito dal confronto degli spettri di risposta elastici in pseudo accelerazione ottenuti dalle simulazioni e quelli di normativa. Lo spettro di risposta ottenuto dalle simulazioni potrà essere standardizzato, potrà cioè assumere la medesima *forma* di quella usata nelle NTC2018. Le considerazioni in merito alla scelta finale in relazione all'utilizzo dello spettro elastico di RSL rispetto al suo normalizzato e/o rispetto ad uno spettro di categoria NTC2018, sono compito dell'progettista delle strutture, che in base anche al periodo (o ai periodi) delle struttura valuterà quale risulti più idoneo alla progettazione. Tuttavia nelle conclusioni di questo studio di *RSL* oltre ad un commento sui risultati ottenuti, si propone l'utilizzo degli spettri derivanti dall'approccio semplificato qualora gli stessi risultino più conservativi di quello calcolato.

Lo studio riportato nelle seguenti pagine ha previsto una prima fase di analisi generale sulla pericolosità sismica di base in funzione della tipologia di struttura oggetto dell'intervento. Basandosi su dati forniti dai progettisti (Classe d'uso & Vita nominale V_n - § 2.4 NTC2018) e sulla posizione geografica della struttura (in relazione alla mappa di pericolosità sismica di base fornita da INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>), sono stati definiti i parametri sismici di base a_g – F_0 – T^*c . Sempre dalla mappa di pericolosità sismica di base fornita da INGV è stato possibile stimare la disaggregazione della pericolosità sismica valutando i relativi contributi di diverse sorgenti sismiche per diverse coppie Magnitudo – Distanza. La definizione di questi parametri ha permesso la selezione dei diversi set di accelerogrammi spettro compatibili rispetto ad uno spettro target (Cat. A – T1) per ogni stato limite di interesse.

Per la selezione e l'estrazione dei diversi set di accelerogrammi è stato utilizzato il software *REXELite* (http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet_31/#/data_and_services/tools/rexel). Definiti i set di accelerogrammi da utilizzare come dato di input nelle simulazioni numeriche è stato realizzato il modello sismo stratigrafico basandosi sia su informazioni derivate da indagini geologiche e geofisiche realizzate ad hoc per il presente studio; altri dati (di archivio) sono stati utilizzati dallo scrivente sempre per la definizione generale del modello sismo stratigrafico 2D.

Definiti tutti i parametri di input utili per le simulazioni numeriche sono state realizzate le analisi di risposta sismica locale per gli stati limite: *SLO* – *SLD* – *SLV* – *SLC*.

Per le analisi simulazioni di *Risposta Sismica Locale* è stato utilizzato il codice di calcolo *VisualQ4M V2.0 - Pre & Post Processor* (www.visualq4m.com). Tutte le analisi sono state effettuate considerando spettri elastici in accelerazione in forma spettrale con uno smorzamento pari al 5%.

In sintesi lo studio di seguito sviluppato ha previsto la simulazione numerica di *RSL* per gli stati limite *SLO – SLD – SLV – SLC* di una struttura identificata come *Classe d'uso II - Vita nominale $V_n = 50$ anni*. Lo studio è stato portato a termine seguendo il flusso di lavoro di qui di seguito riportato:

- 1 - Stima dell'accelerazione di base con approccio probabilistico (PSHA), stima dei dati di disaggregazione.
- 2 - Selezione degli accelerogrammi di input con il metodo della spettro compatibilità.
- 3 - Definizione del modello sismo stratigrafico.
- 5 - Analisi bidimensionale di *RSL* - in condizioni Lineari Equivalenti *LEQ*.
- 6 - Analisi dei risultati e confronto con gli spettri di normativa

Tutti i risultati delle analisi effettuate, comprese le normalizzazioni degli spettri, sono forniti in formato elettronico *.txt - *.xlsx.

2 - DATI SISMICI DI INPUT

Figura 1: Stralcio foto satellitare "Google Earth" con indicata ubicazione della struttura

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Coordinate geografiche del punto:

Latitudine (WGS84): 42.9846649 [°]
 Longitudine (WGS84): 13.2470312 [°]
 Latitudine (ED50): 42.9856262 [°]
 Longitudine (ED50): 13.2479563 [°]

Tabella 1: Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento - distanza punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	23639	42.984610	13.216680	2546.58
2	23640	42.984760	13.285010	3015.58
3	23418	43.034760	13.284860	6233.38
4	23417	43.034620	13.216460	6019.95

Tabella 2: Parametri di pericolosità sismica (media ponderata)

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc*[s]
SLO	30	0.065	2.452	0.276
SLD	50	0.081	2.450	0.289
SLV	475	0.193	2.533	0.334
SLC	975	0.248	2.565	0.347

3 - SELEZIONE ED ESTRAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI DI INPUT

3.1 - ESTRAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI SLO

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.065	2.452	0.276

Dati di DISAGGREGAZIONE

<http://esse1-gis.mi.ingv.it>

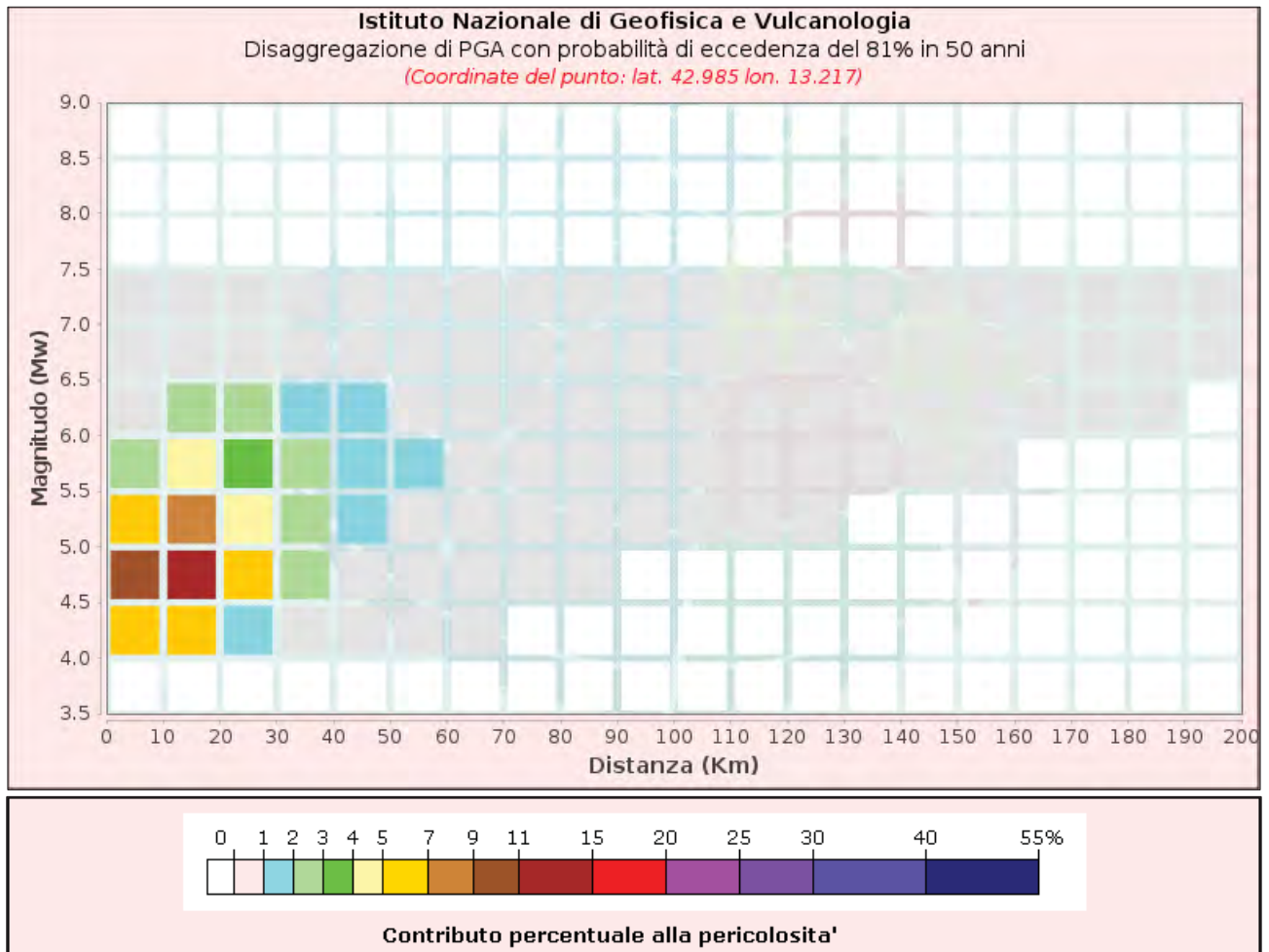


Figura 2 : Grafico di Disaggregazione - Magnitudo/Distanza

La matrice dei dati di disaggregazione (Bazurro et al., 1999 - Spallarossa et al., 2007) mostrata in figura 2 indica contributi massimi alla pericolosità dell'area dati da coppie Magnitudo - Distanza comprese tra Magnitudo 4 – 6.5 e Distanza 0 - 60 Km.

Per quanto riguarda i dati sismici di input per le simulazioni di *RSL*, come previsto da normativa, sono utilizzati n°7 accelerogrammi di riferimento; utilizzando per l'estrazione degli accelerogrammi il software *REXELite* (http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet_30/#/home) con i seguenti parametri di ingresso:

Site classification:	A
Topography:	1
Nominal life [years]:	50
Building functional type (Cu):	1.0
Limit state probability:	0.81
Station site classification:	A,A*
Magnitude min:	4.0
Magnitude max:	6.5
Types of magnitude considered:	WL
Epicentral distance min [km]:	0.0
Epicentral distance max [km]:	60.0

In figura 3 sono riportati gli spettri relativi agli accelerogrammi selezionati con evidenziato lo spettro medio.

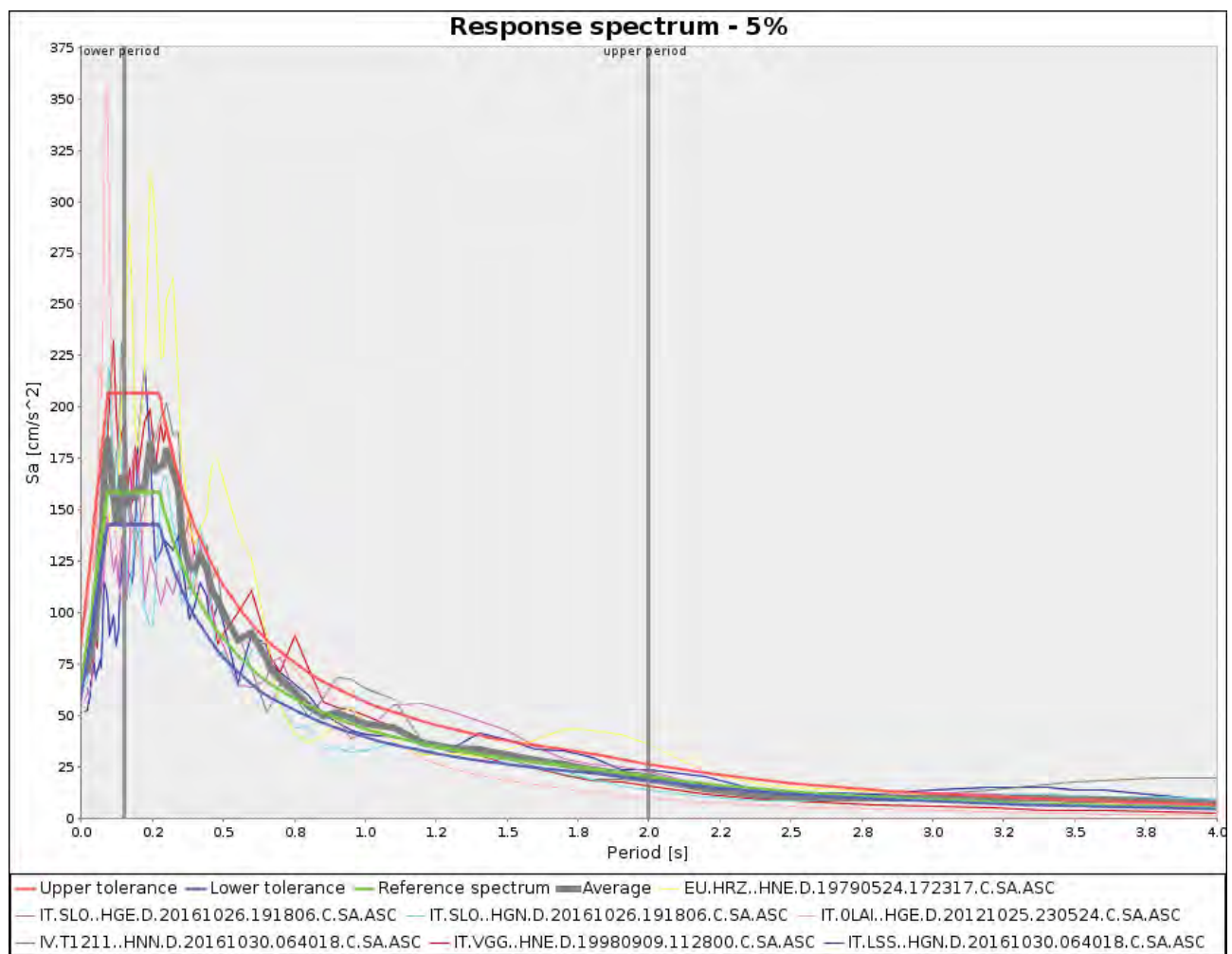


Figura 3: Combinazione dei n°7 accelerogrammi ottenuti (SLO)

3.2 - ESTRAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI SLD

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLD	50	0.081	2.450	0.289

Dati di DISAGGREGAZIONE

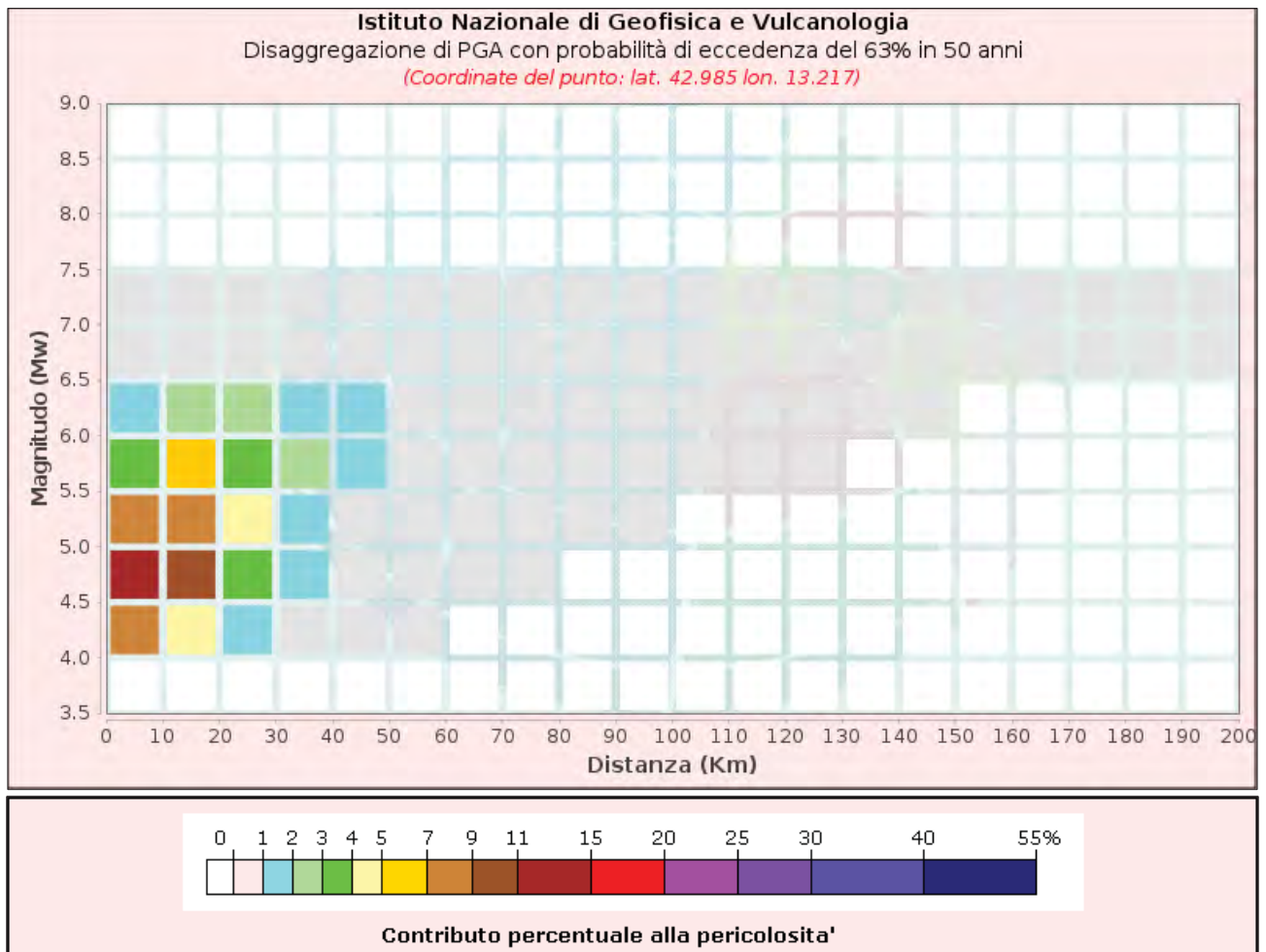
<http://esse1-gis.mi.ingv.it>


Figura 4 : Grafico di Disaggregazione - Magnitudo/Distanza

La matrice dei dati di disaggregazione (Bazurro et al., 1999 - Spallarossa et al., 2007) mostrata in figura 4 indica contributi massimi alla pericolosità dell'area dati da coppie Magnitudo - Distanza comprese tra Magnitudo 4 – 6.5 e Distanza 0 - 50 Km.

Per quanto riguarda i dati sismici di input per le simulazioni di *RSL*, come previsto da normativa, sono utilizzati n°7 accelerogrammi di riferimento; utilizzando per l'estrazione degli accelerogrammi il software *REXELite* (http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet_30/#/home) con i seguenti parametri di ingresso:

Site classification: A
 Topography: 1
 Nominal life [years]: 50
 Building functional type (Cu): 1.0
 Limit state probability: 0.63
 Station site classification: A,A*
 Magnitude min: 4.0
 Magnitude max: 6.5
 Types of magnitude considered: WL
 Epicentral distance min [km]: 0.0
 Epicentral distance max [km]: 50.0

In figura 5 sono riportati gli spettri relativi agli accelerogrammi selezionati con evidenziato lo spettro medio.

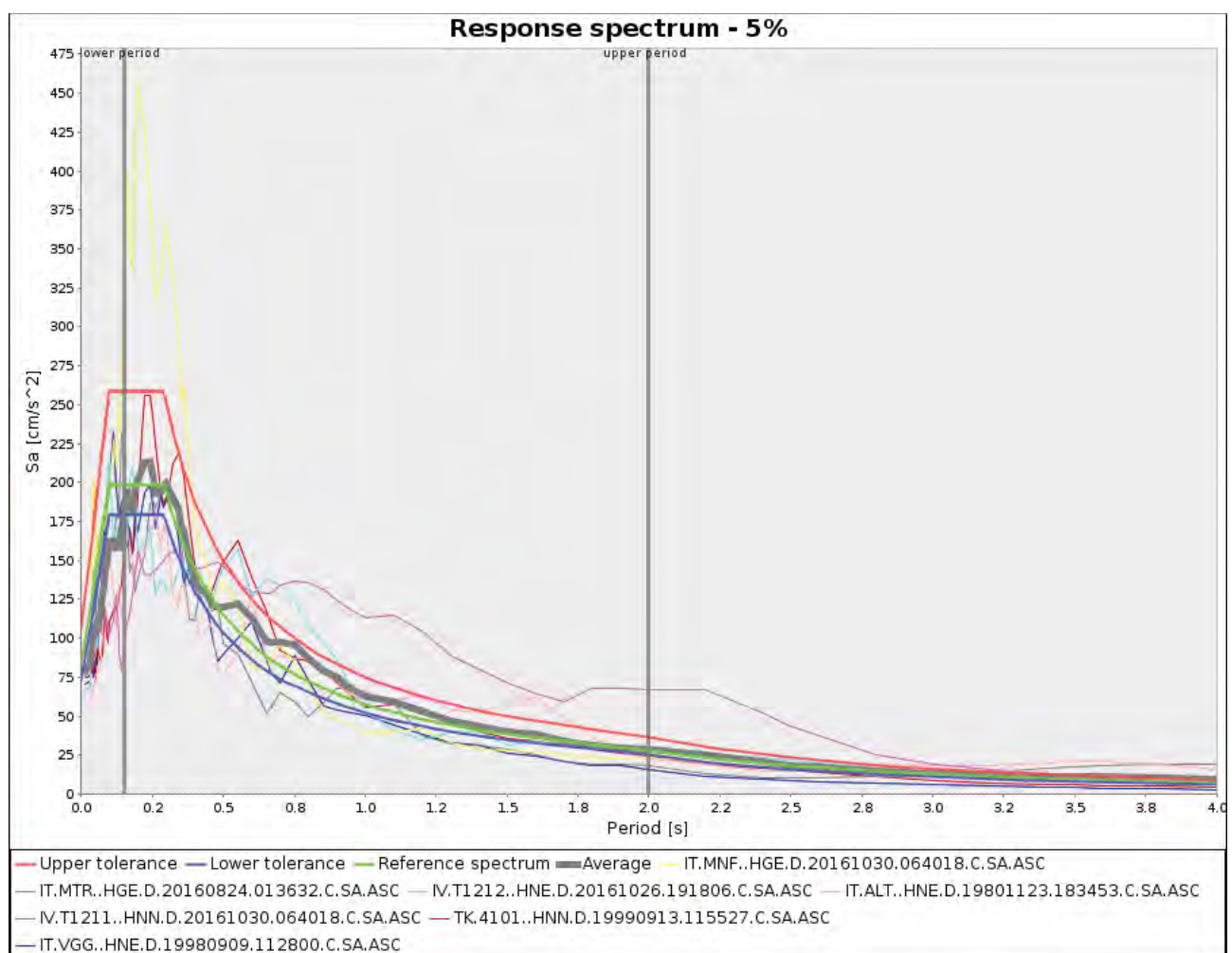


Figura 5: Combinazione dei n°7 accelerogrammi ottenuti (SLD)

3.3 - ESTRAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI SLV

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLV	475	0.193	2.533	0.334

Dati di DISAGGREGAZIONE

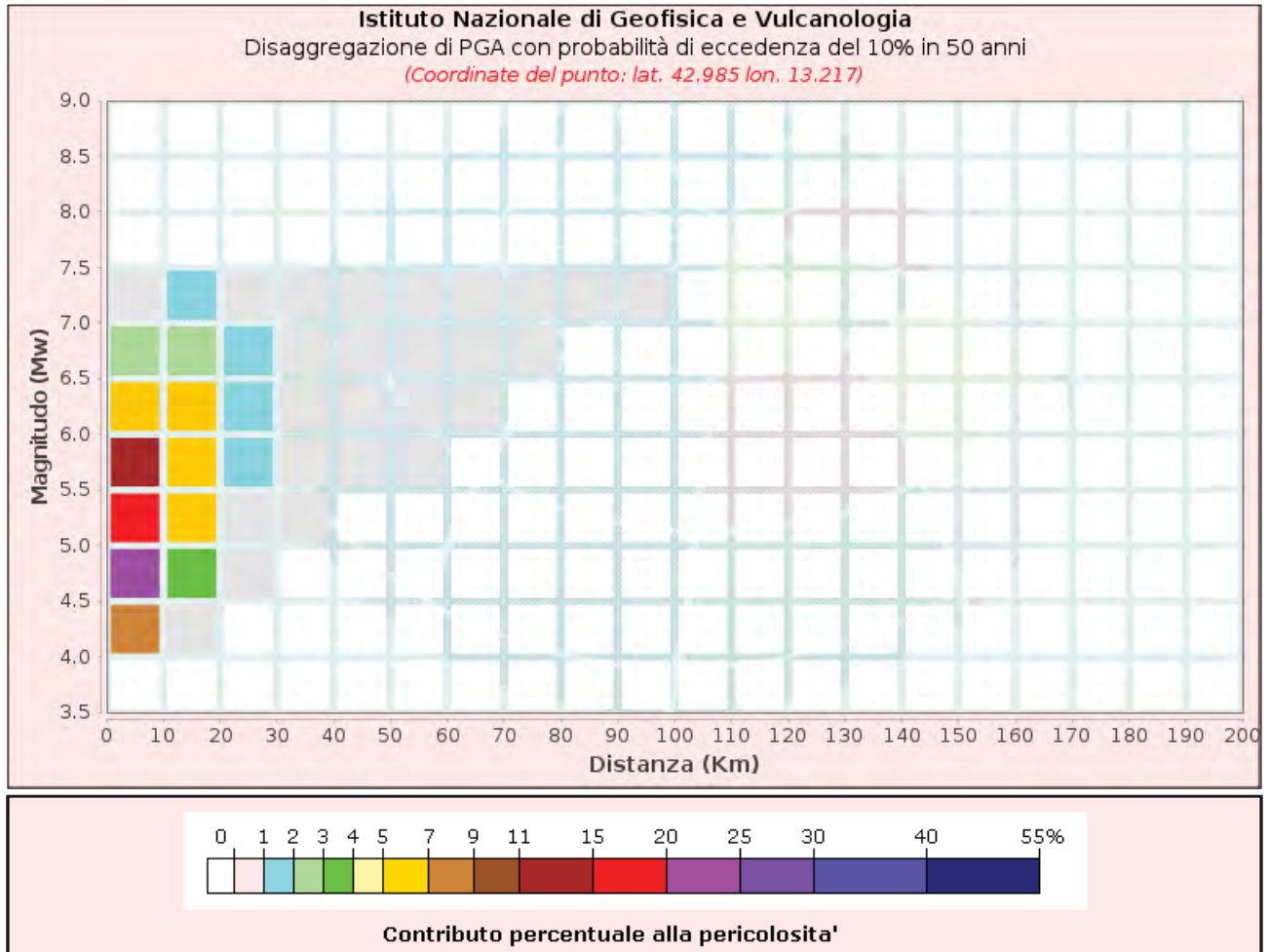
<http://esse1-gis.mi.ingv.it>


Figura 6 : Grafico di Disaggregazione - Magnitudo/Distanza

La matrice dei dati di disaggregazione (Bazurro et al., 1999 - Spallarossa et al., 2007) mostrata in figura 6 indica contributi massimi alla pericolosità dell'area dati da coppie Magnitudo - Distanza comprese tra Magnitudo 4 - 7.5 e Distanza 0 - 30 Km.

Per quanto riguarda i dati sismici di input per le simulazioni di *RSL*, sono stati utilizzati n°7 accelerogrammi di riferimento scelti dal Centro di Microzonazione Sismica per il comune di Bolognola. Il set di accelerogrammi è stato estratto per un Tempo di ritorno (T_R) pari a 475 anni, se ne riporta il report nell'immagine seguente.

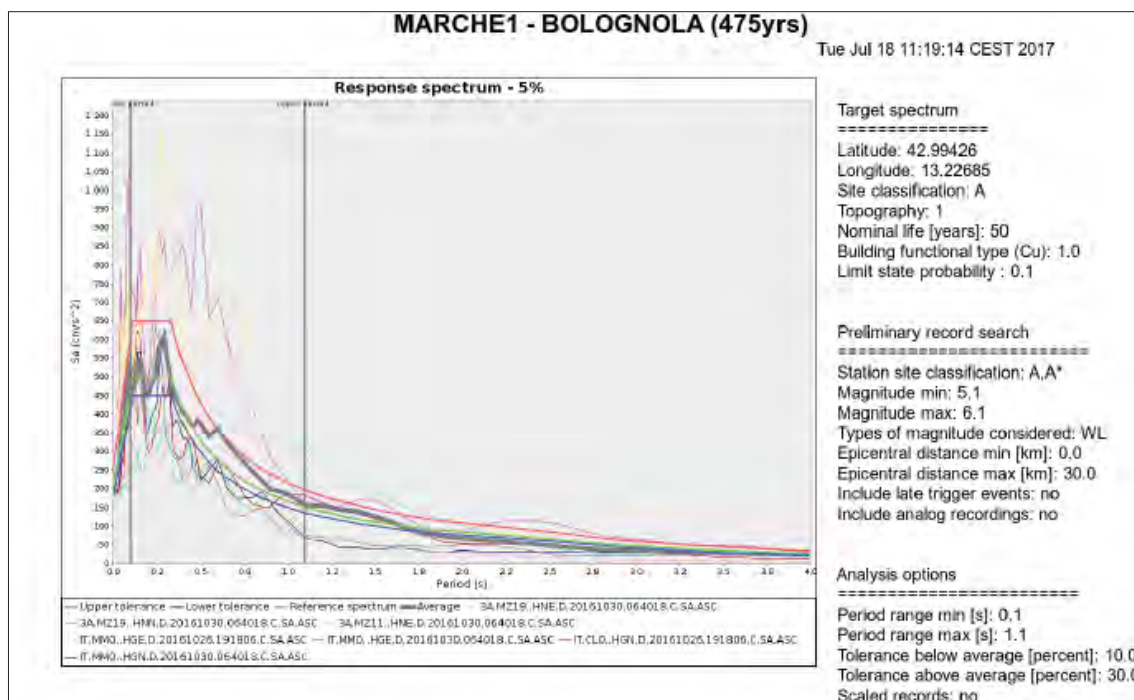


Figura 7: Combinazione dei n°7 accelerogrammi scelti dal Centro di MS per il comune di Bolognola (SLV)

3.4 - ESTRAZIONE DEGLI ACCELEROGRAMMI SLC

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLC	975	0.248	2.565	0.347

Dati di DISAGGREGAZIONE

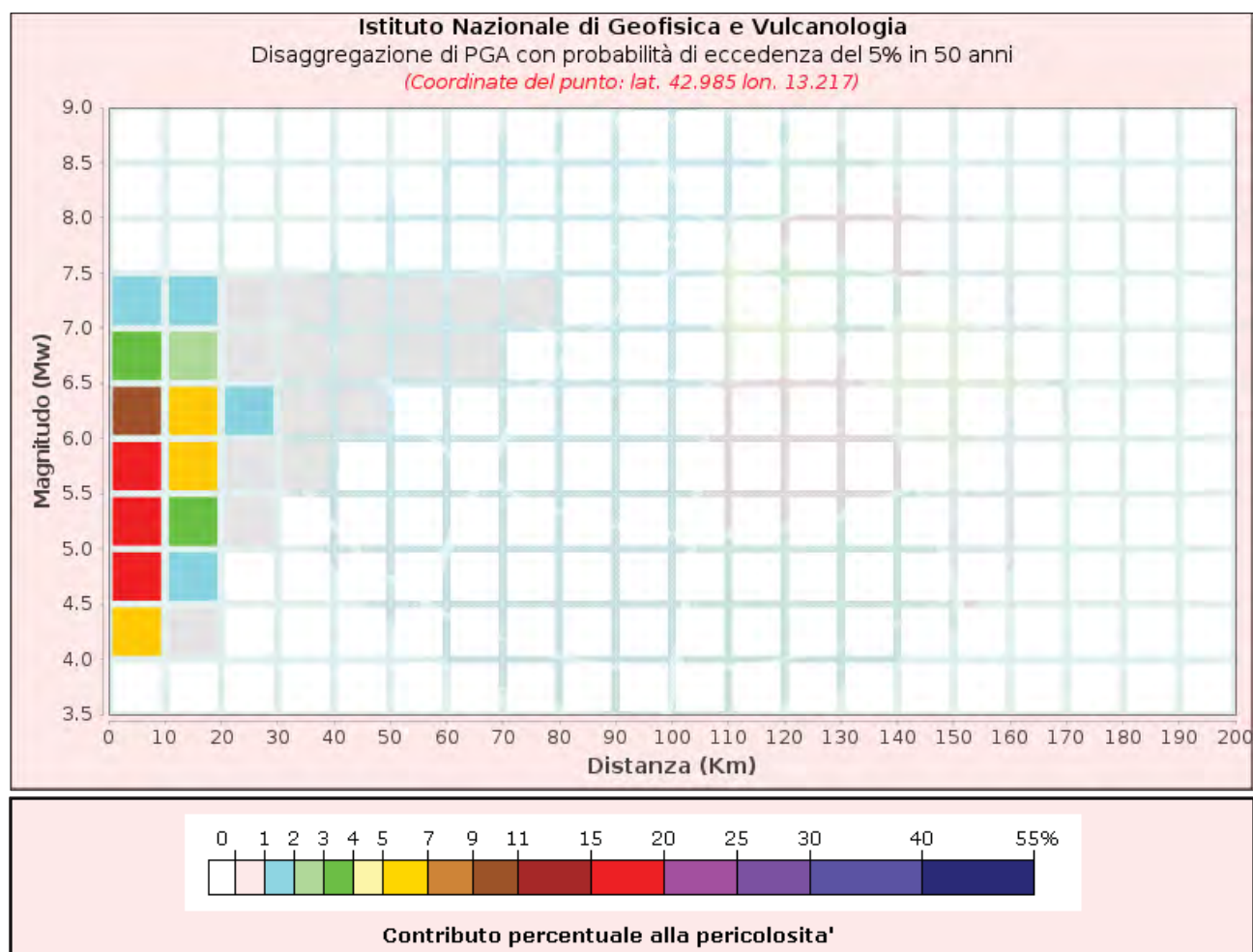
<http://esse1-gis.mi.ingv.it>


Figura 8 : Grafico di Disaggregazione - Magnitudo/Distanza

La matrice dei dati di disaggregazione (Bazurro et al., 1999 - Spallarossa et al., 2007) mostrata in figura 8 indica contributi massimi alla pericolosità dell'area dati da coppie Magnitudo - Distanza comprese tra Magnitudo 4 - 7.5 e Distanza 0 - 30 Km.

Per quanto riguarda i dati sismici di input per le simulazioni di *RSL*, come previsto da normativa, sono utilizzati n°7 accelerogrammi di riferimento; utilizzando per l'estrazione degli accelerogrammi il software *REXELite* (http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet_30/#/home) con i seguenti parametri di ingresso:

Site classification:	A
Topography:	1
Nominal life [years]:	50
Building functional type (Cu):	1.0
Limit state probability:	0.05
Station site classification:	A,A*
Magnitude min:	4.0
Magnitude max:	6.5
Types of magnitude considered:	WL
Epicentral distance min [km]:	0.0
Epicentral distance max [km]:	30.0

In figura 9 sono riportati gli spettri relativi agli accelerogrammi selezionati con evidenziato lo spettro medio.

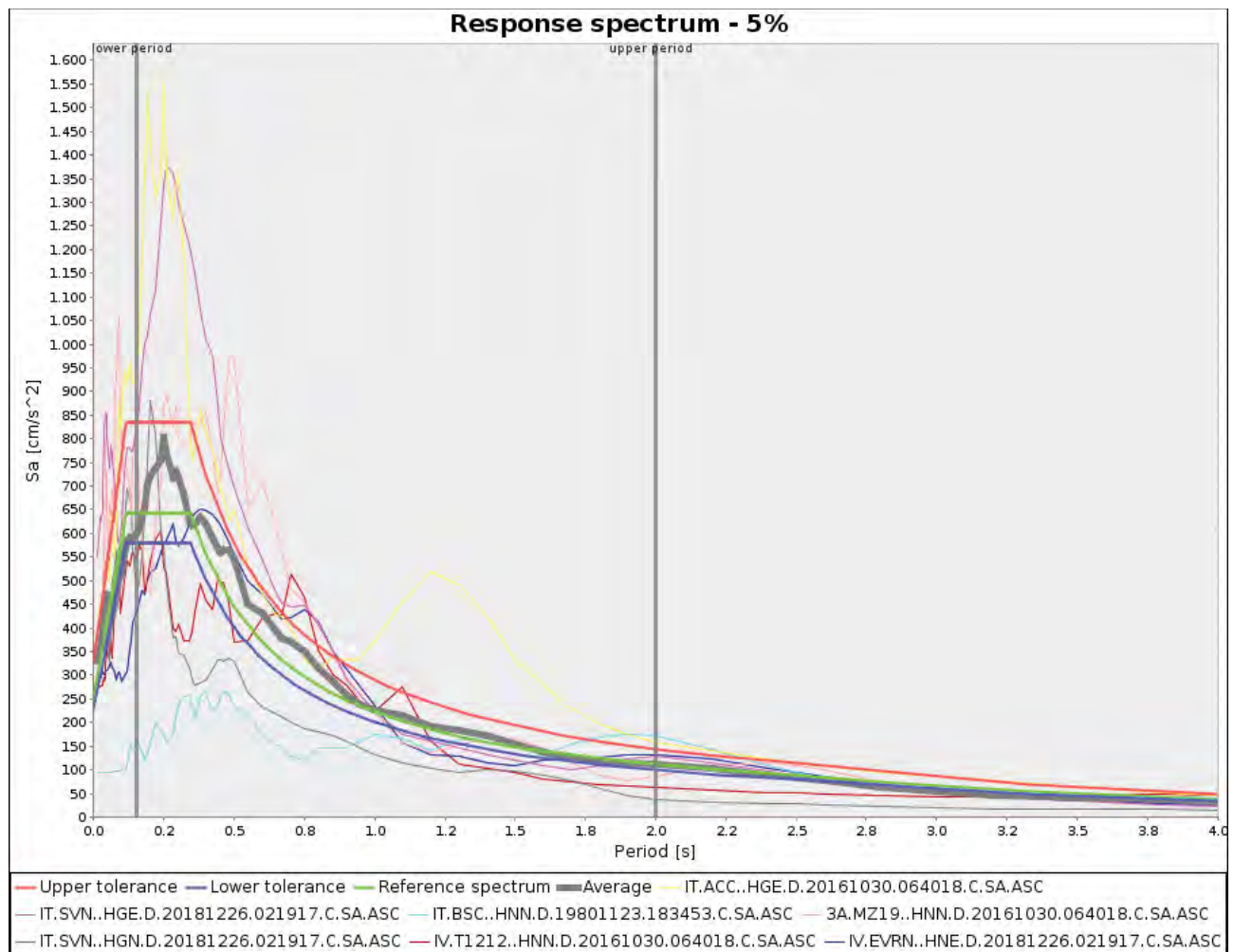


Figura 9: Combinazione dei n°7 accelerogrammi ottenuti (SLC)

4 - SISMO STRATIGRAFIA

Per la definizione del modello 2D di analisi è stata realizzata una sezione sismo stratigrafica di lunghezza pari a 1500 metri (fig.10), i dati topografici di superficie sono stati derivati dalla Carta Tecnica Regionale Numerica (C.T.R.N.).

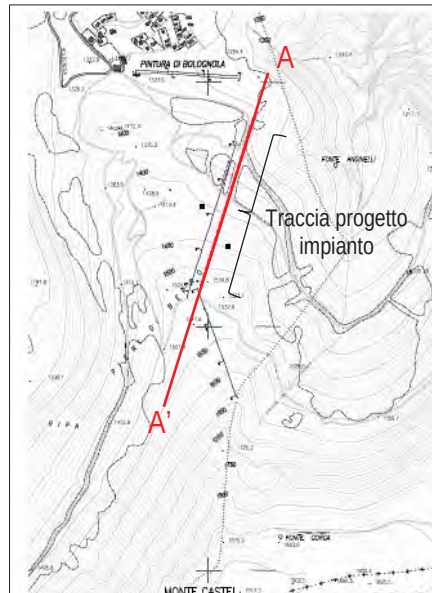


Figura 10: Traccia della sezione sismo stratigrafica

La morfometria superficiale dell'area di progettazione dell'impianto di risalita è sviluppata su un versante dall'acclività non omogenea, esso si trova in Loc. Pintura nel comune di Bolognola (MC).

Il progetto ha previsto l'esecuzione di indagini geofisiche attive e passive del tipo Rifrazione, MASW e misure di rumore ambientale a stazione singola HVSR. In particolare, n° 4 indagini del tipo Rifrazione, n°4 indagini tipo MASW e n°1 misure di rumore ambientale a stazione singola elaborate con tecnica HVSR.

Le indagini eseguite mettono in evidenza uno spessore variabile di terreni di copertura poco addensati, al di sotto di essi è presente un substrato geologico caratterizzato da stato di alterazione e/o fratturazione molto variabile.

E' stata quindi realizzata la sezione sismo - stratigrafica sulla base delle indagini eseguite con l'aggiunta di n°14 punti di controllo, uno per ogni pilone o stazione della seggiovia prevista dal progetto. Il posizionamento dei punti di controllo è stato definito in base a quanto previsto dall'ipotetico piano di fondazione delle strutture, anche in considerazione di eventuali riprofilature locali del versante.

La sezione A-A' è riportata in fig. 11 con evidenziati i punti di controllo.

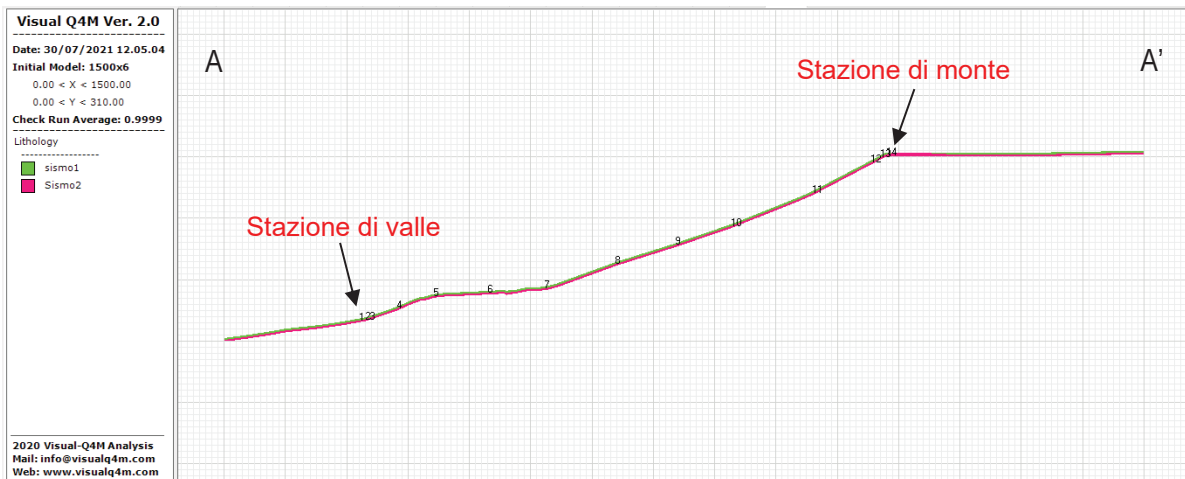


Figura 11: Sezione sismo stratigrafica con indicati i punti di controllo utilizzati

Le simulazioni numeriche 2D sono state realizzate con approccio di calcolo lineare equivalente (Lanzo - Silvestri, 1999 - Kramer, 1996) *LEQ* tenendo quindi conto della variazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni in termini di rigidezza e smorzamento (Khouri, 1984 - Darendeli, 2001) in funzione della condizione di stress indotta dall'accelerogramma analizzato. In particolare facendo riferimento alla sismo stratigrafia adottata ed ai litotipi, sono state attribuite ai terreni curve di letteratura ritenute più idonee in base alle caratteristiche meccanico - granulometriche dei terreni.

In definitiva il modello 2D realizzato ha una lunghezza pari a 1500 metri ed uno spessore massimo pari a circa ≈ 6 metri. La maglia del modello è composta da 1500×310 elementi. I sismo strati individuati sono n°2 più il substrato sismico (semi spazio - non rappresentato nel modello).

Qui di seguito in tabella 3 sono riportati i dati per la parametrizzazione utilizzata per i sismo strati individuati nella sezione A-A'.

Tabella 3: Sismostratigrafia analisi *LEQ*

Sismo STRATO	Velocità Vs (m/s)	Peso unità di volume (N/m ³)	Smorzamento
1	200	17500	Rollins et al., 1998
2	500	18000	Rollins et al., 1998
Bedrock	800	22000	1%

5 - RISULTATI STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

5.1 - RISULTATI SIMULAZIONE SLO

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.065	2.452	0.276

Risultati Simulazione Lineare Equivalente LEQ - n°7 Accelerogrammi

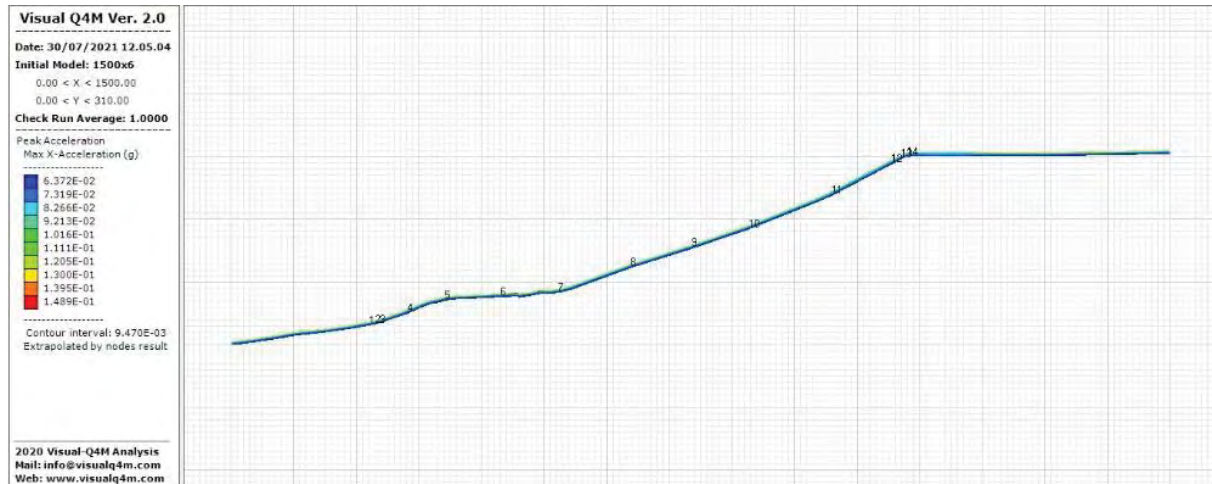


Figura 12: Mappa dei valori di PGA con punti di controllo

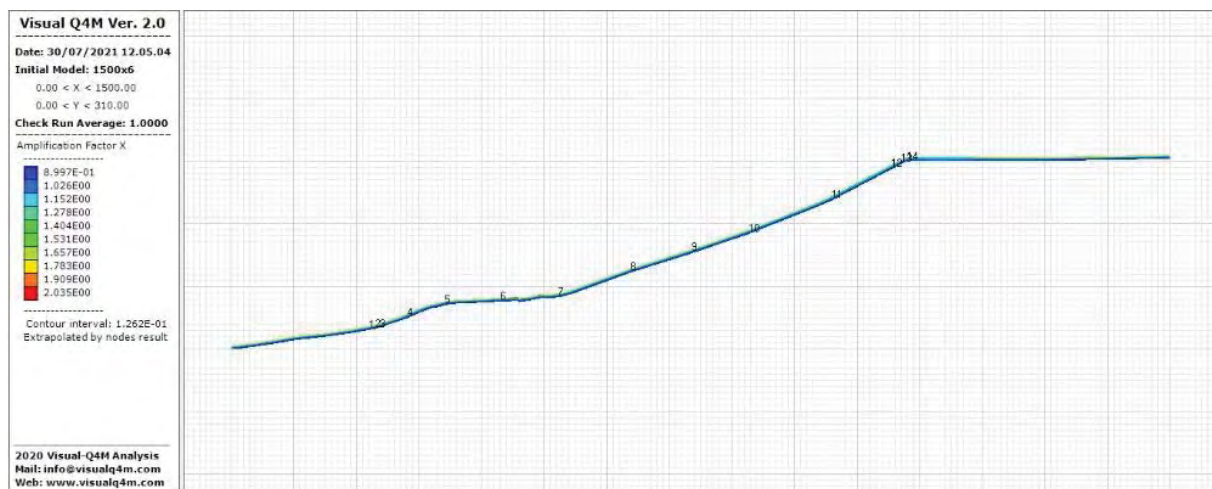
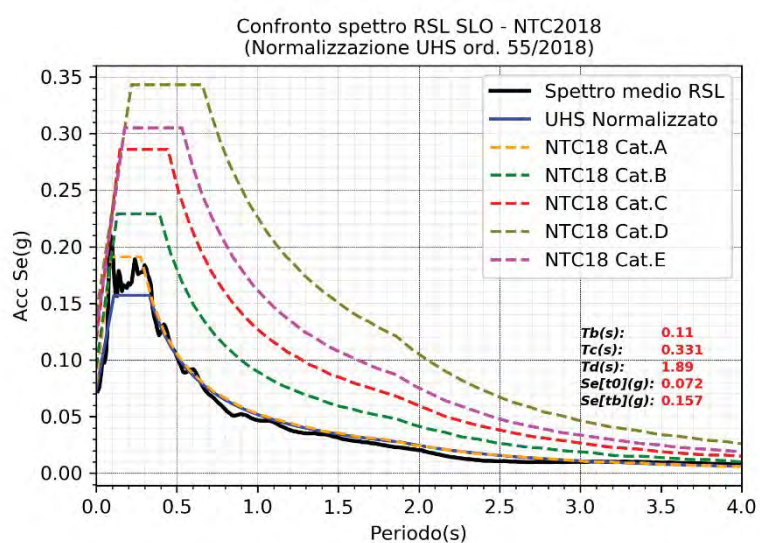
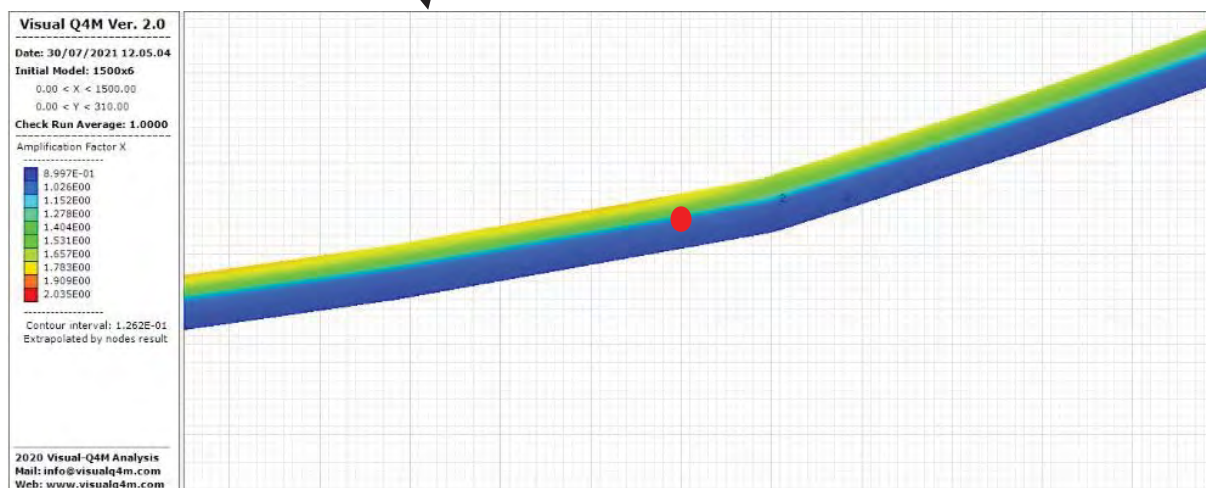
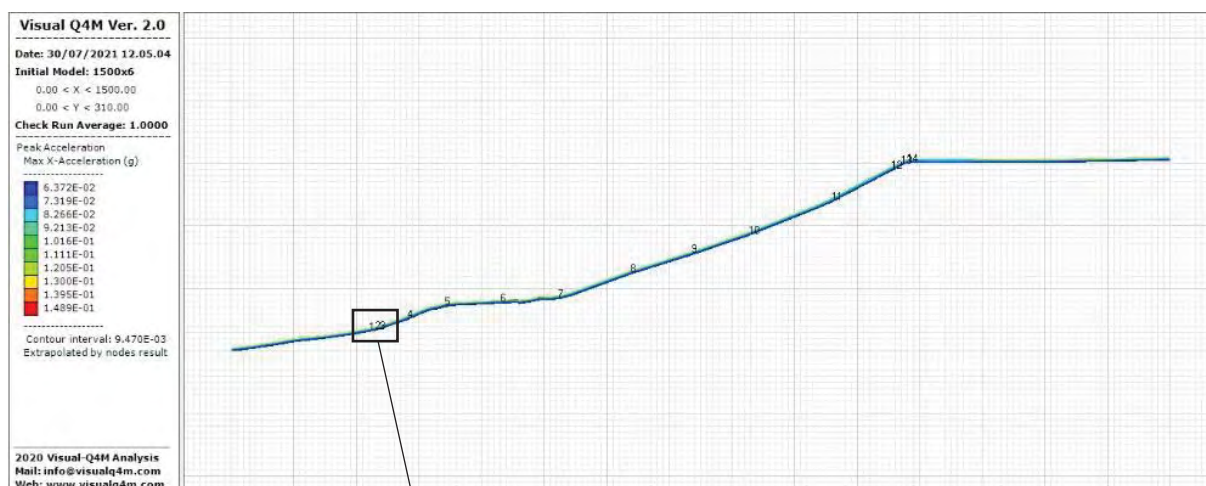
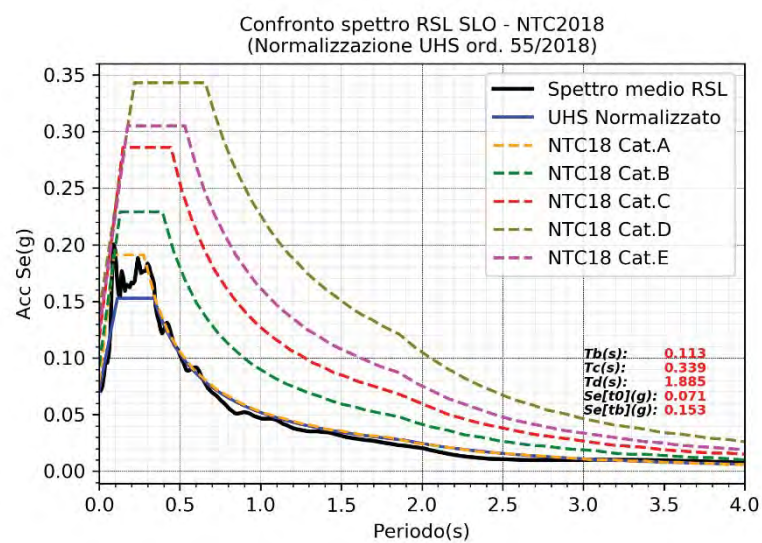
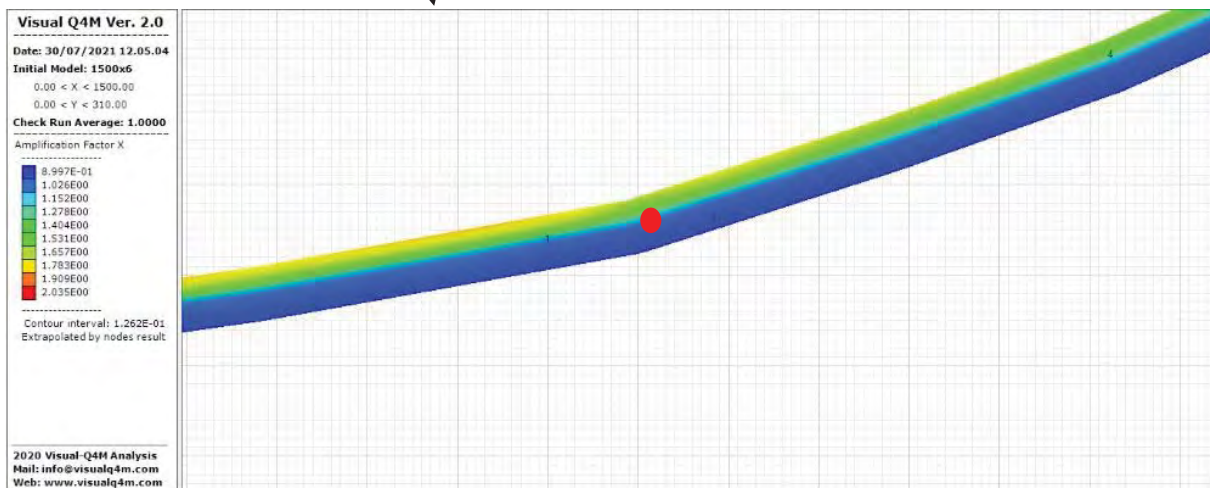
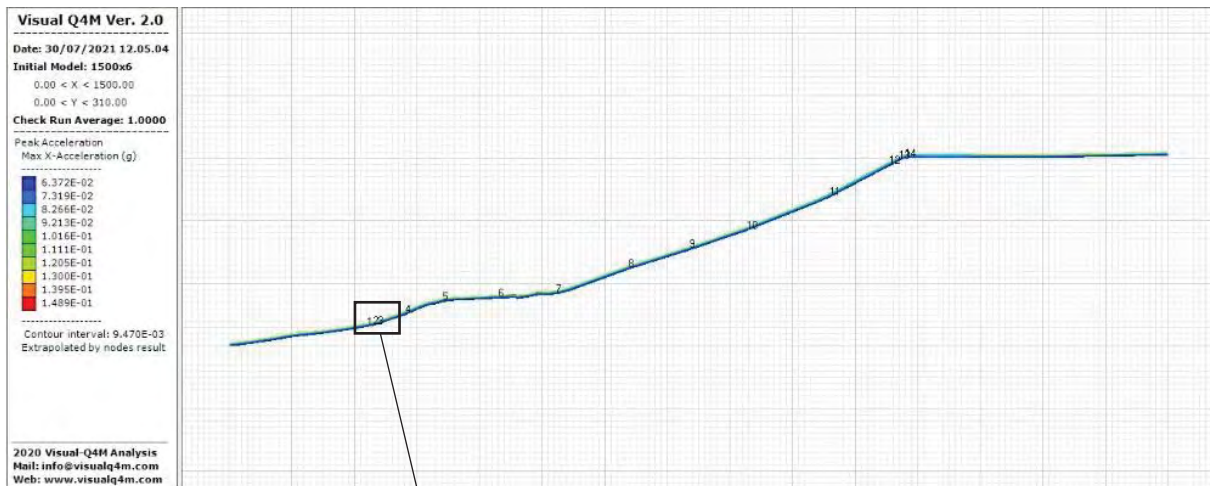


Figura 13: Mappa dei valori di FA con punti di controllo

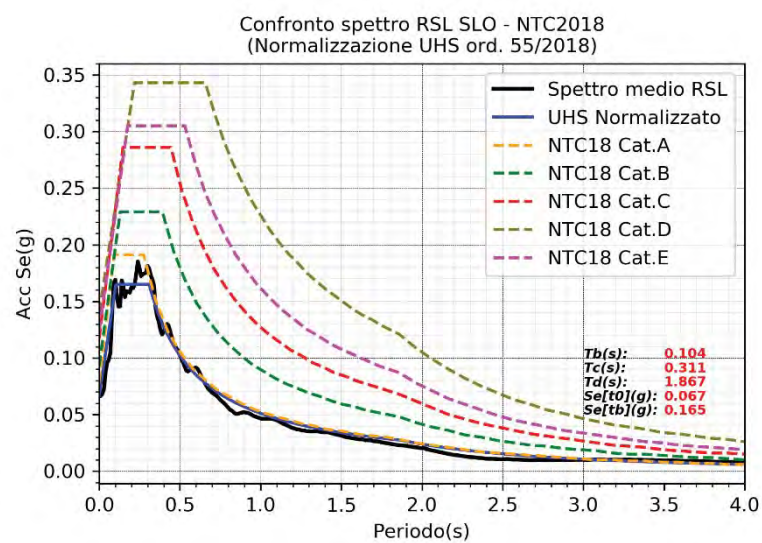
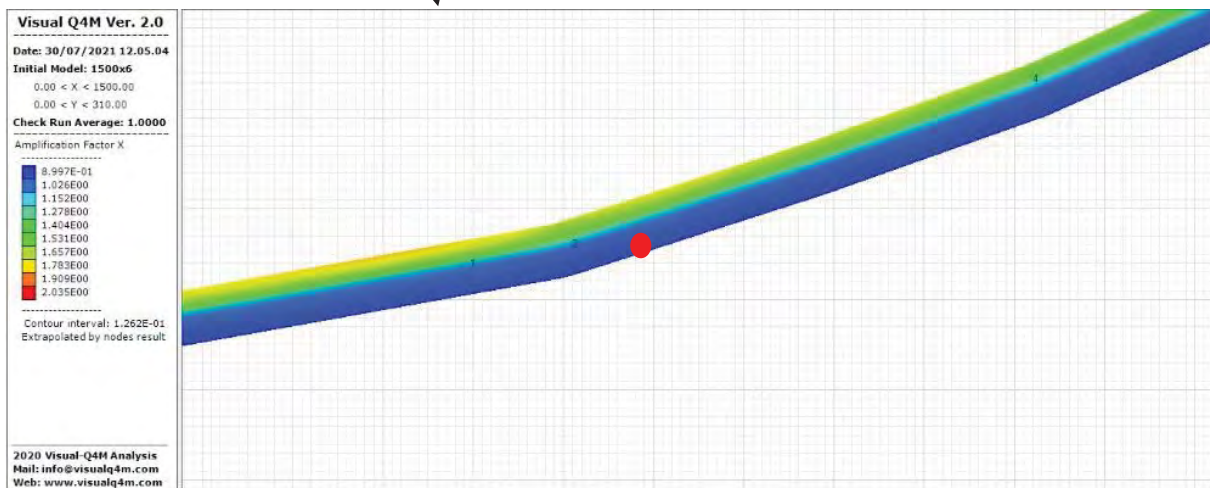
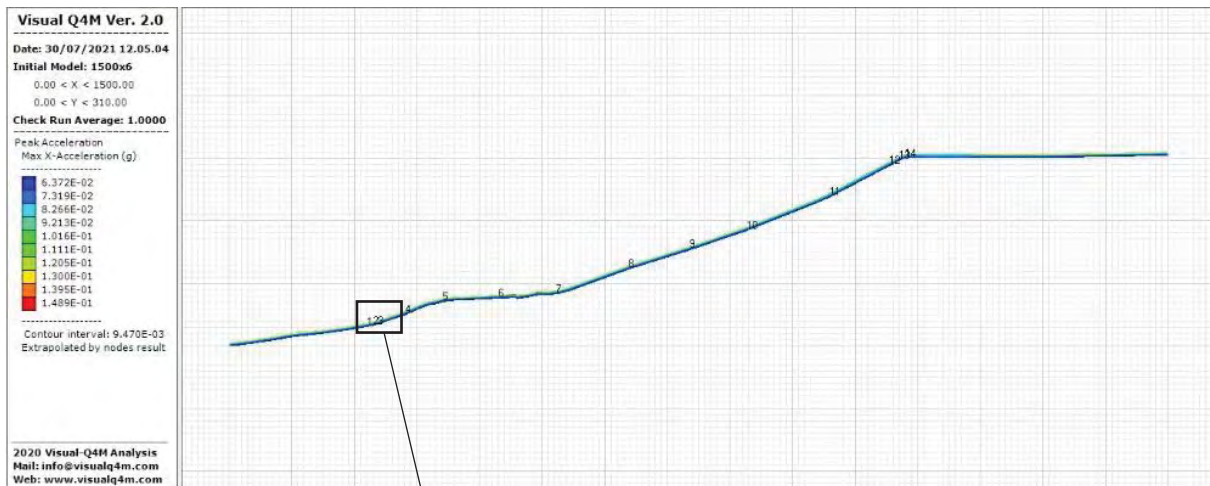
5.1.1 SLO – Stazione di valle (punto di controllo 1)



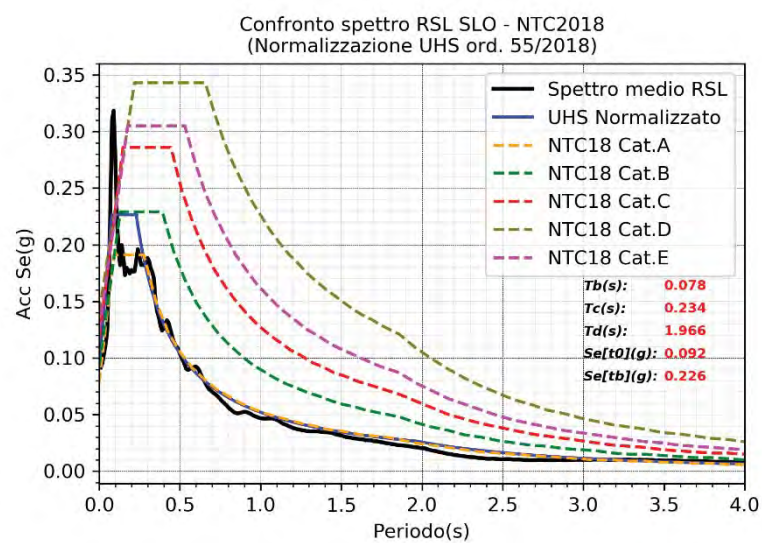
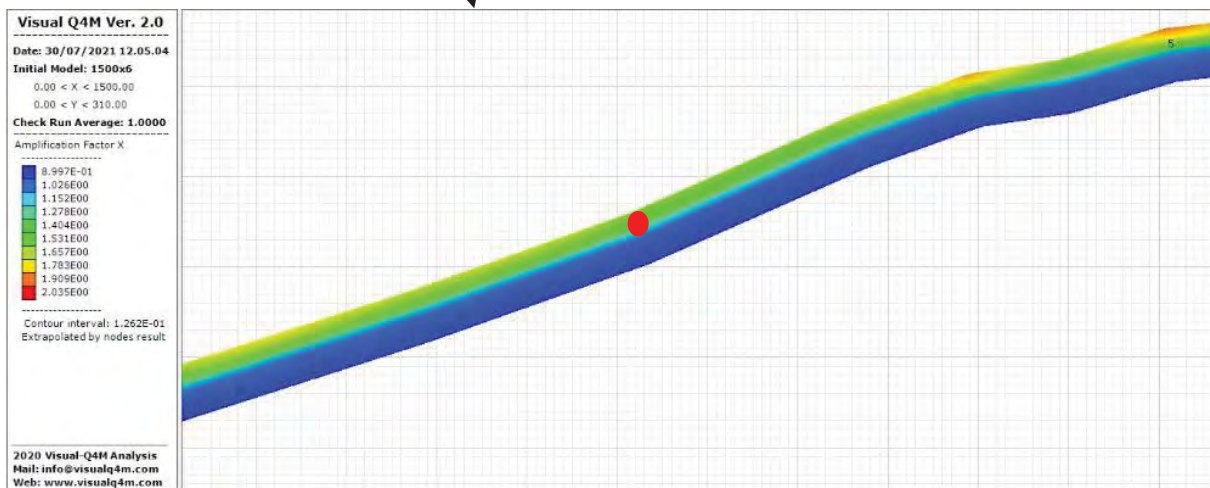
5.1.2 SLO – Pilone 1 (punto di controllo 2)



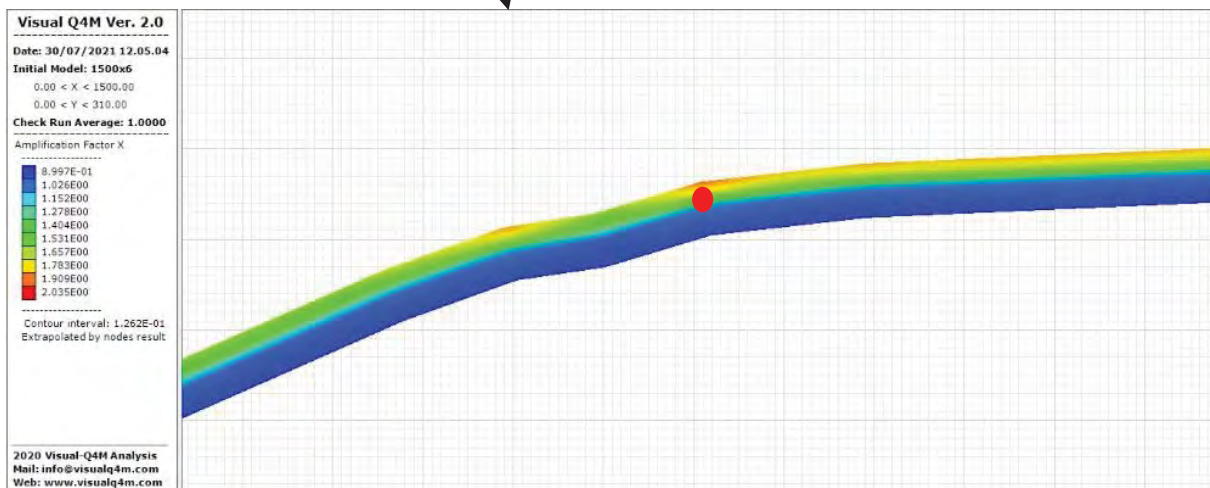
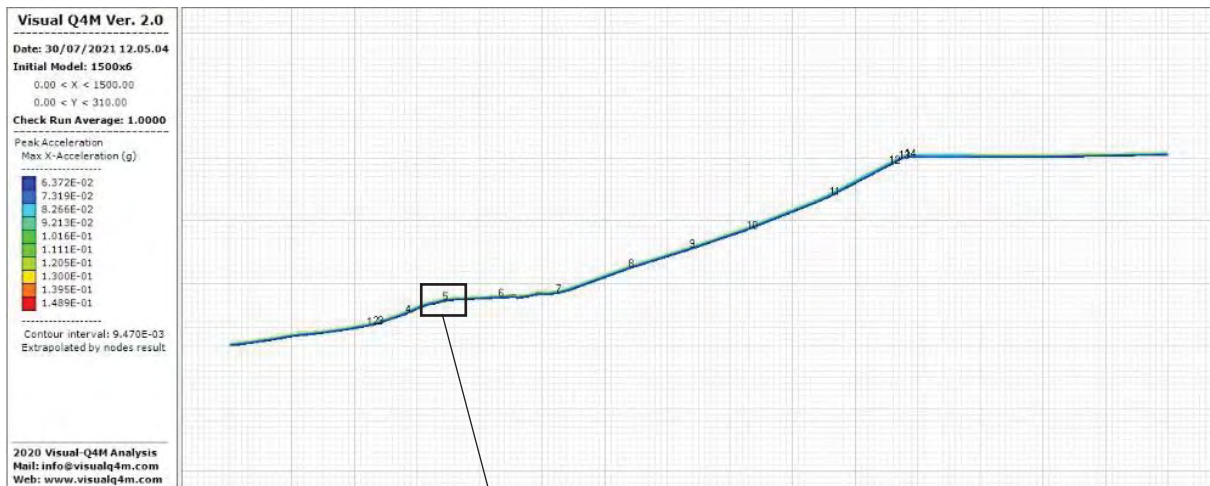
5.1.3 SLO – Pilone 2 (punto di controllo 3)



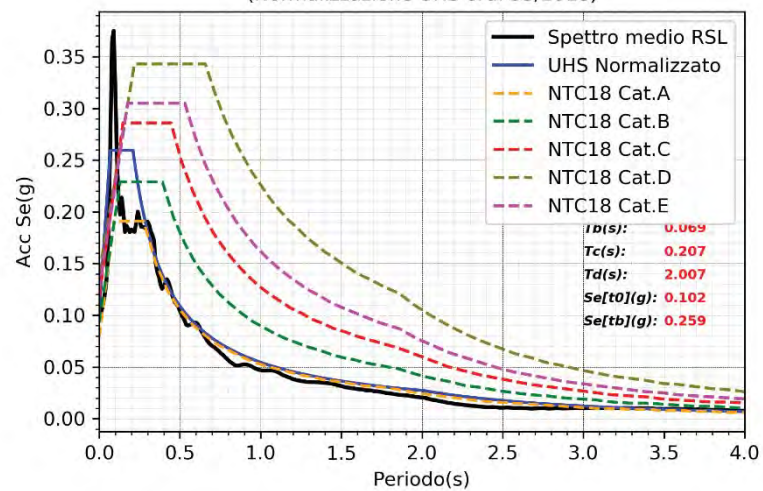
5.1.4 SLO – Pilone 3 (punto di controllo 4)



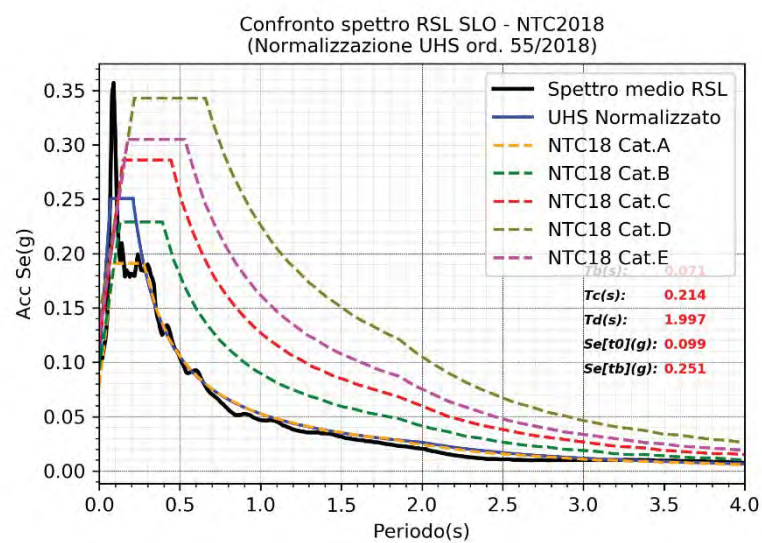
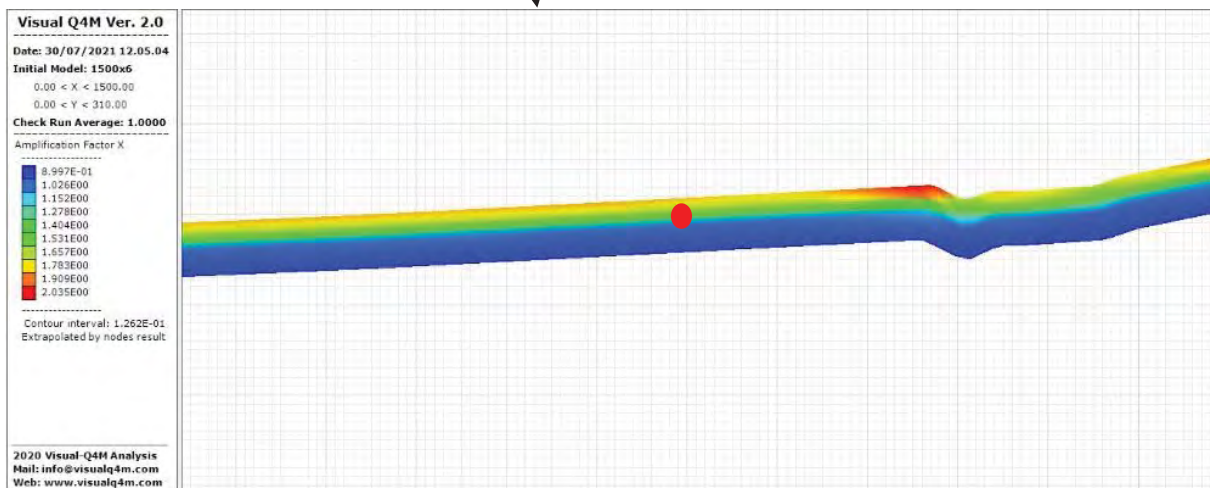
5.1.5 SLO – Pilone 4 (punto di controllo 5)



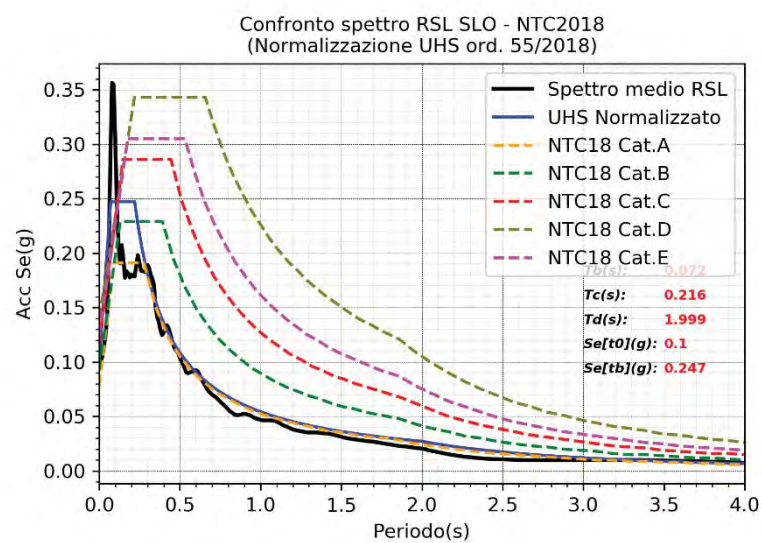
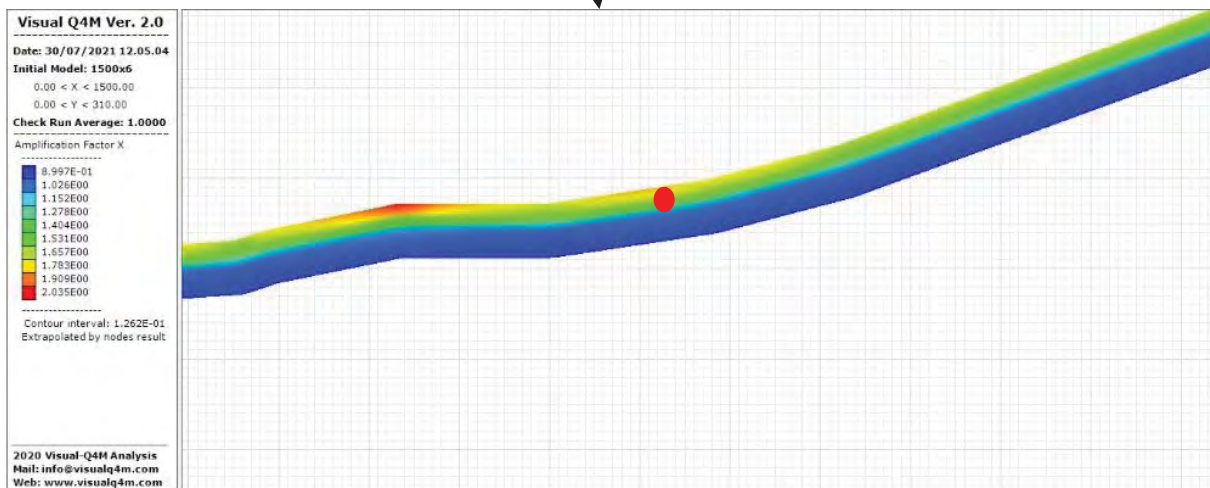
Confronto spettro RSL SLO - NTC2018
(Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



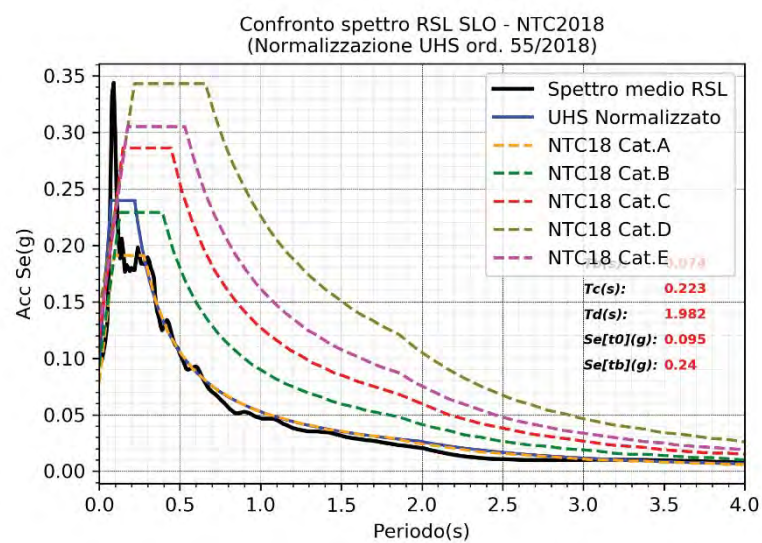
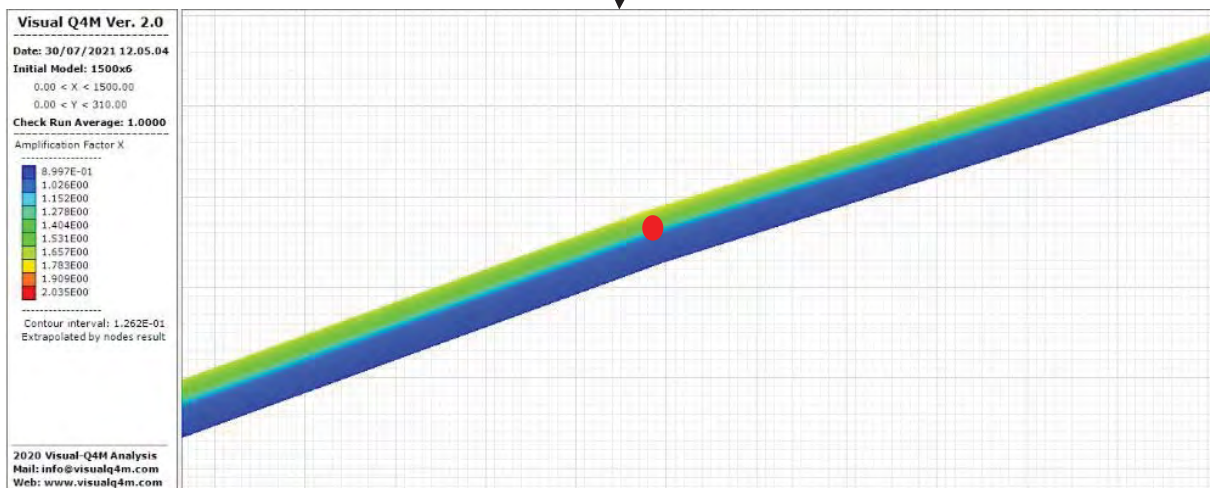
5.1.6 SLO – Pilone 5 (punto di controllo 6)



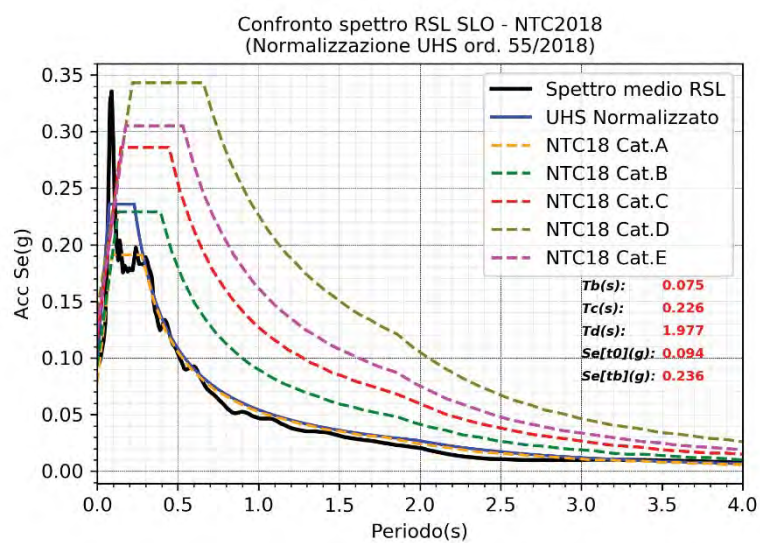
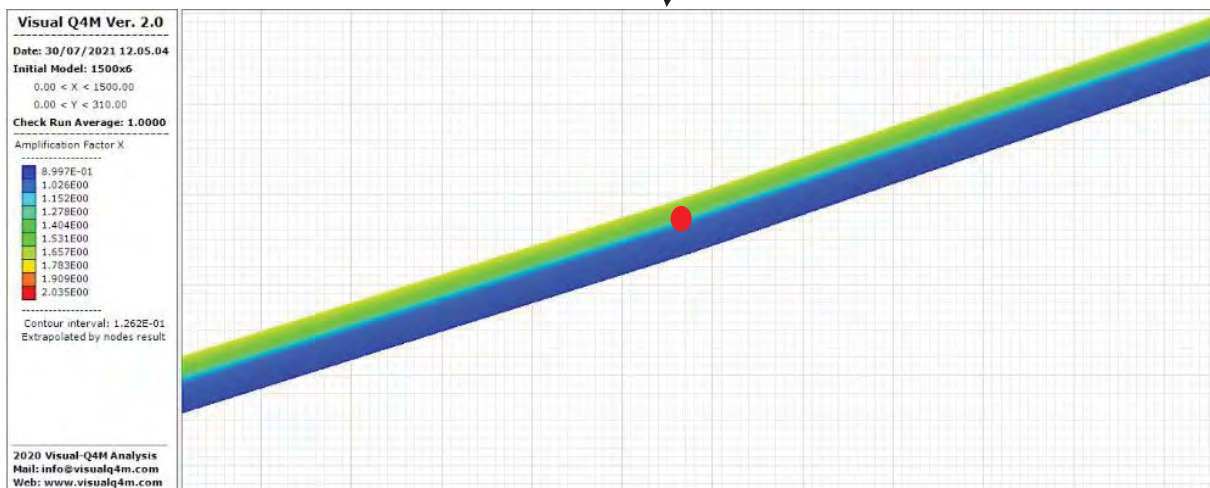
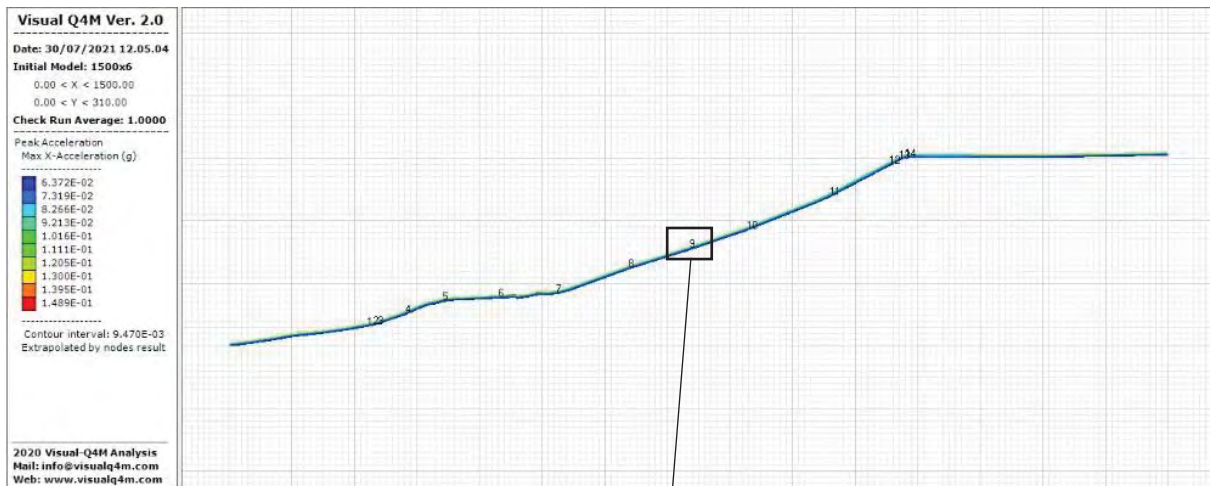
5.1.7 SLO – Pilone 6 (punto di controllo 7)



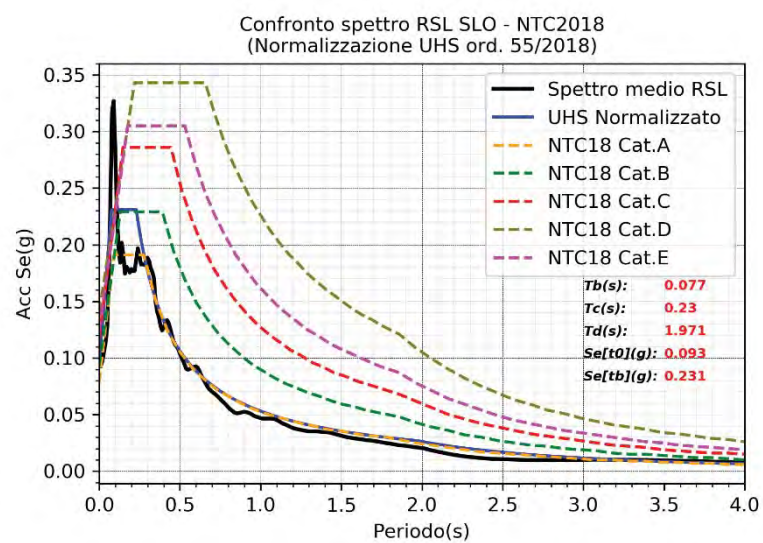
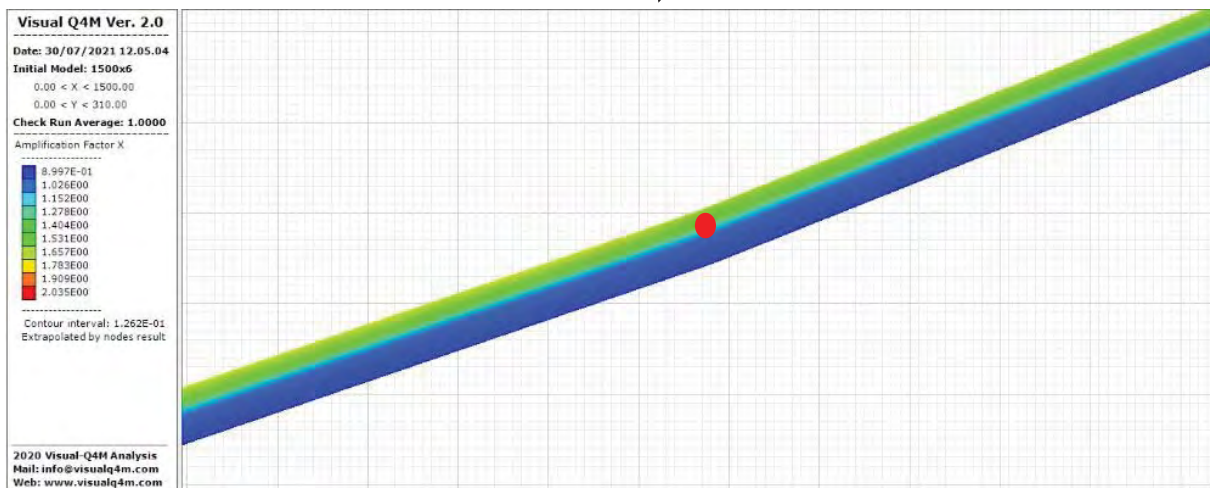
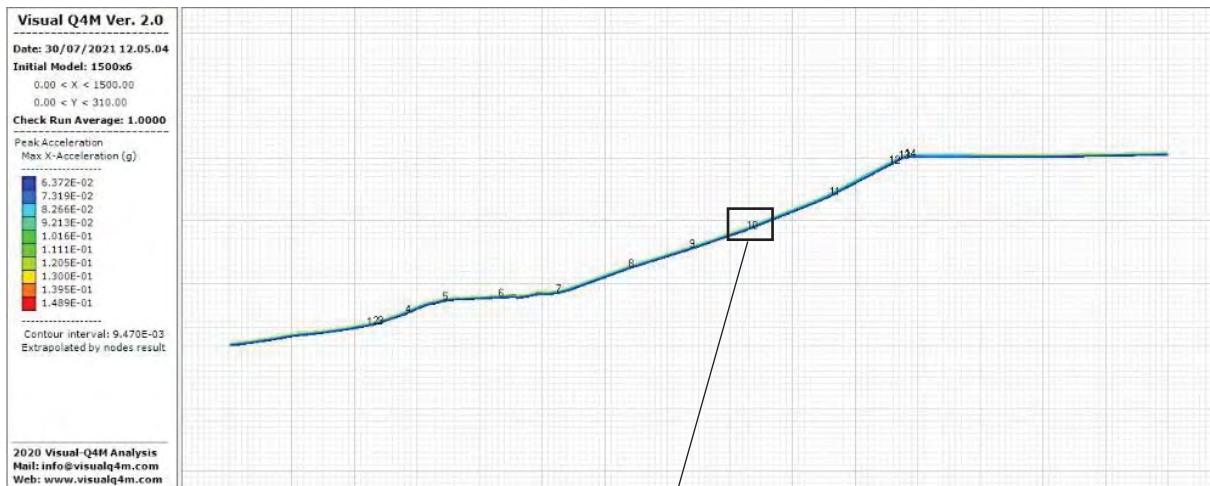
5.1.8 SLO – Pilone 7 (punto di controllo 8)



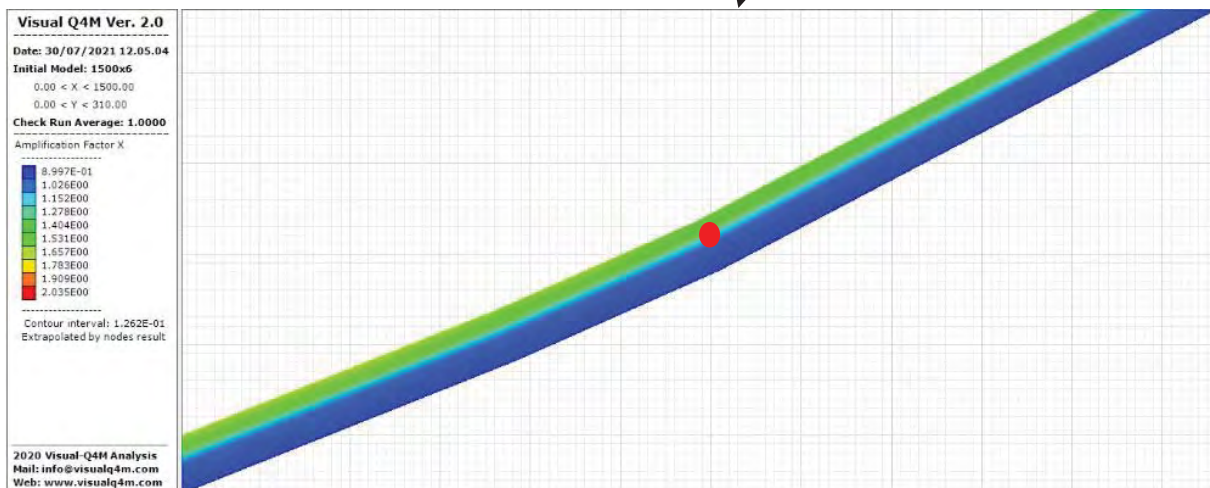
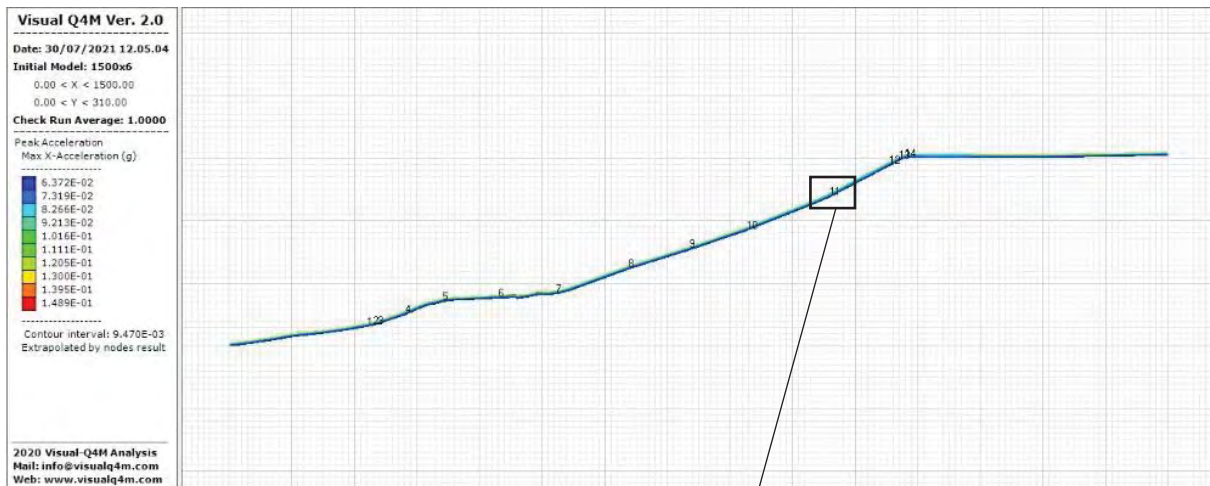
5.1.9 SLO – Pilone 8 (punto di controllo 9)



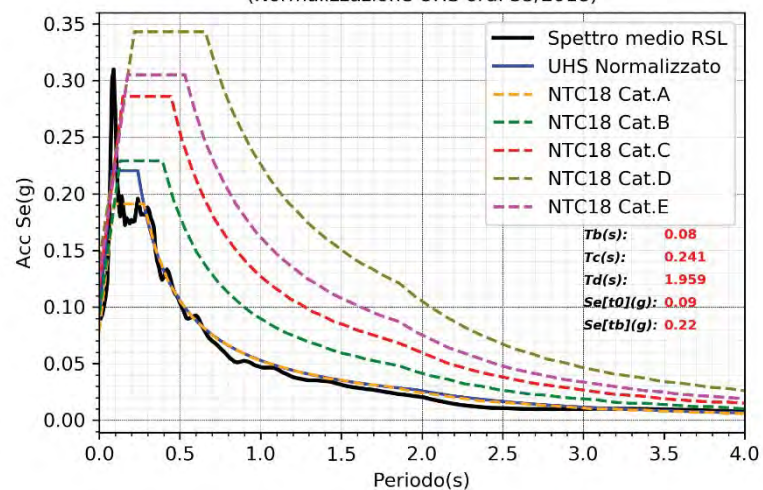
5.1.10 SLO – Pilone 9 (punto di controllo 10)



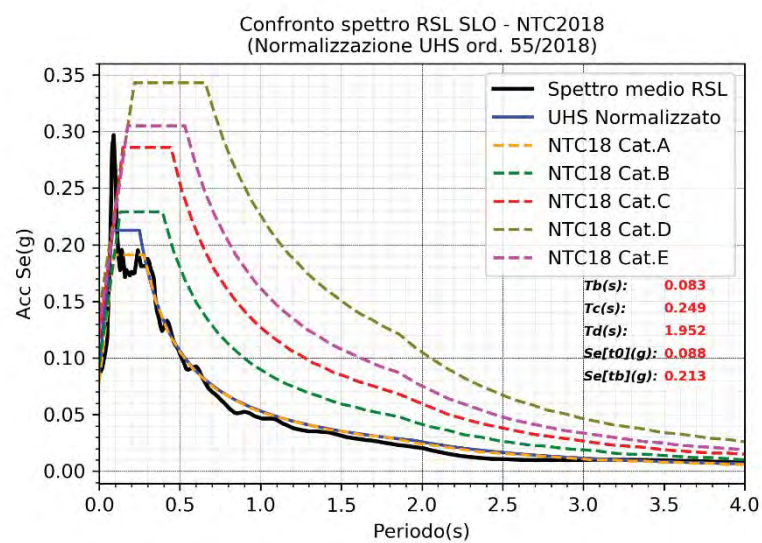
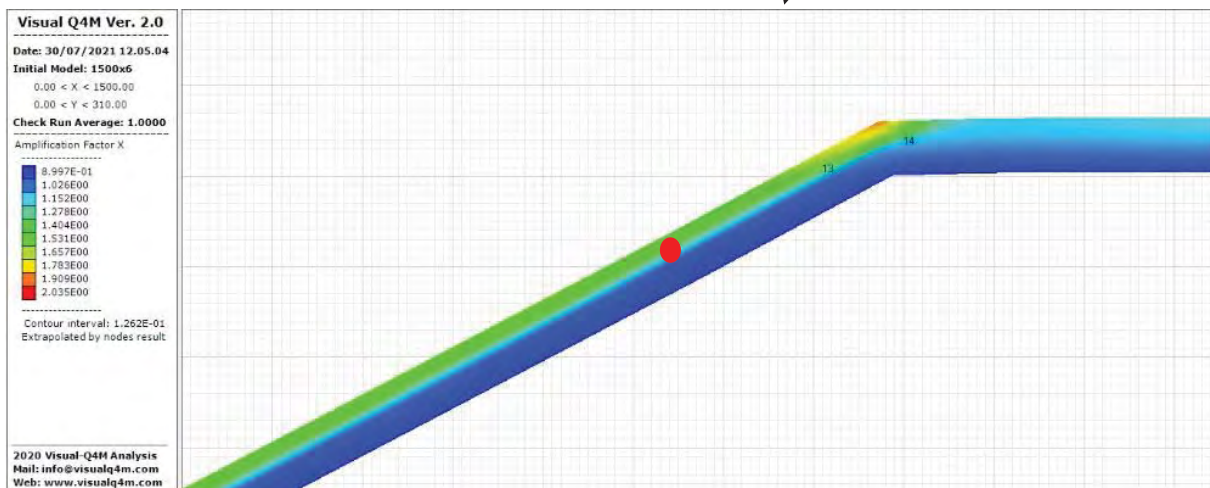
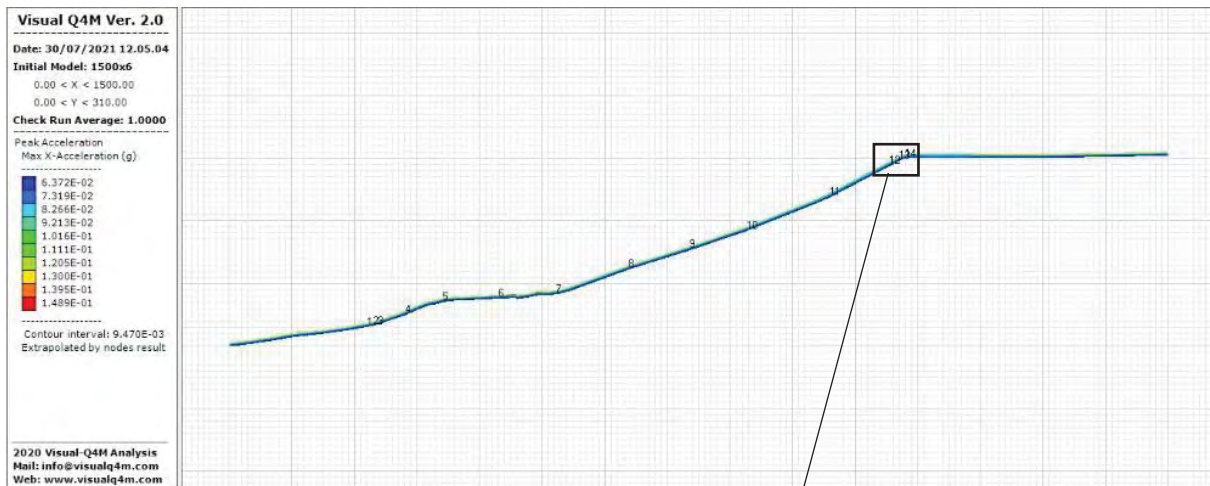
5.1.11 SLO – Pilone 10 (punto di controllo 11)



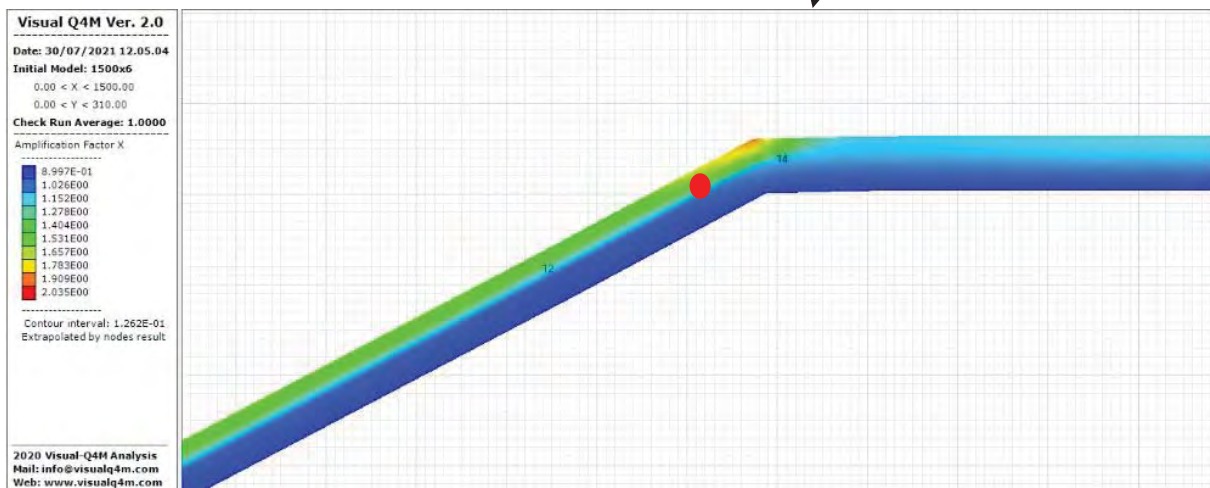
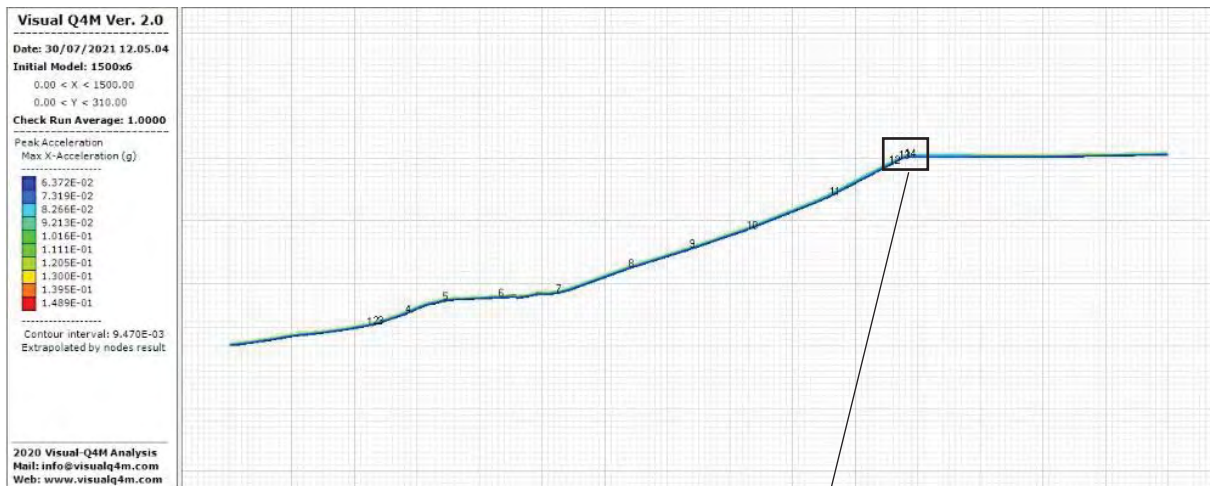
Confronto spettro RSL SLO - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



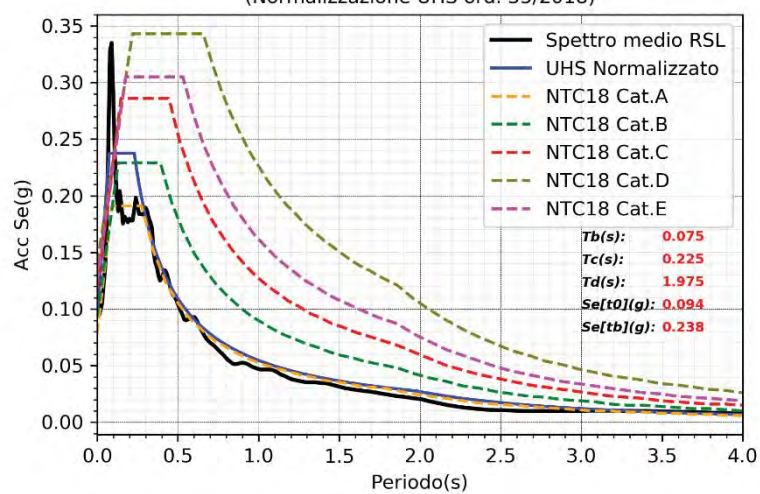
5.1.12 SLO – Pilone 11 (punto di controllo 12)



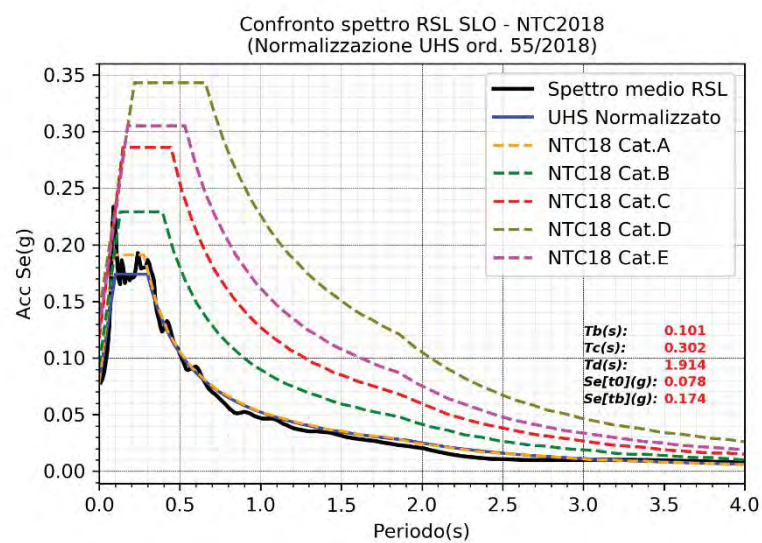
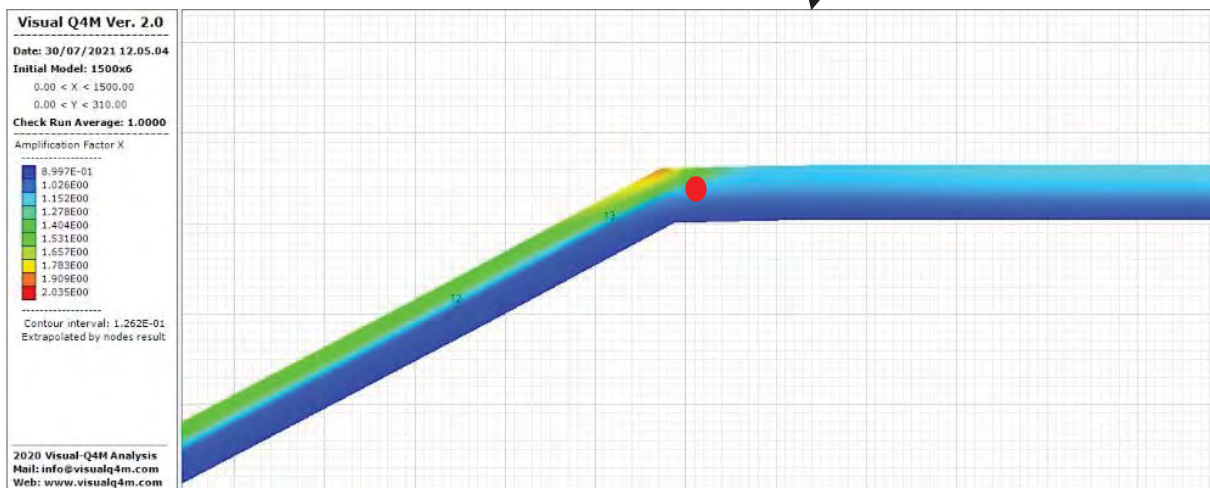
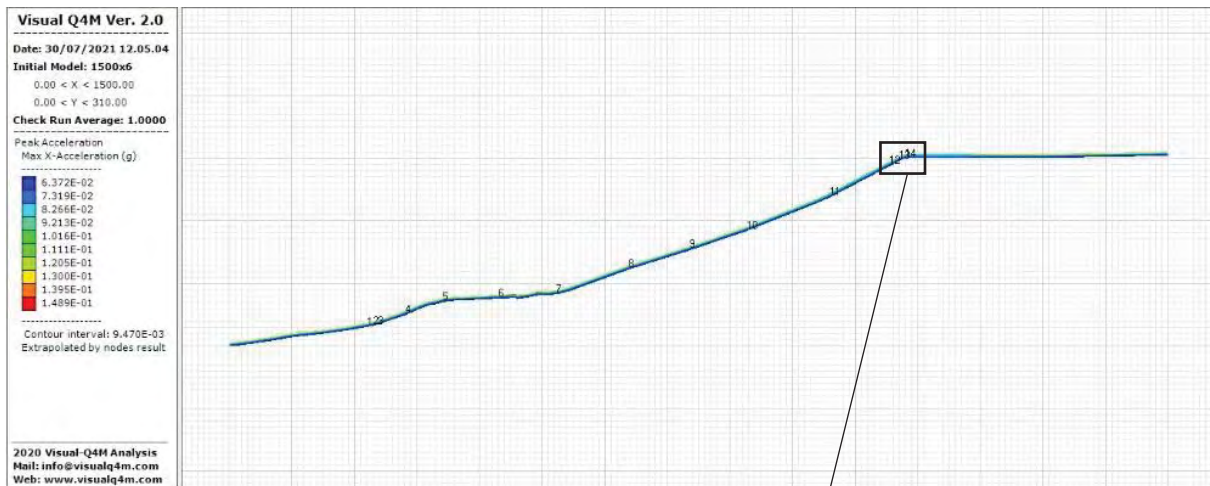
5.1.13 SLO – Pilone 12 (punto di controllo 13)



Confronto spettro RSL SLO - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



5.1.14 SLO – Stazione di monte (punto di controllo 14)



5.2 - RISULTATI SIMULAZIONE SLD

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLD	50	0.081	2.450	0.289

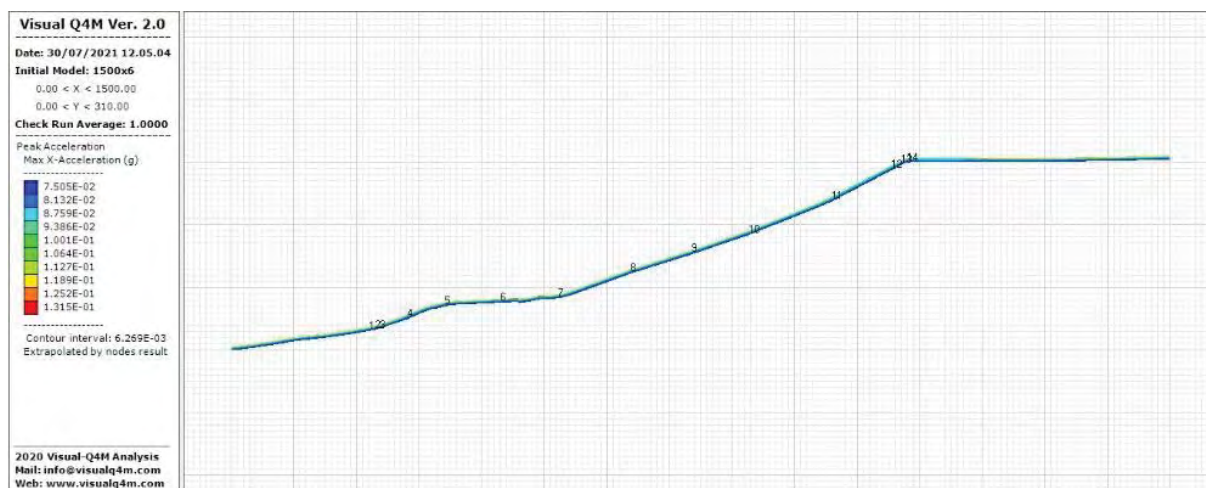
Risultati Simulazione Lineare Equivalente LEQ - n°7 Accelerogrammi

Figura 14: Mappa dei valori di PGA con punti di controllo

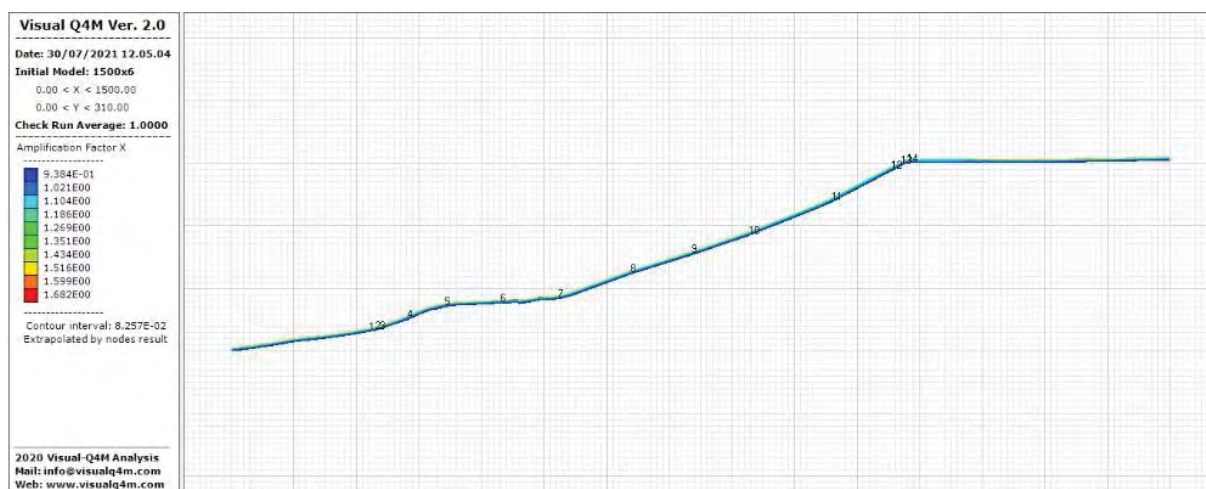
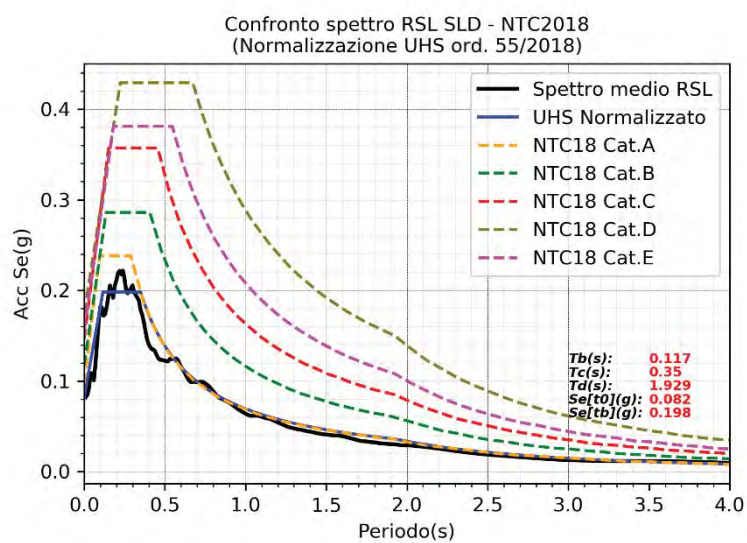
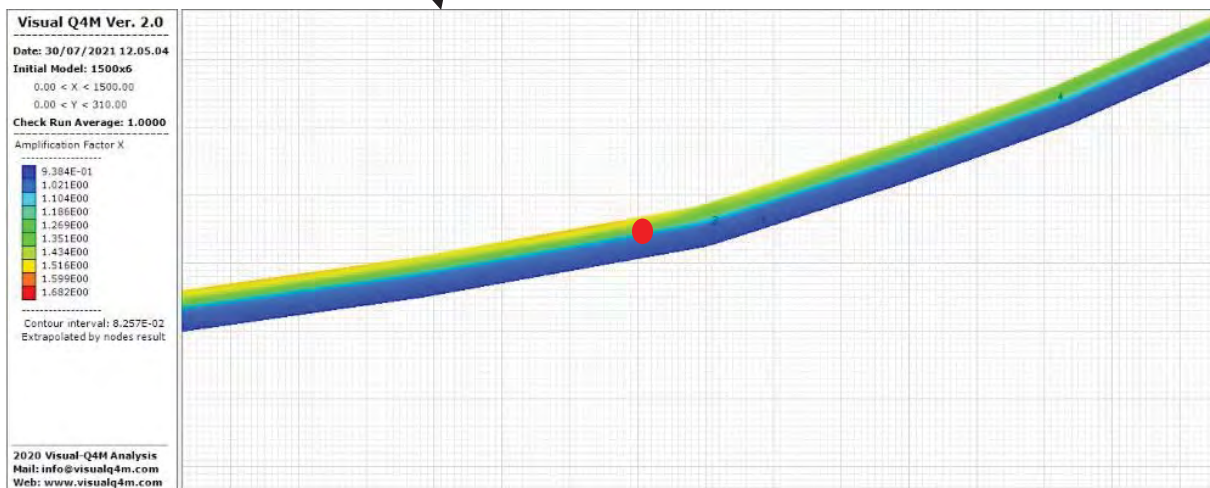
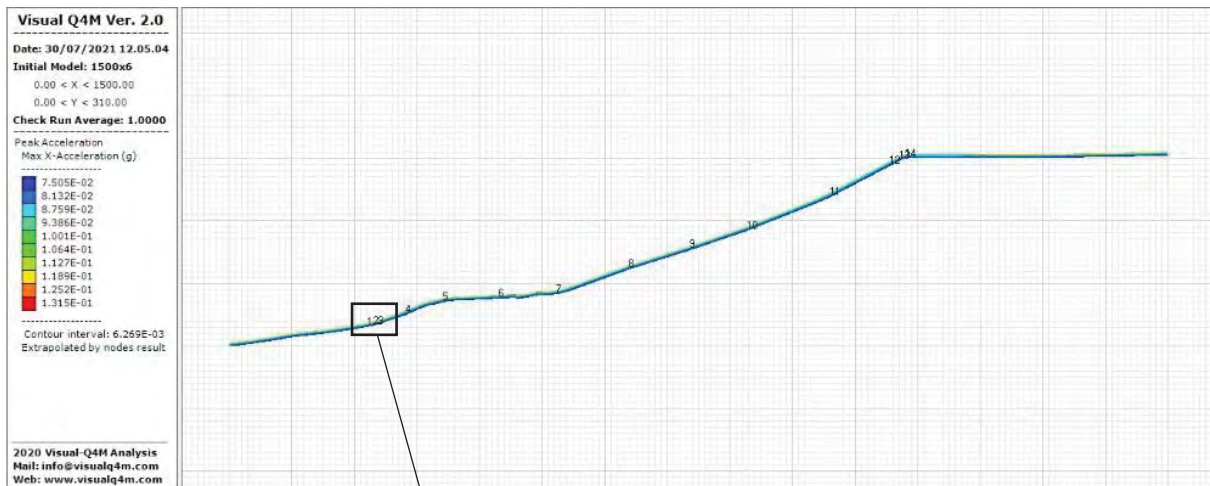
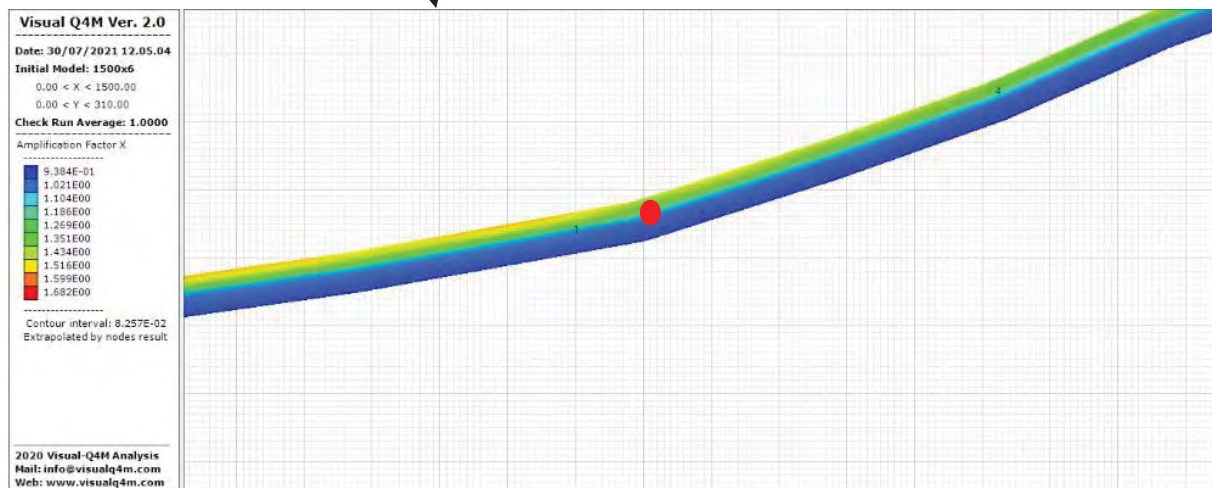
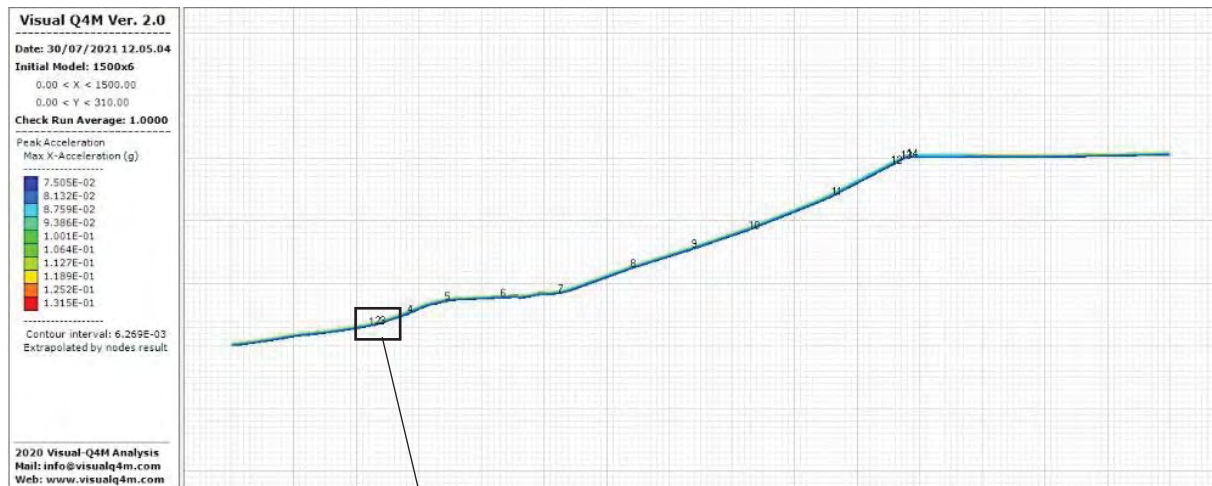


Figura 15: Mappa dei valori di FA con punti di controllo

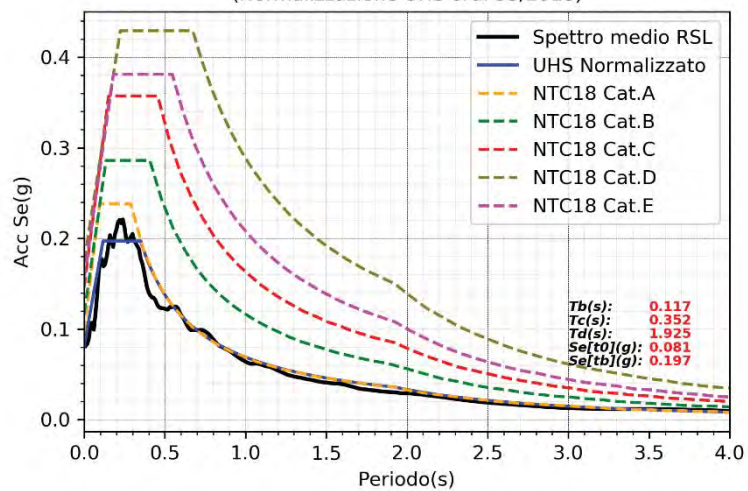
5.2.1 SLD – Stazione di valle (punto di controllo 1)



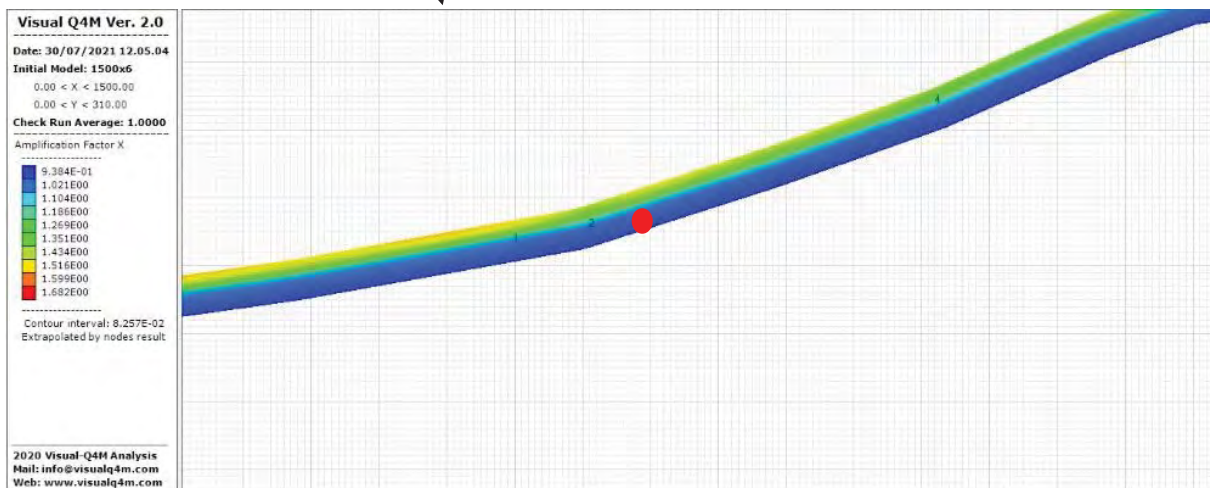
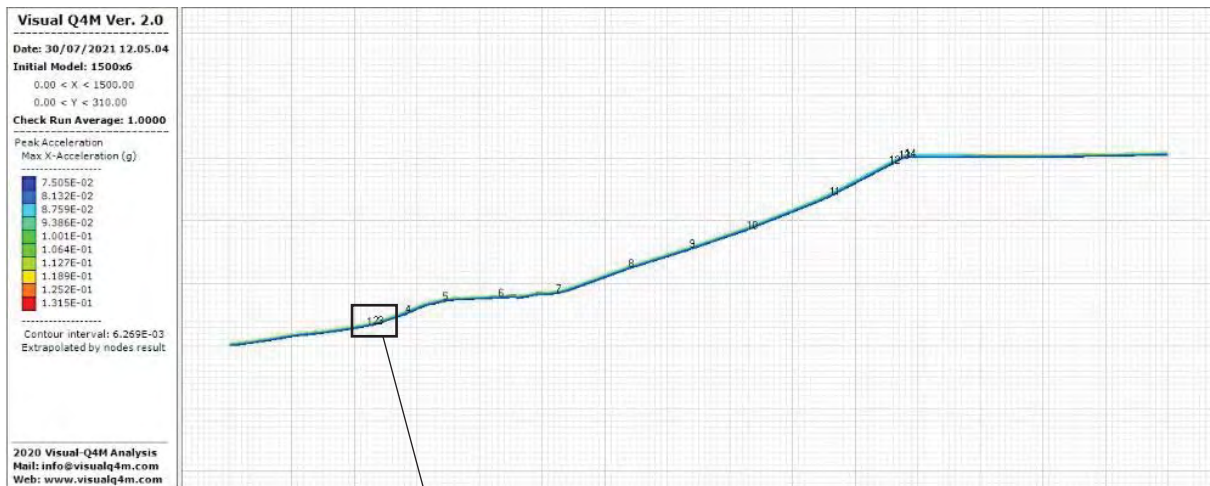
5.2.2 SLD – Pilone 1 (punto di controllo 2)



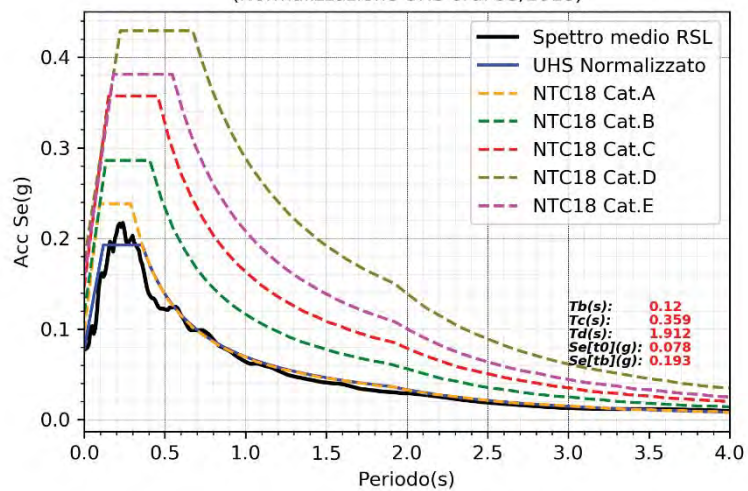
Confronto spettro RSL SLD - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



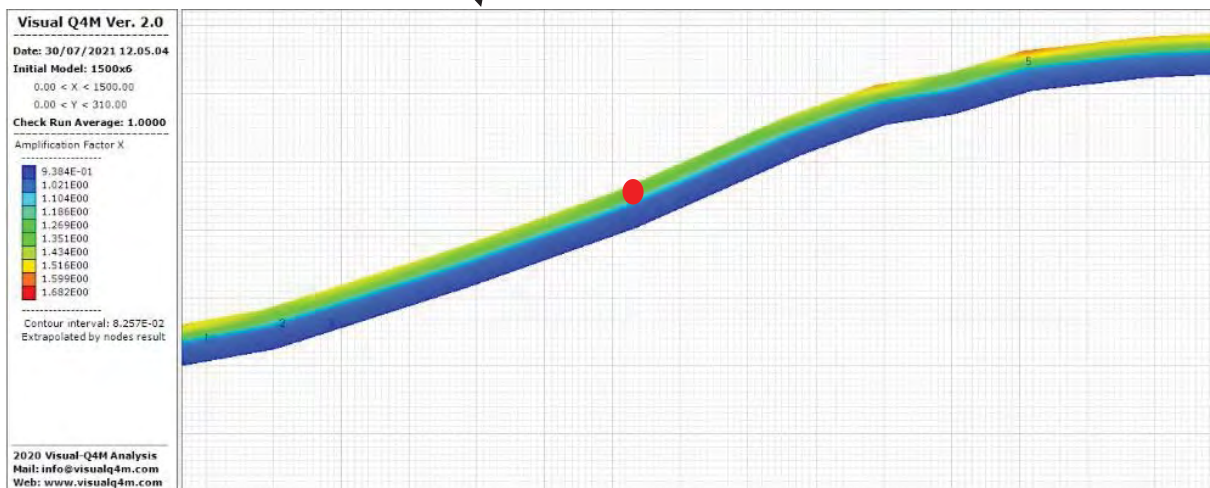
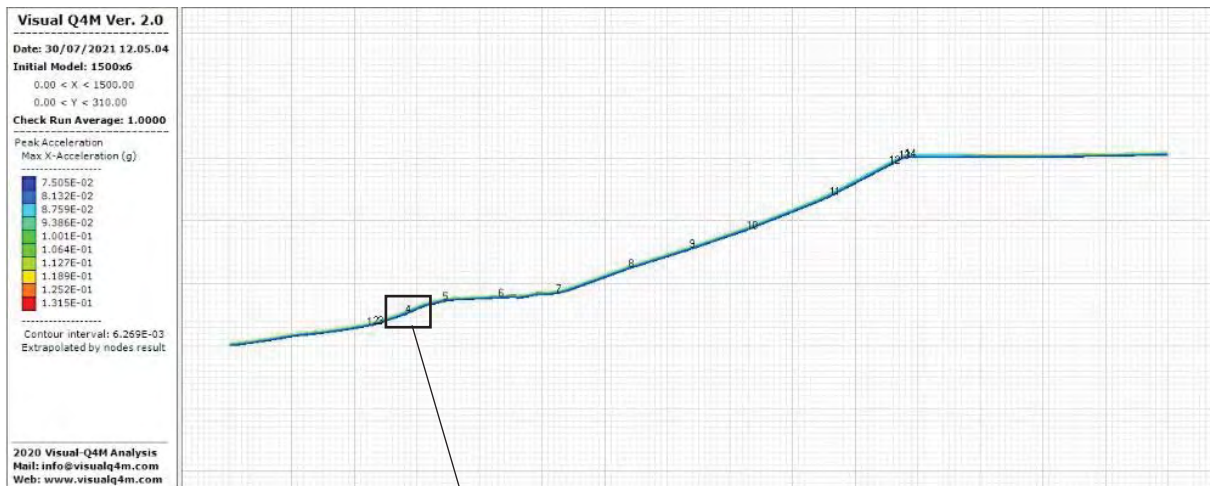
5.2.3 SLD – Pilone 2 (punto di controllo 3)



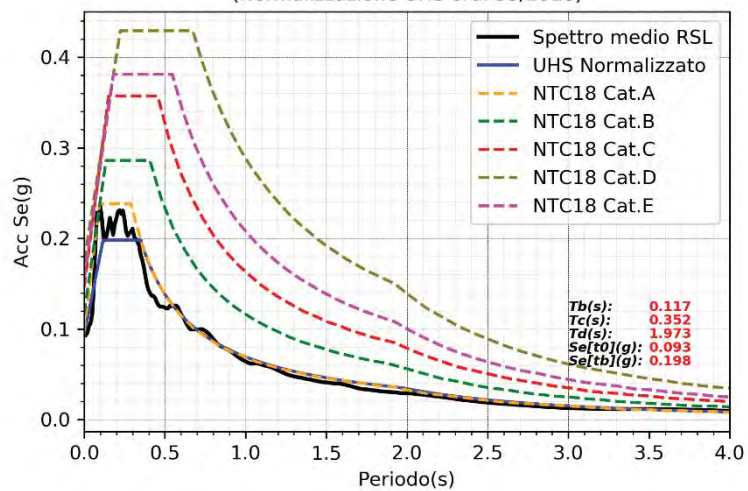
Confronto spettro RSL SLD - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



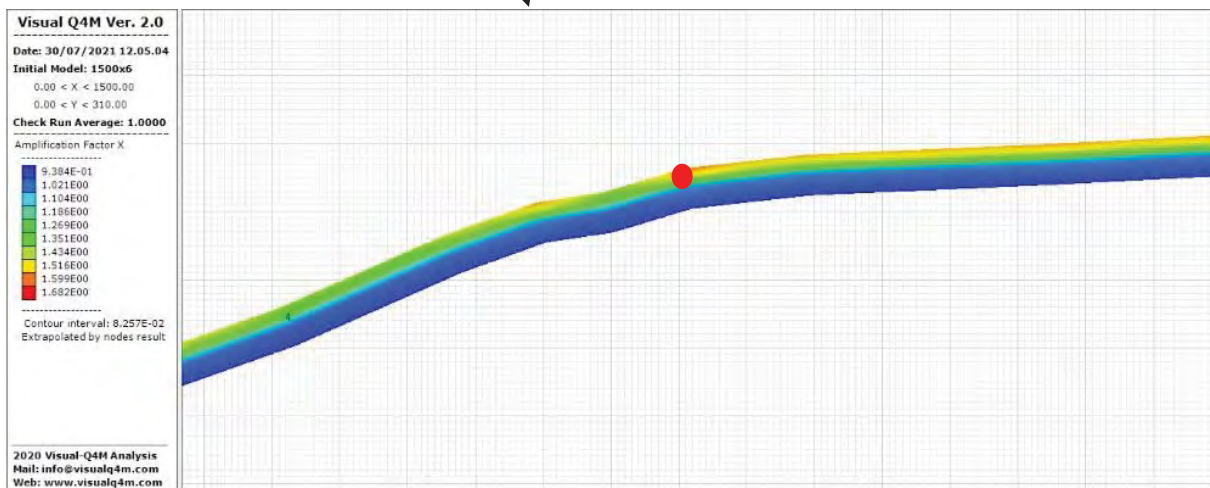
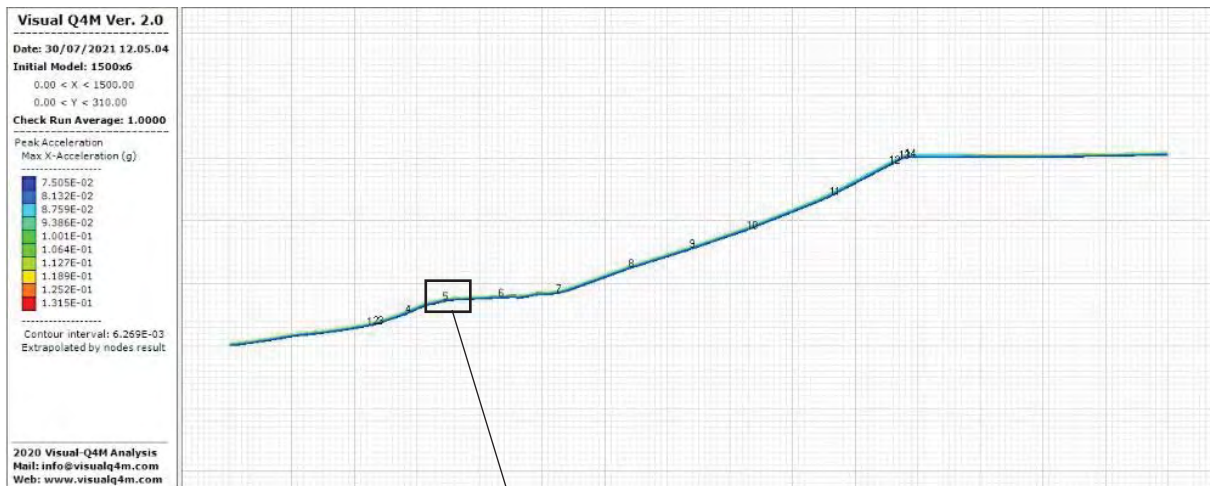
5.2.4 SLD – Pilone 3 (punto di controllo 4)



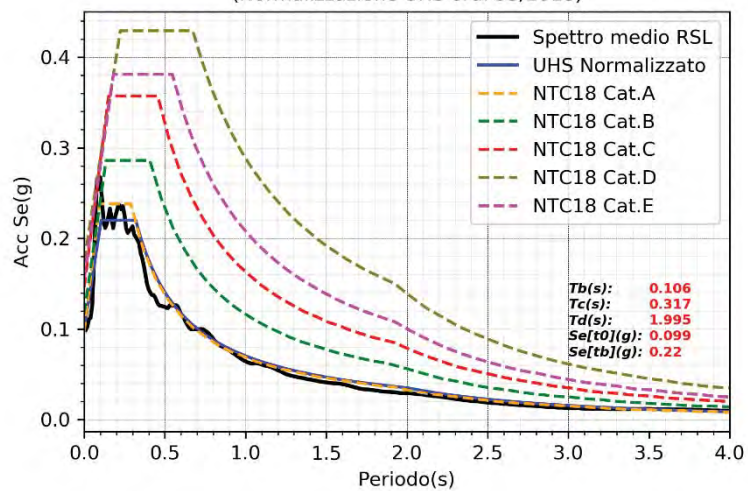
Confronto spettro RSL SLD - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



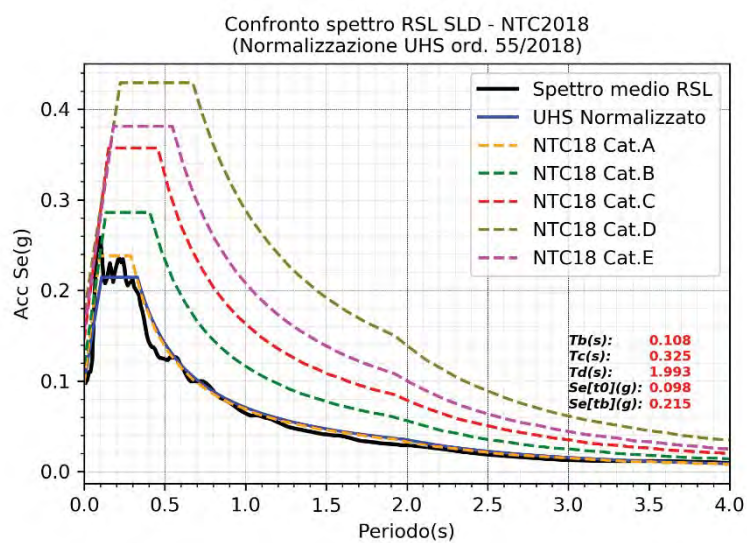
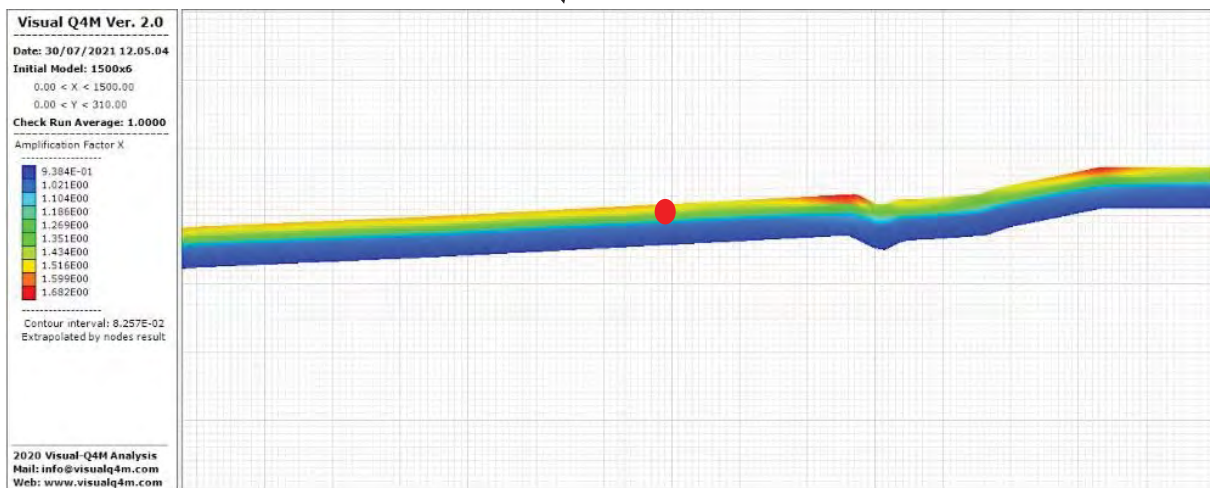
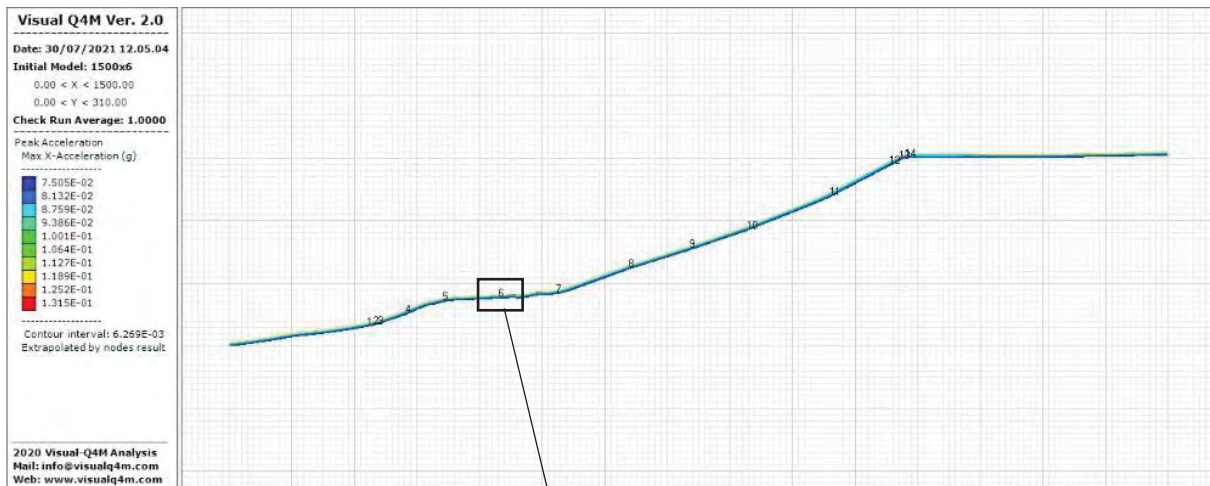
5.2.5 SLD – Pilone 4 (punto di controllo 5)



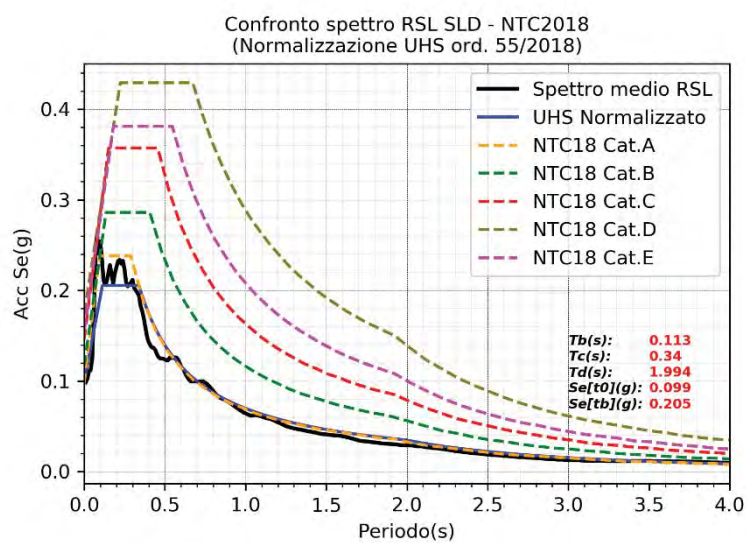
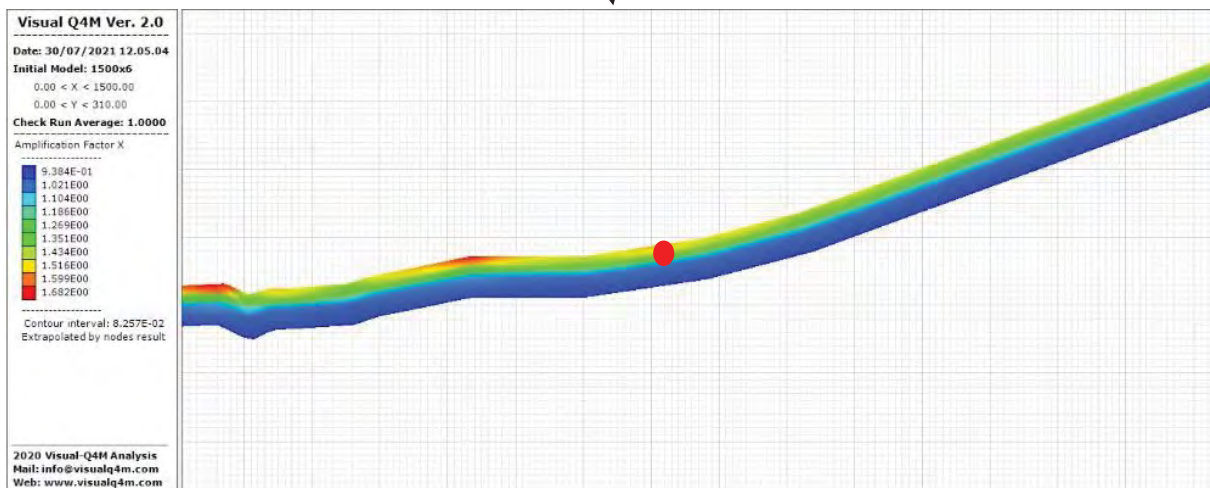
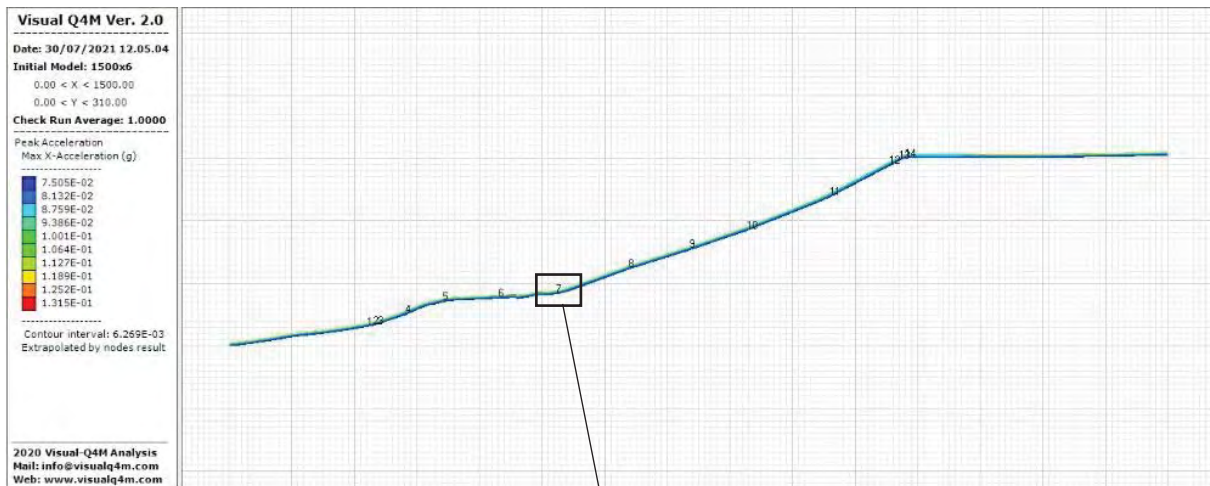
Confronto spettro RSL SLD - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



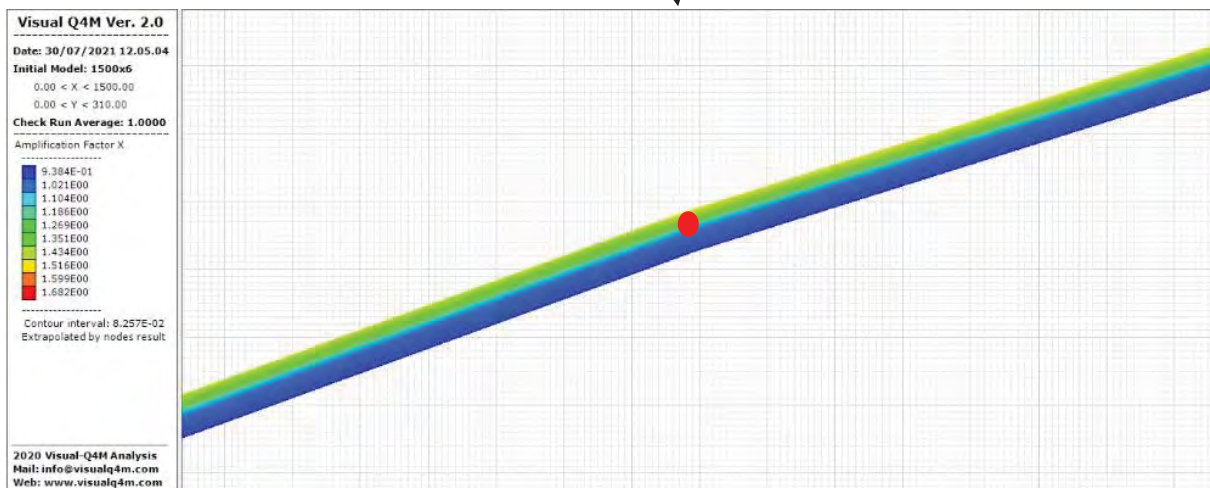
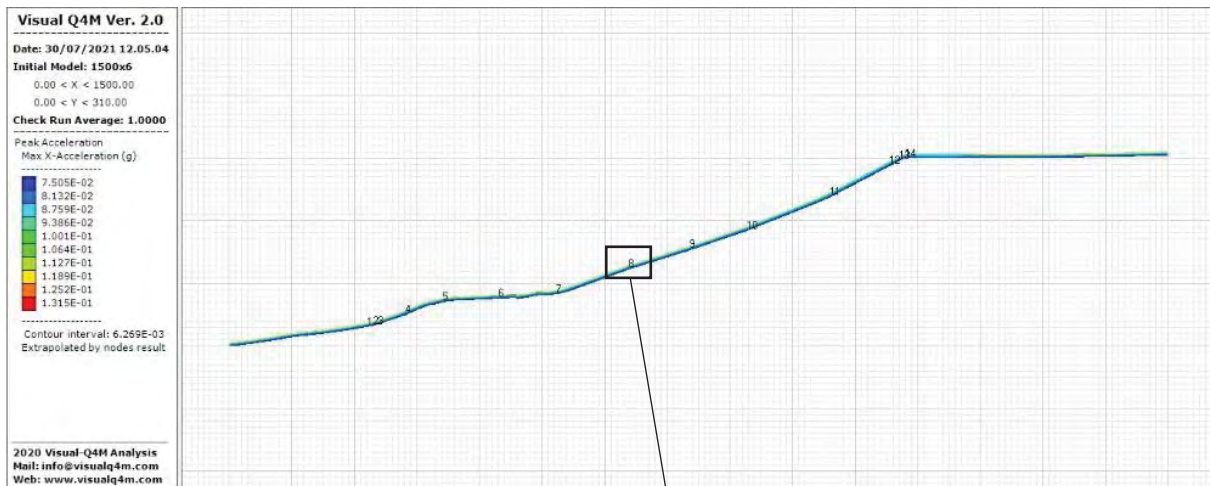
5.2.6 SLD – Pilone 5 (punto di controllo 6)



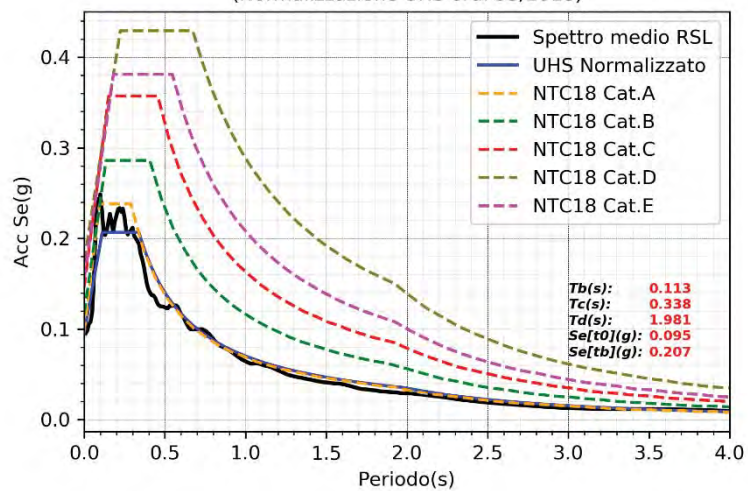
5.2.7 SLD – Pilone 6 (punto di controllo 7)



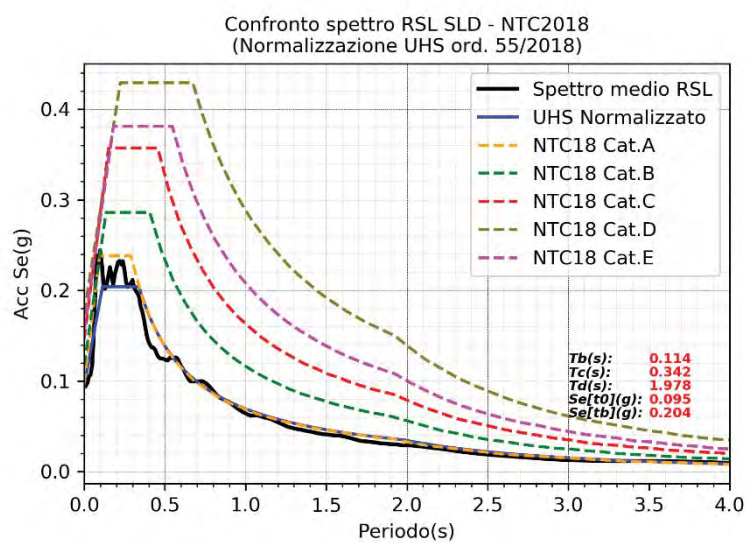
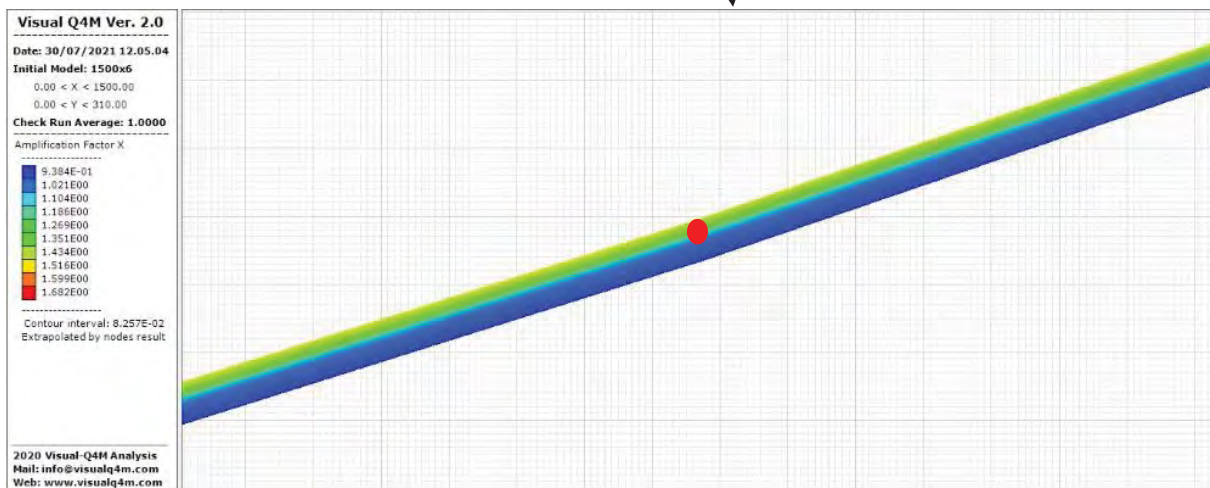
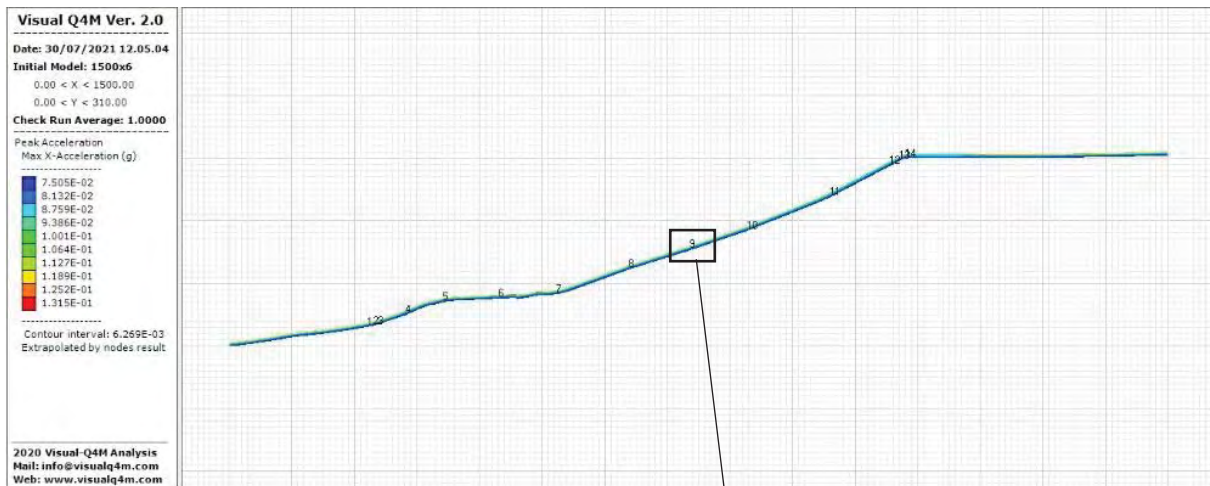
5.2.8 SLD – Pilone 7 (punto di controllo 8)



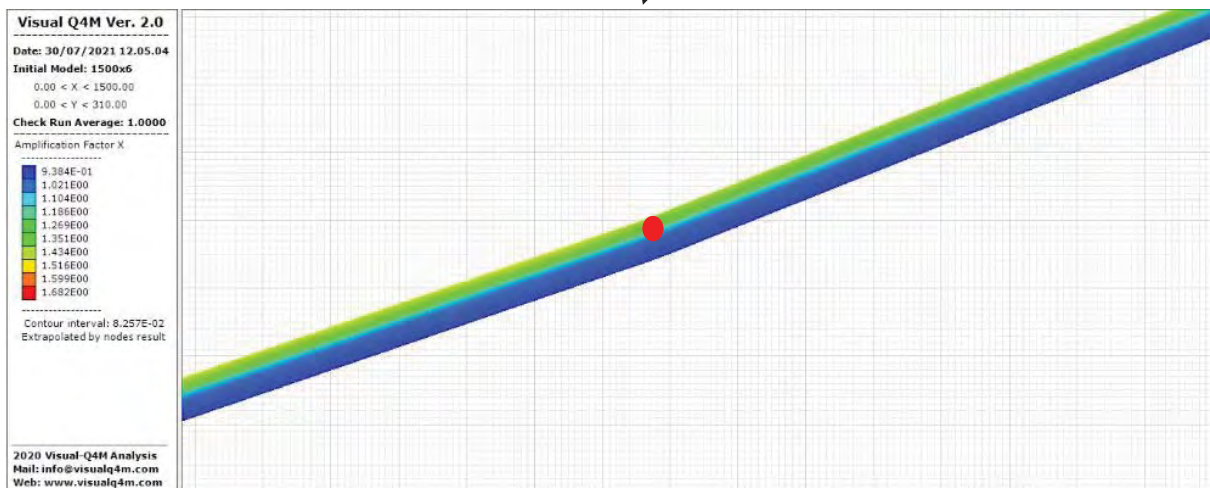
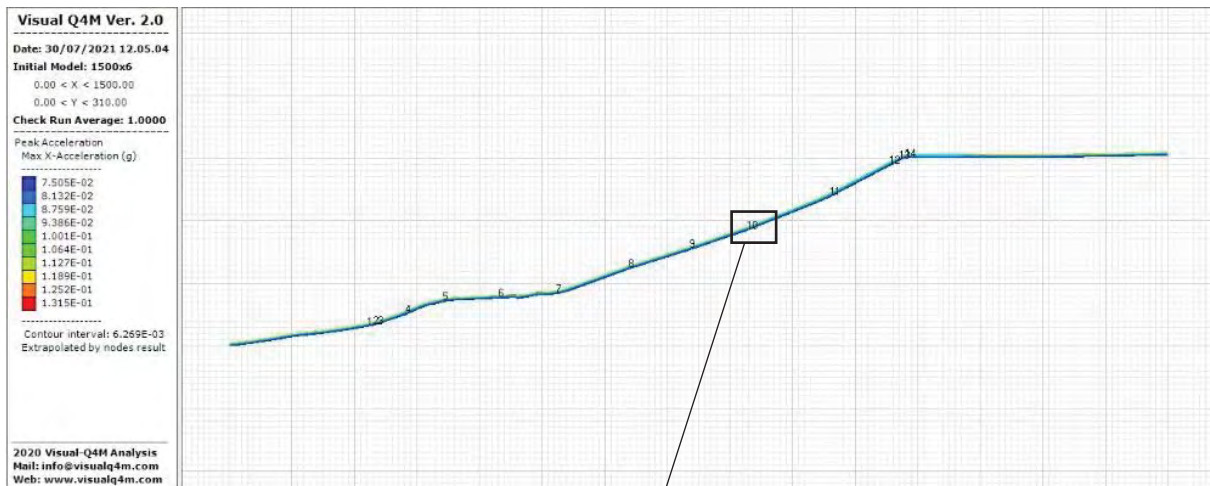
Confronto spettro RSL SLD - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



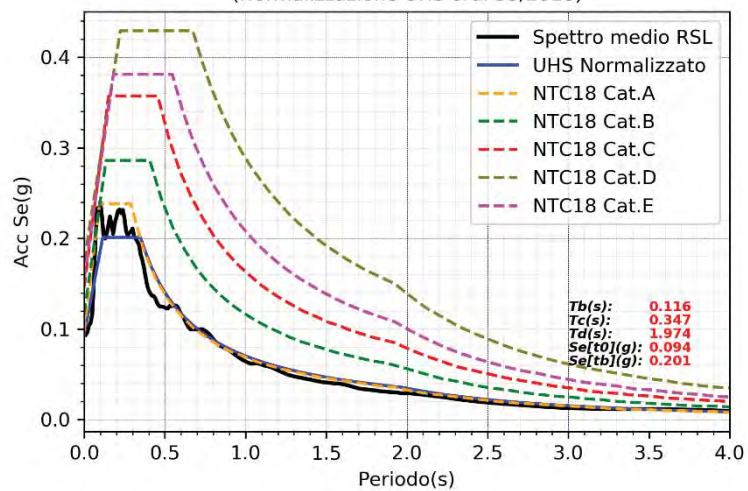
5.2.9 SLD – Pilone 8 (punto di controllo 9)



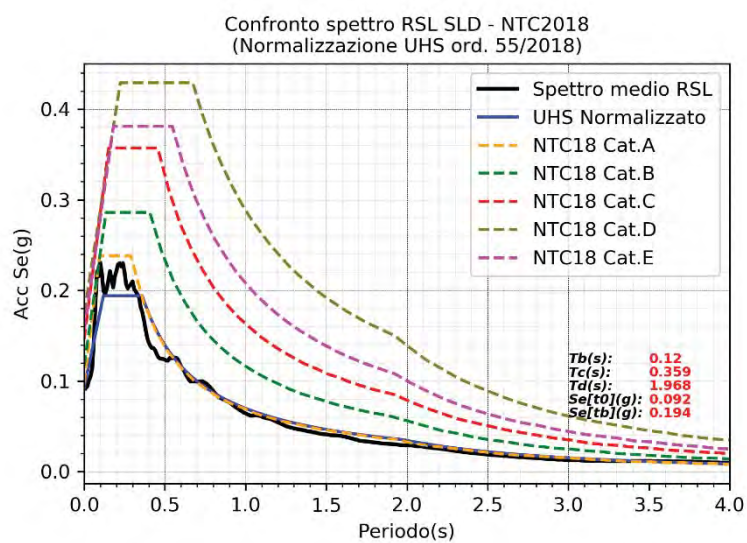
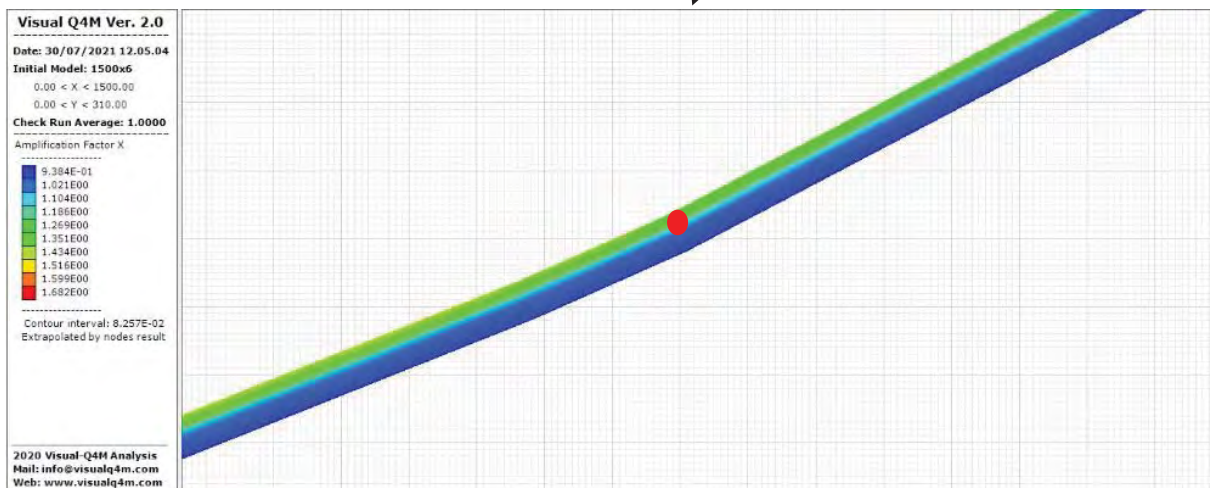
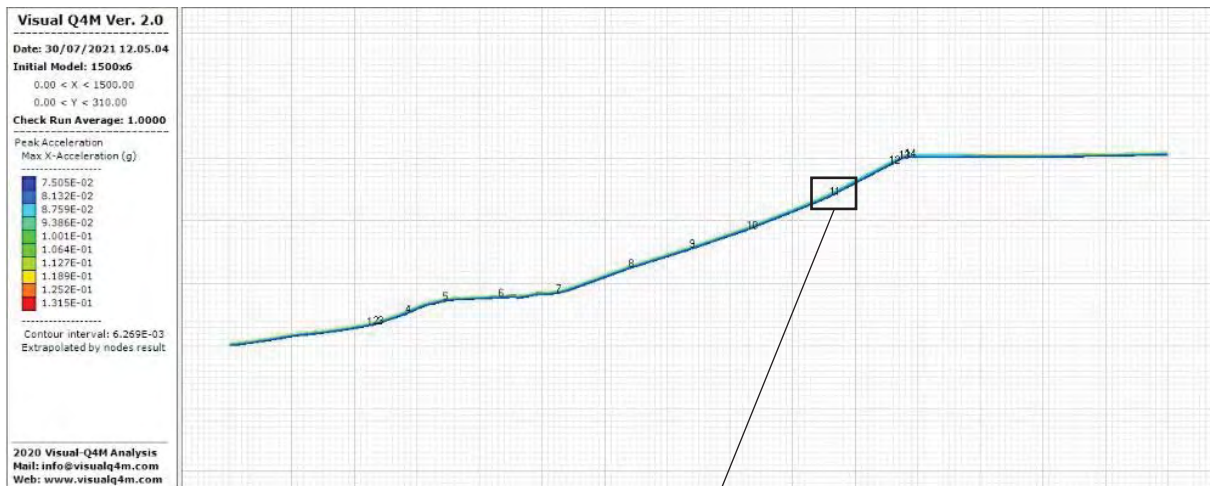
5.2.10 SLD – Pilone 9 (punto di controllo 10)



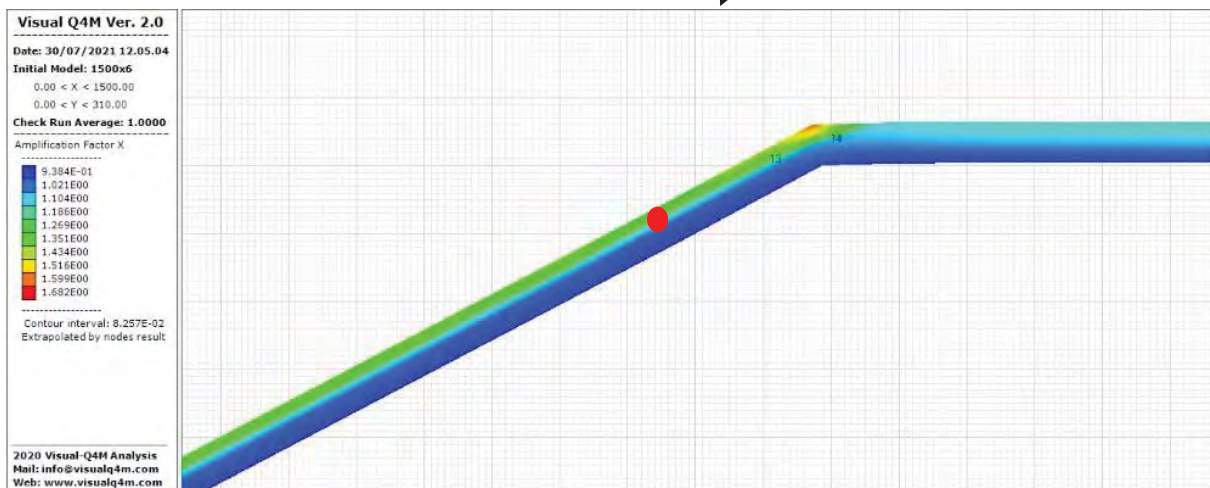
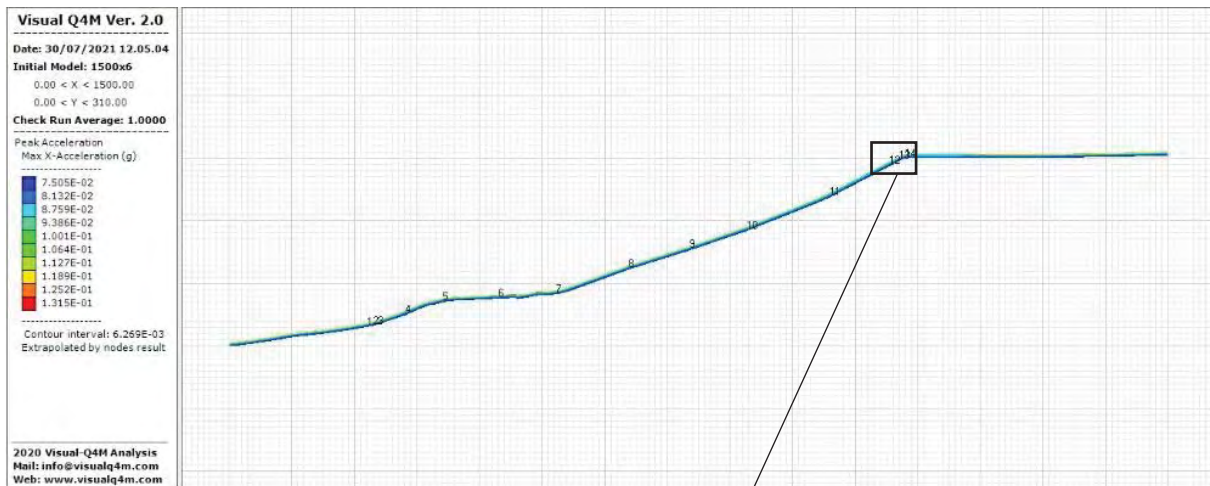
Confronto spettro RSL SLD - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



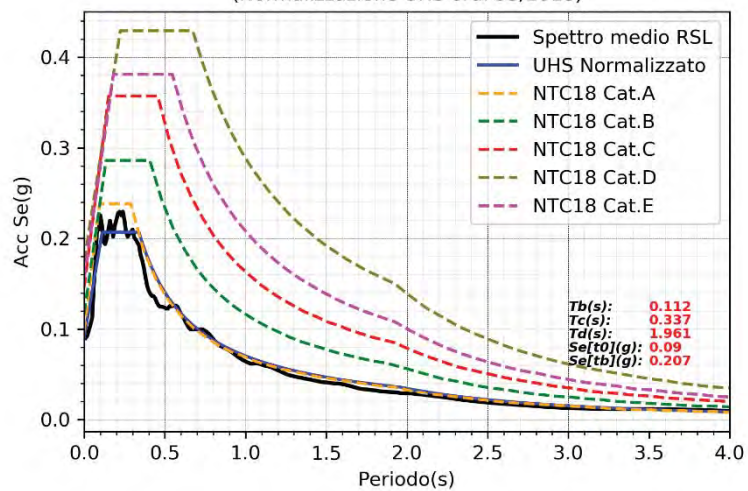
5.2.11 SLD – Pilone 10 (punto di controllo 11)



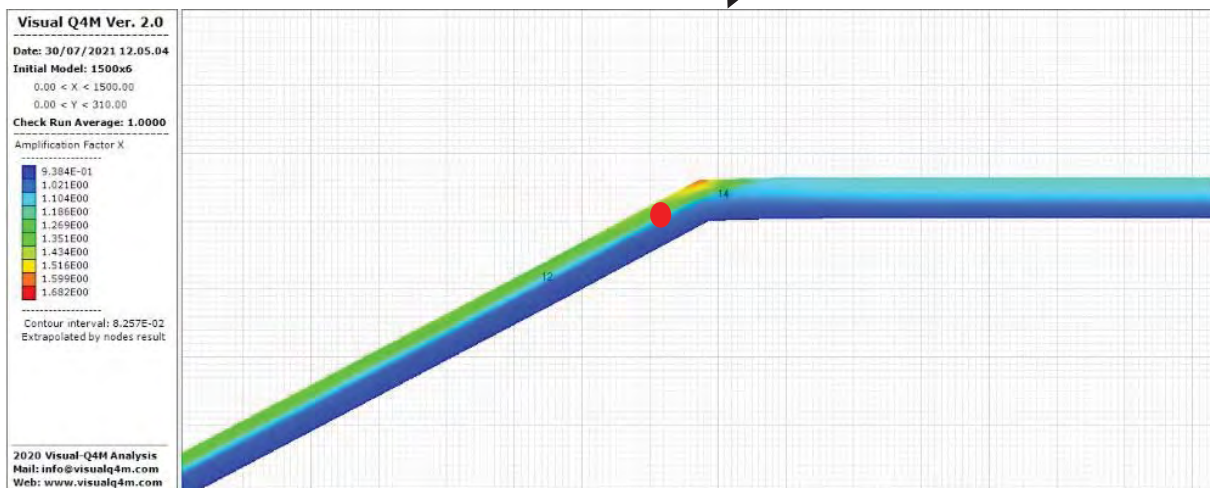
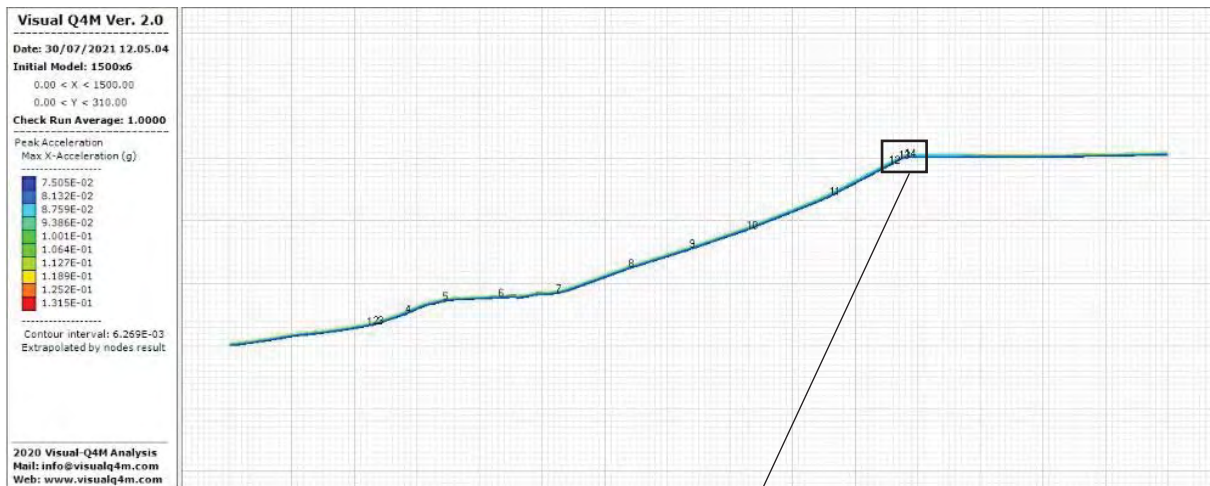
5.2.12 SLD – Pilone 11 (punto di controllo 12)



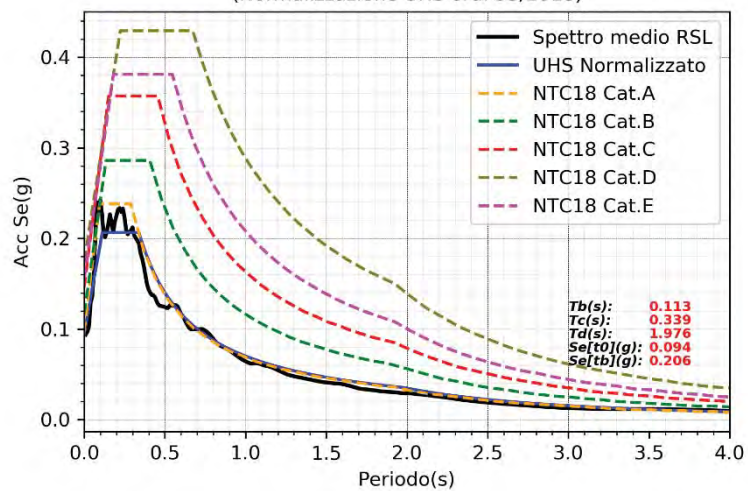
Confronto spettro RSL SLD - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



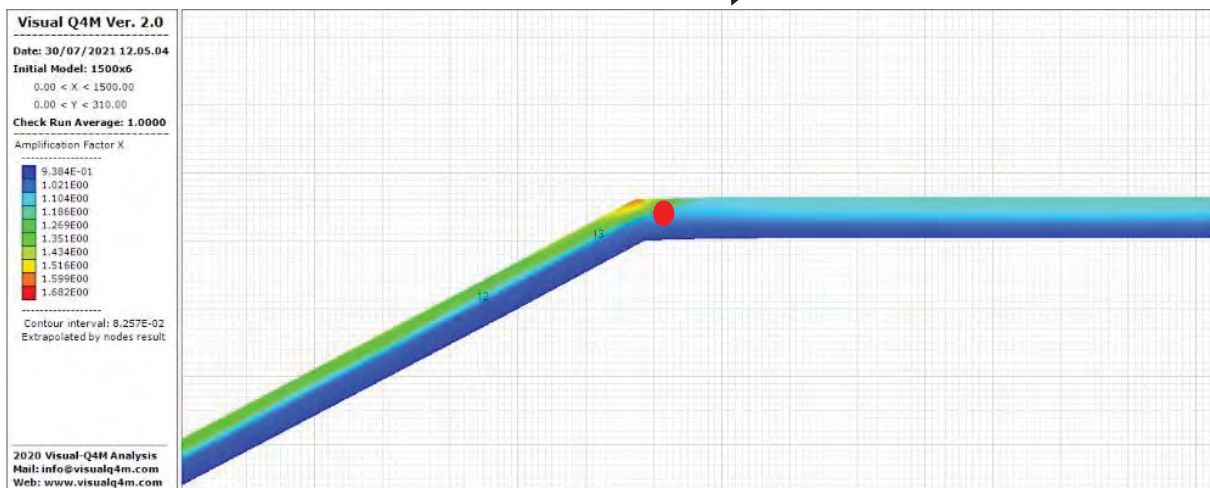
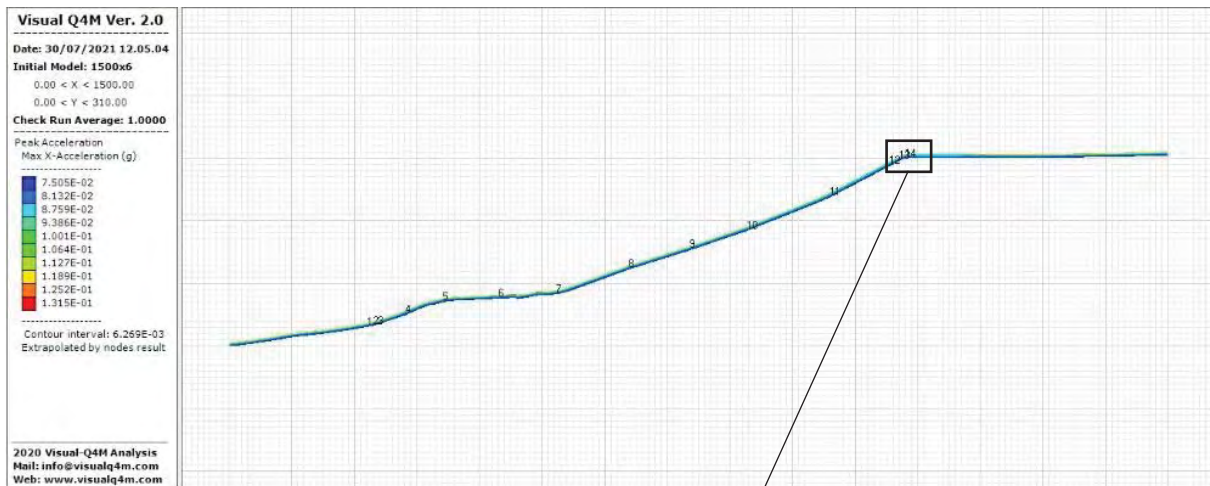
5.2.13 SLD – Pilone 12 (punto di controllo 13)



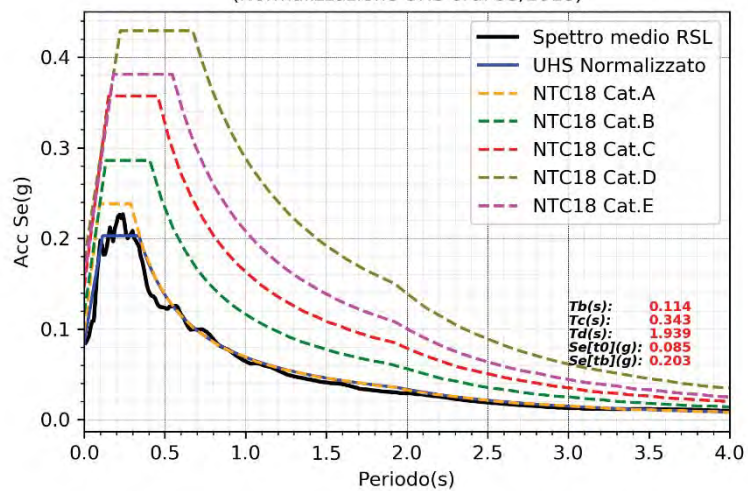
Confronto spettro RSL SLD - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



5.2.14 SLD – Stazione di monte (punto di controllo 14)



Confronto spettro RSL SLD - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



5.3 - RISULTATI SIMULAZIONE SLV

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLV	475	0.193	2.533	0.334

Risultati Simulazione Lineare Equivalente LEQ - n°7 Accelerogrammi

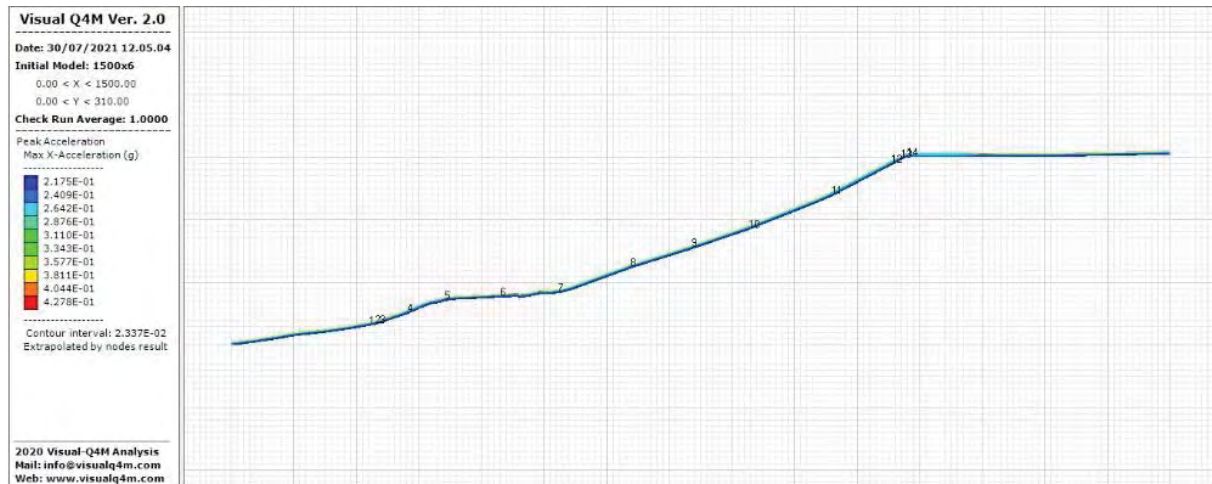


Figura 16: Mappa dei valori di PGA con punti di controllo

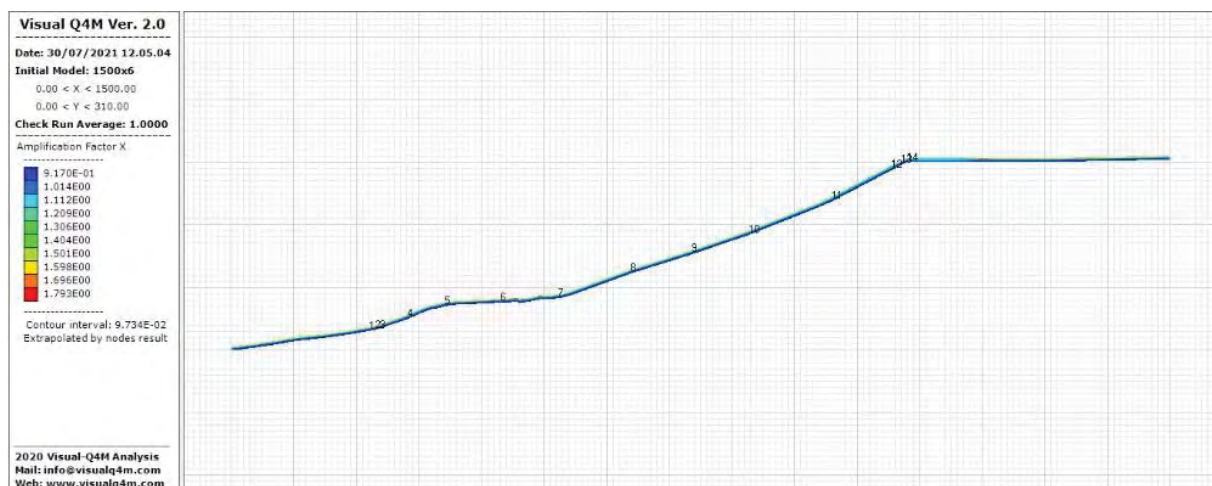
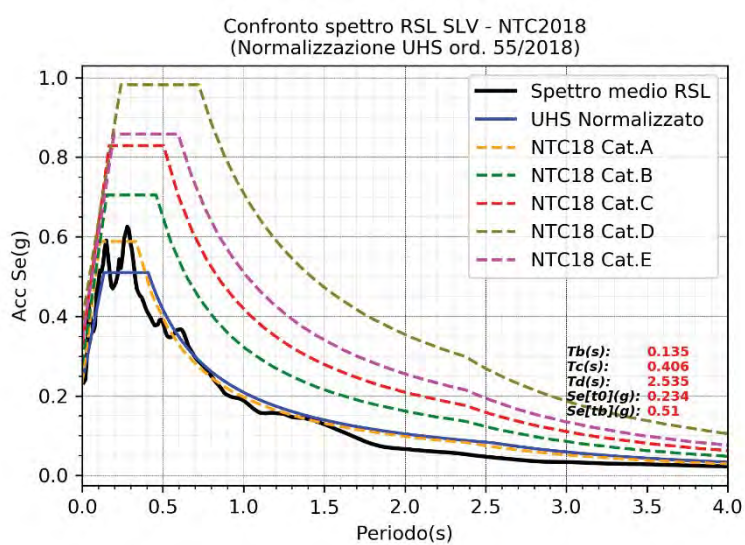
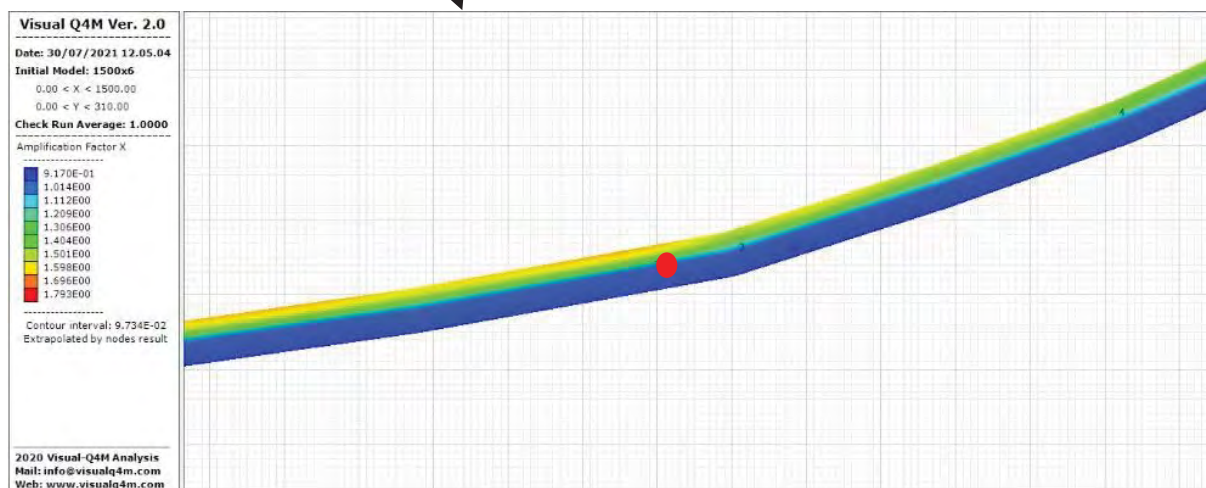
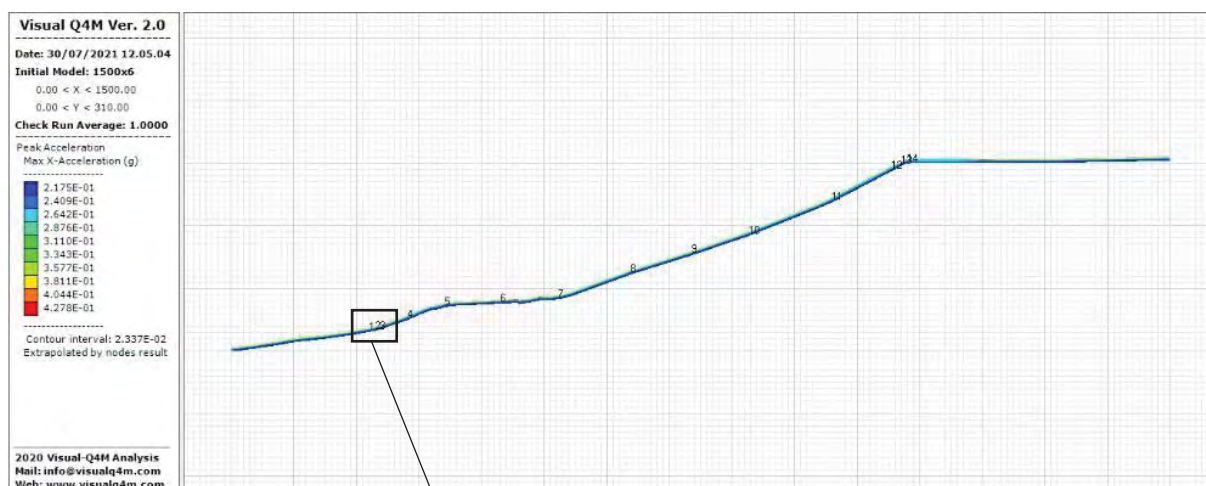
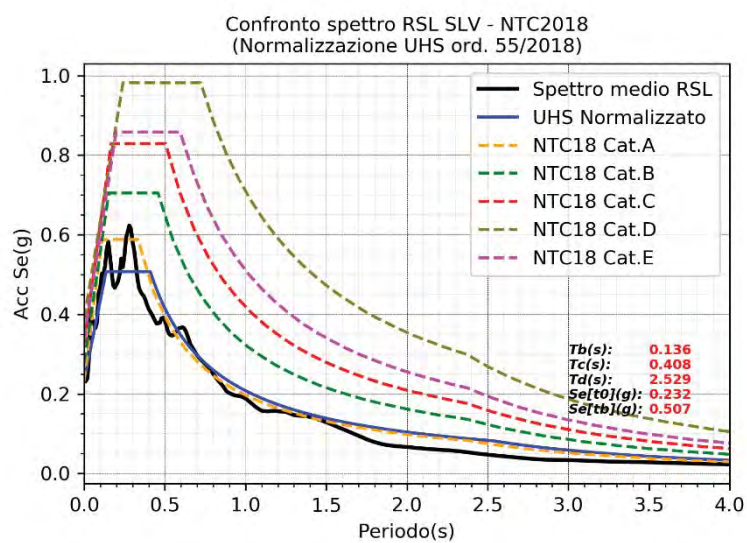
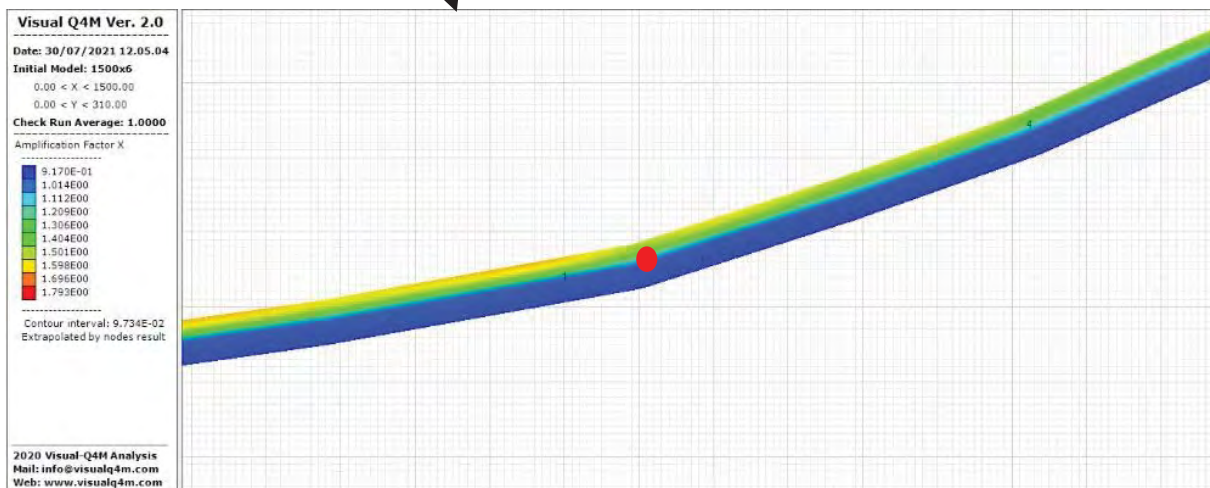
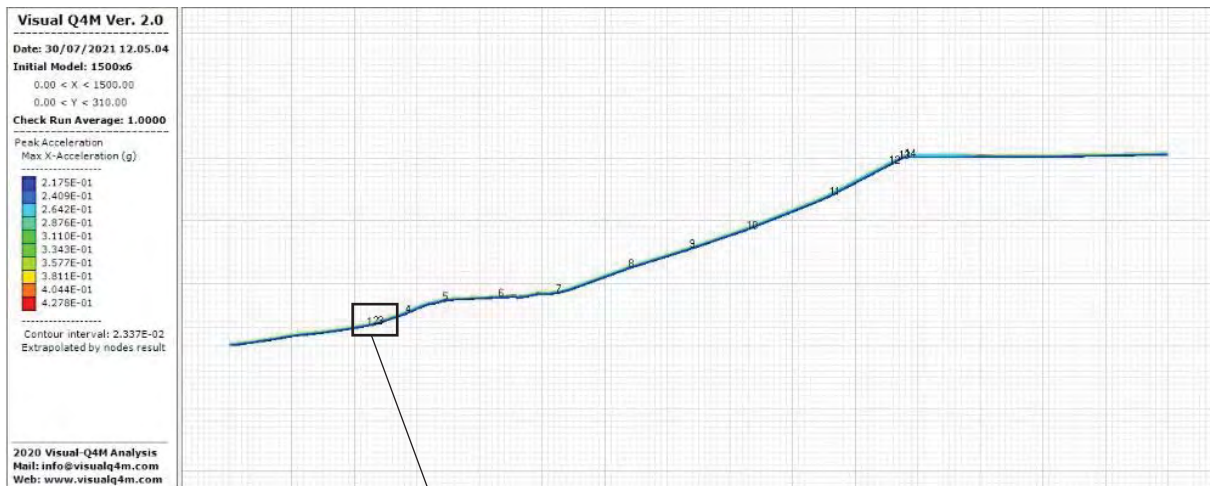


Figura 17: Mappa dei valori di FA con punti di controllo

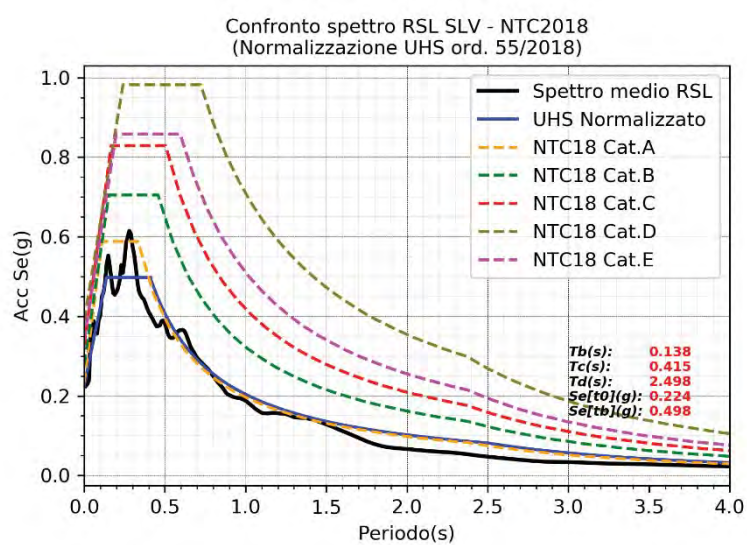
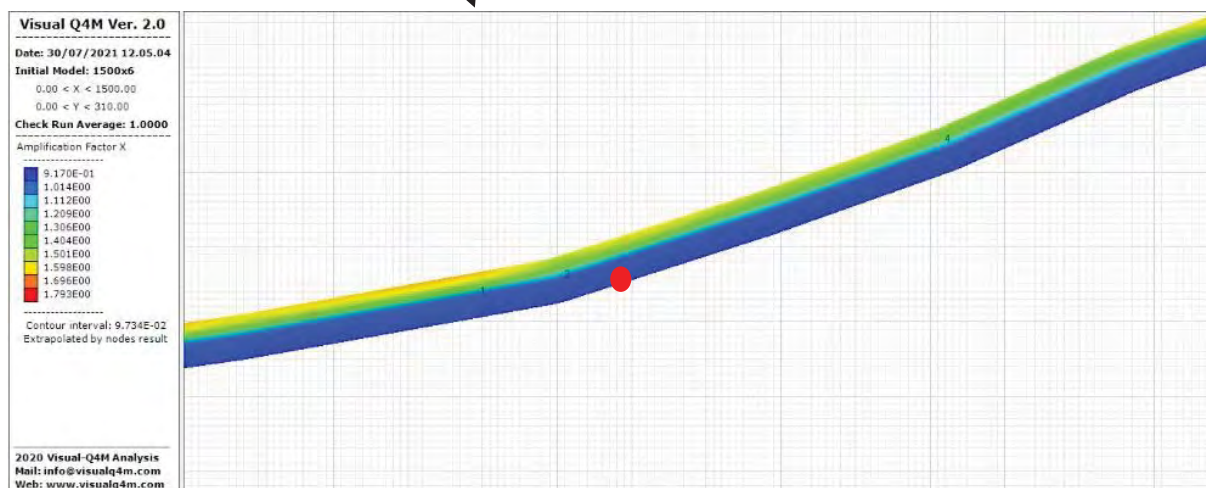
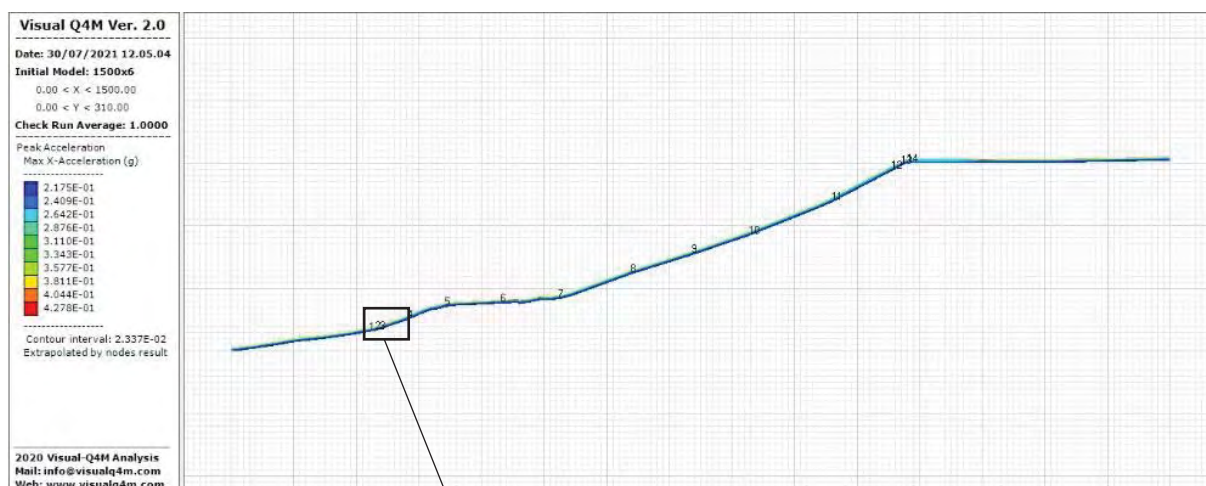
5.3.1 SLV – Stazione di valle (punto di controllo 1)



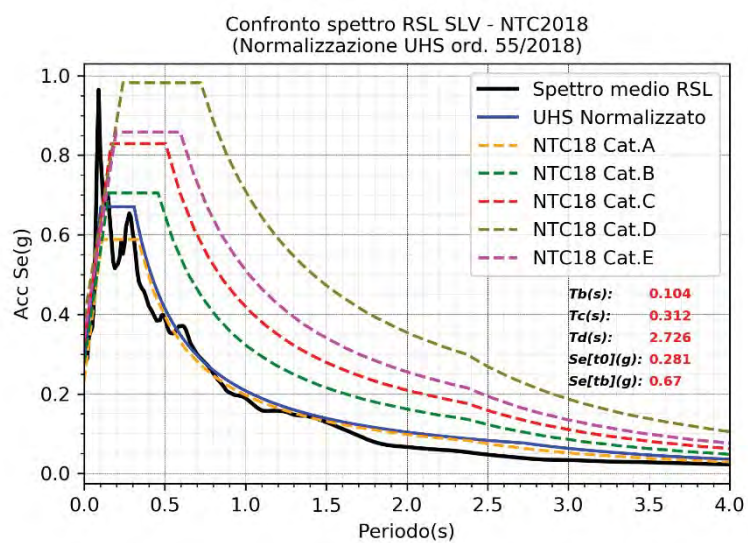
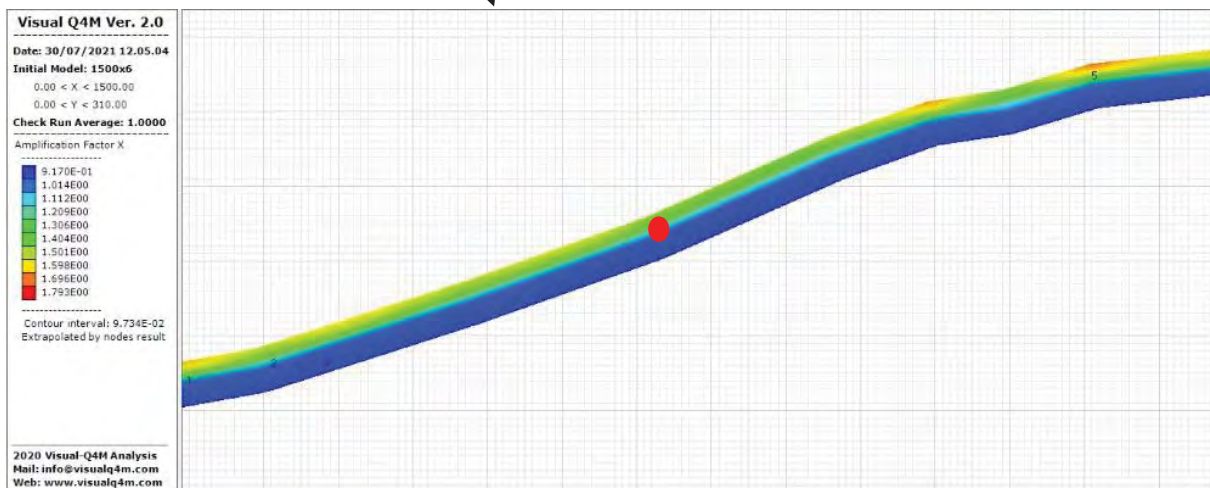
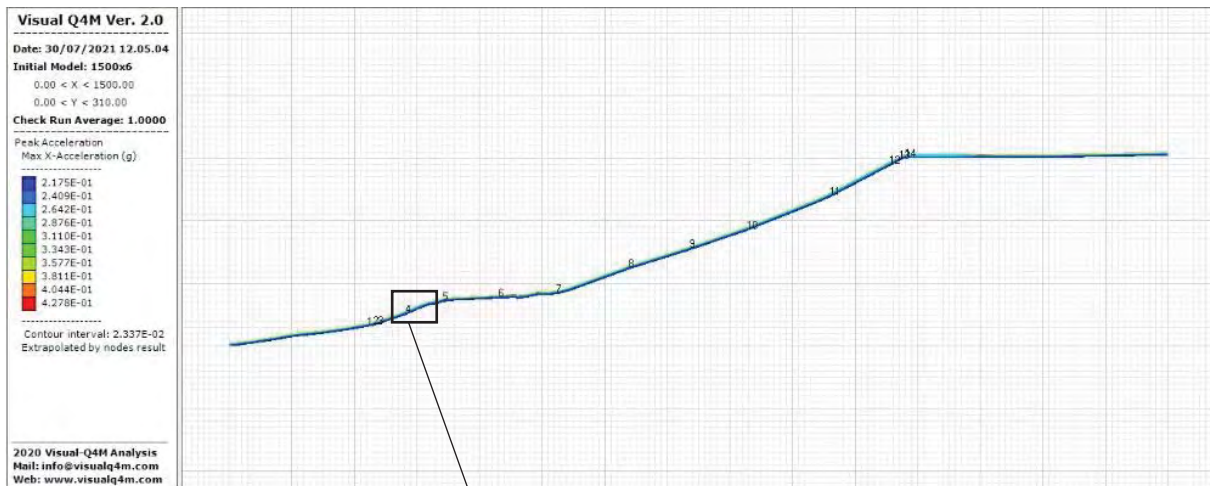
5.3.2 SLV – Pilone 1 (punto di controllo 2)



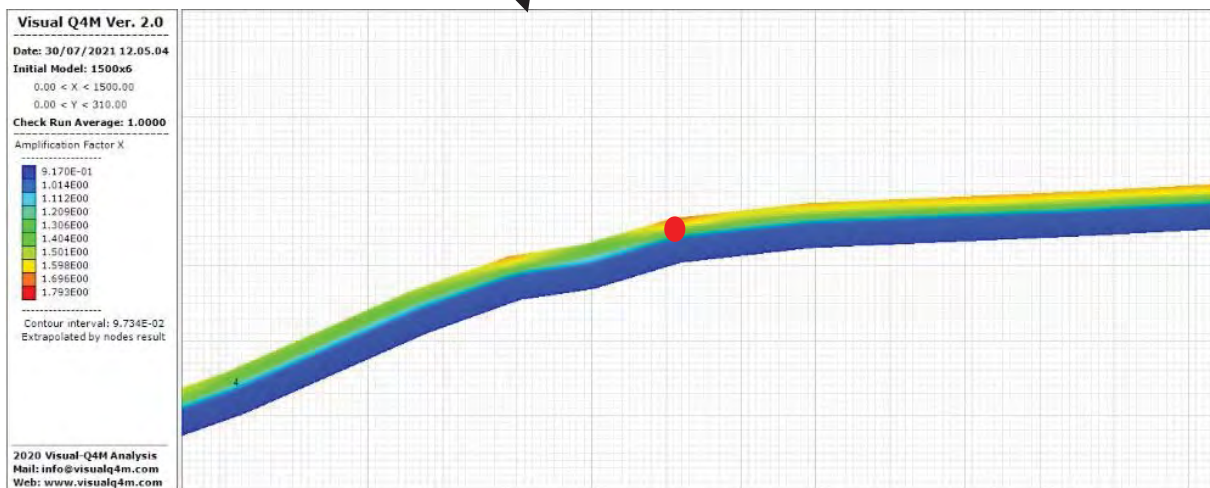
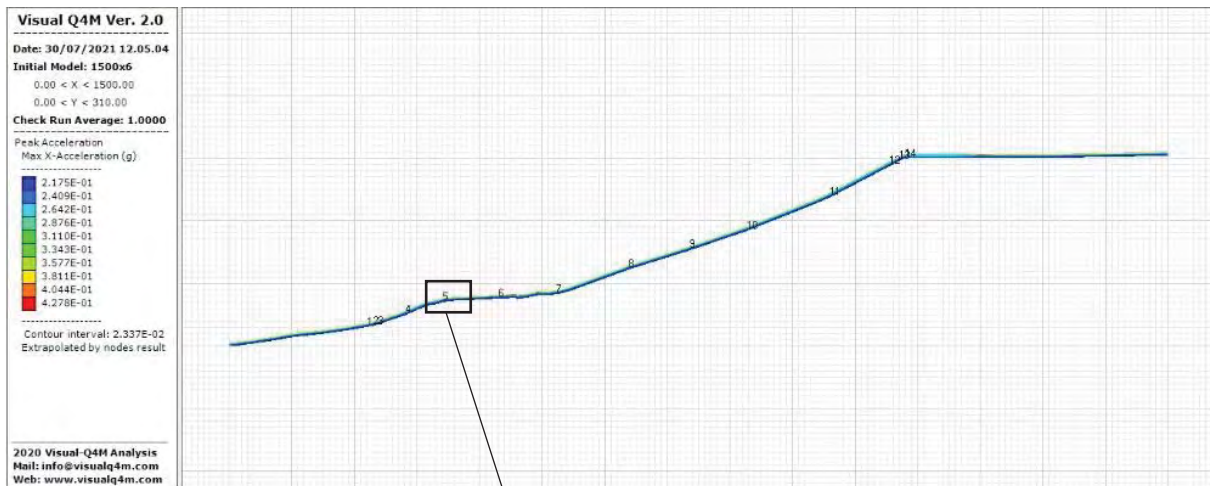
5.3.3 SLV – Pilone 2 (punto di controllo 3)



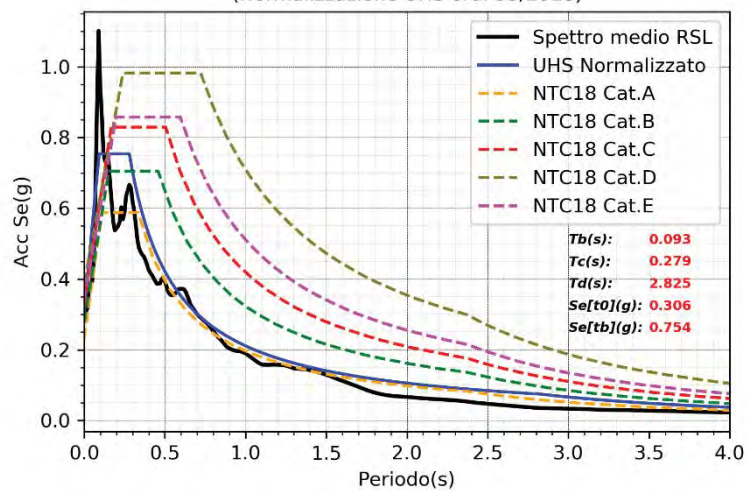
5.3.4 SLV – Pilone 3 (punto di controllo 4)



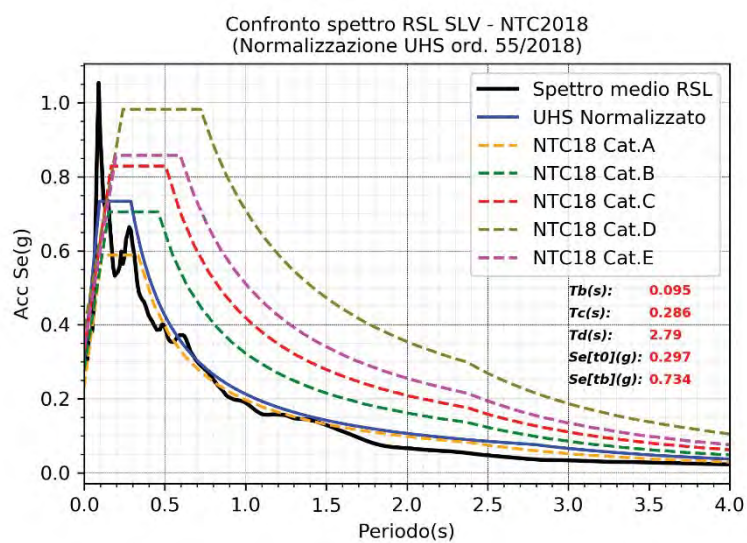
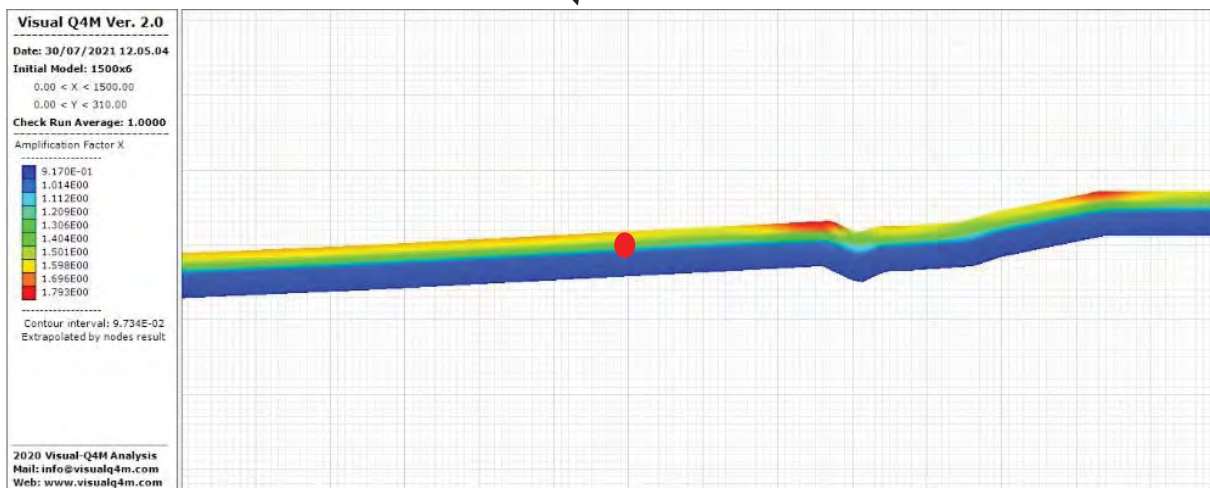
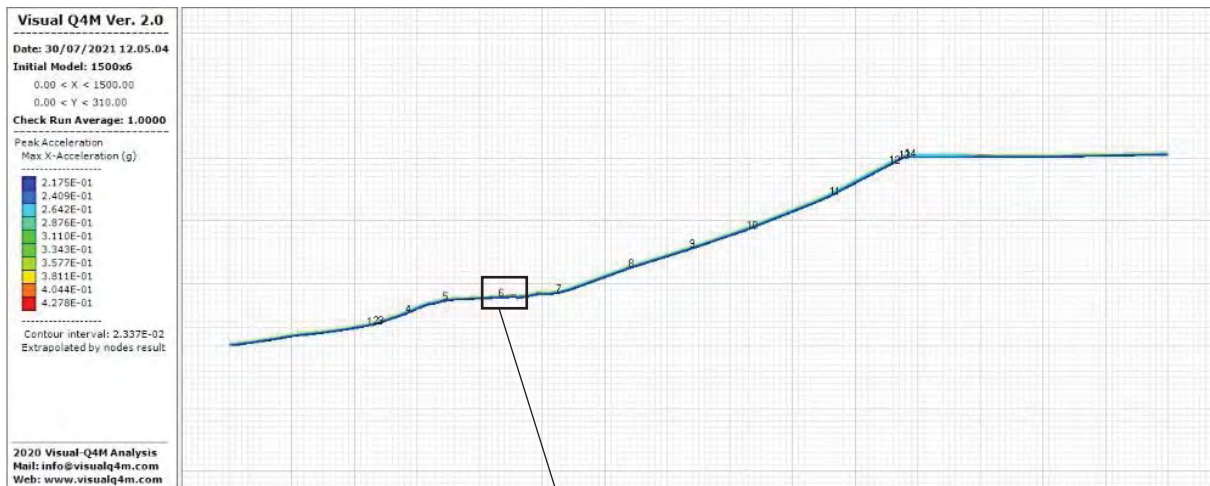
5.3.5 SLV – Pilone 4 (punto di controllo 5)



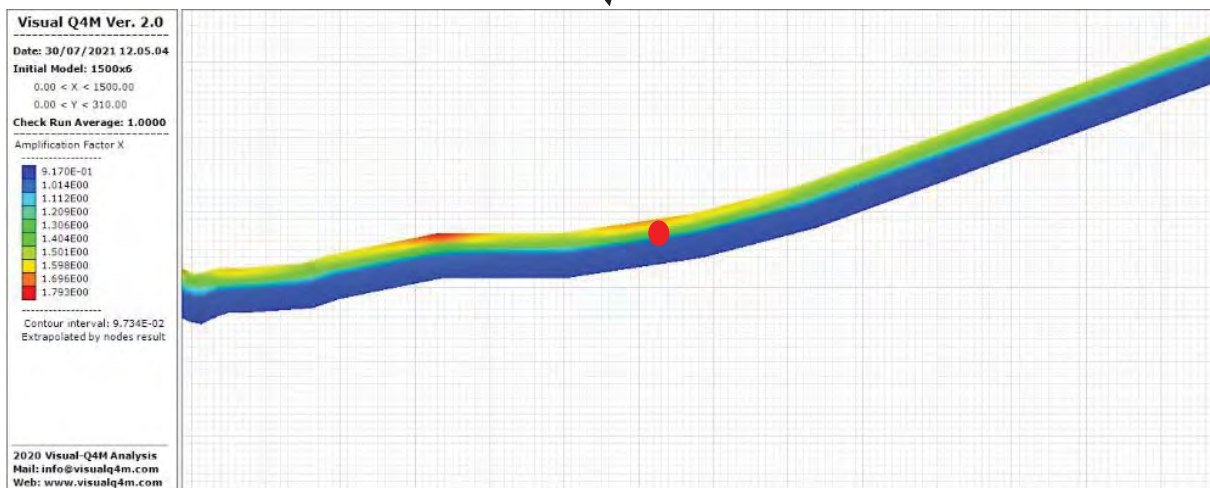
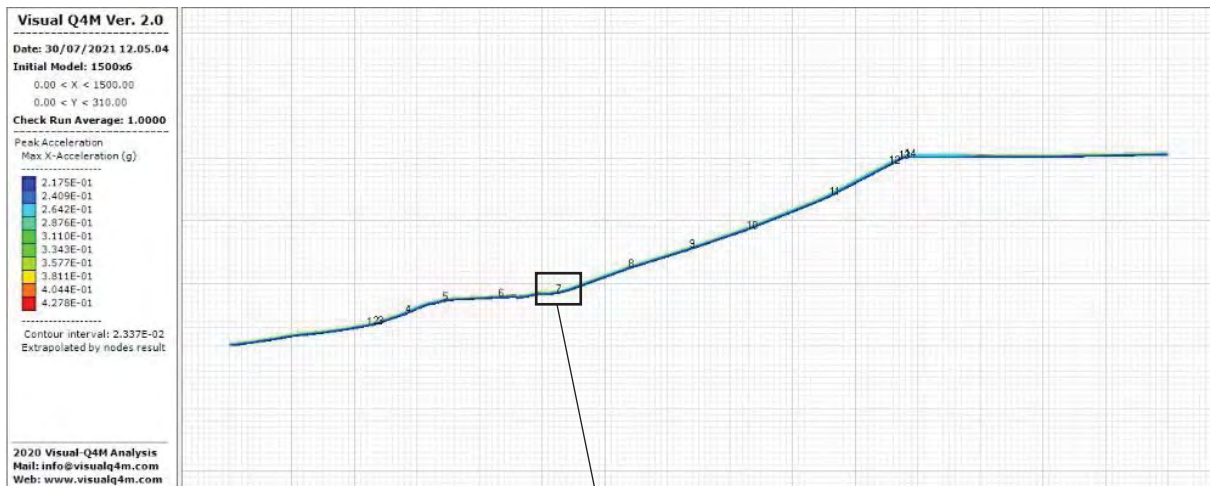
Confronto spettro RSL SLV - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



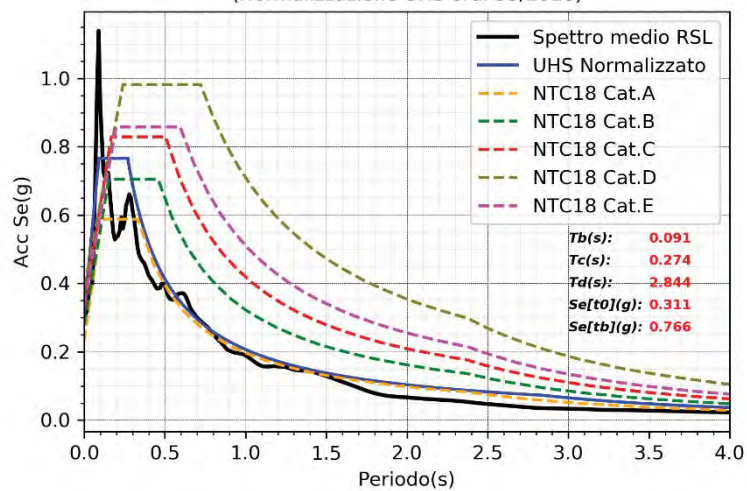
5.3.6 SLV – Pilone 5 (punto di controllo 6)



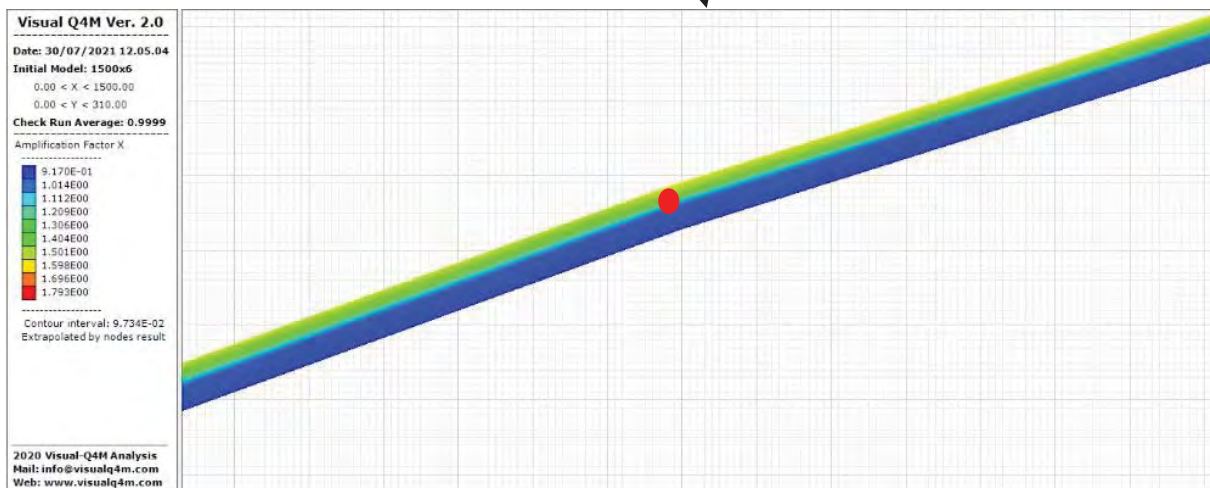
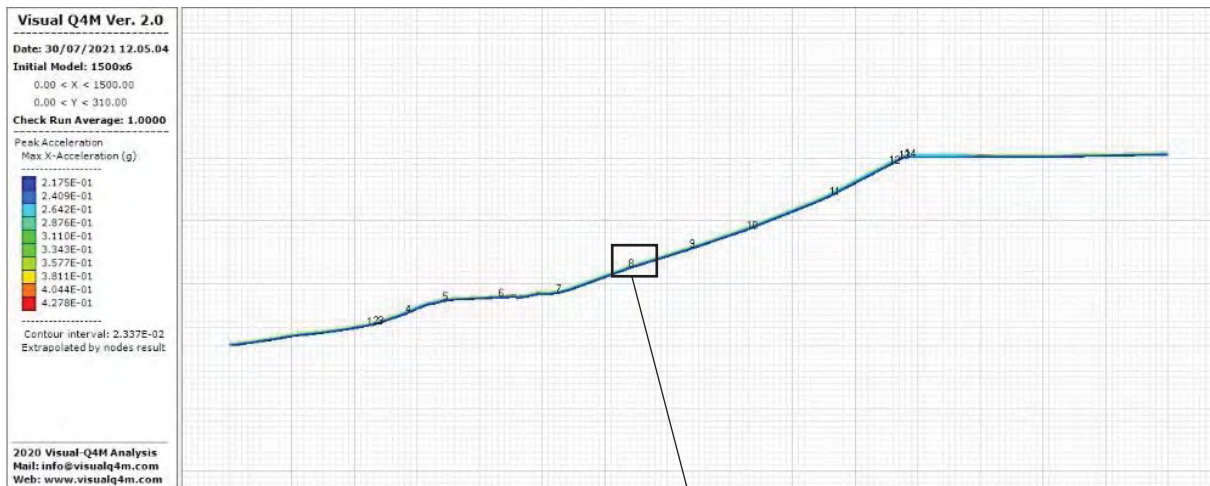
5.3.7 SLV – Pilone 6 (punto di controllo 7)



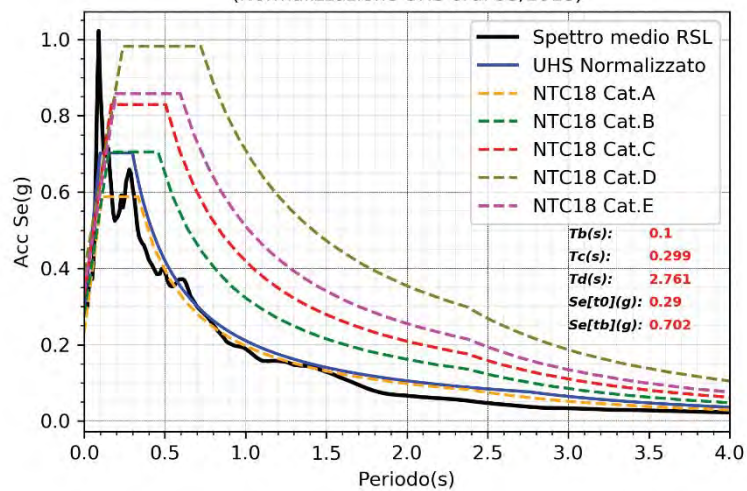
Confronto spettro RSL SLV - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



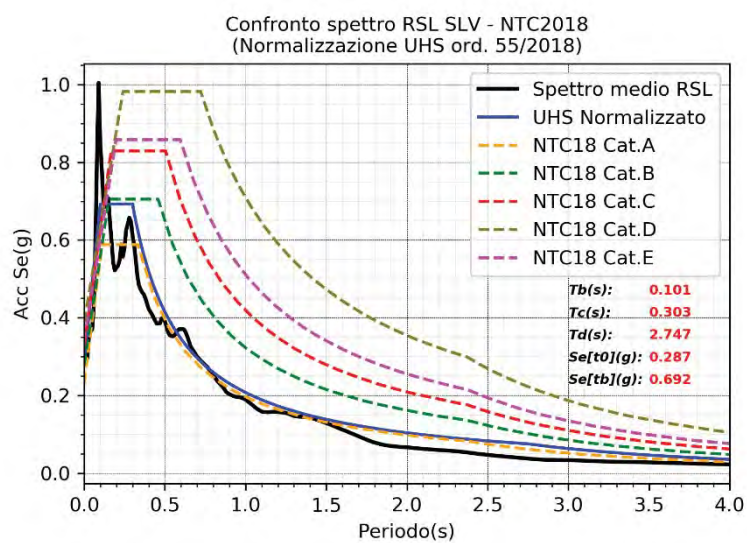
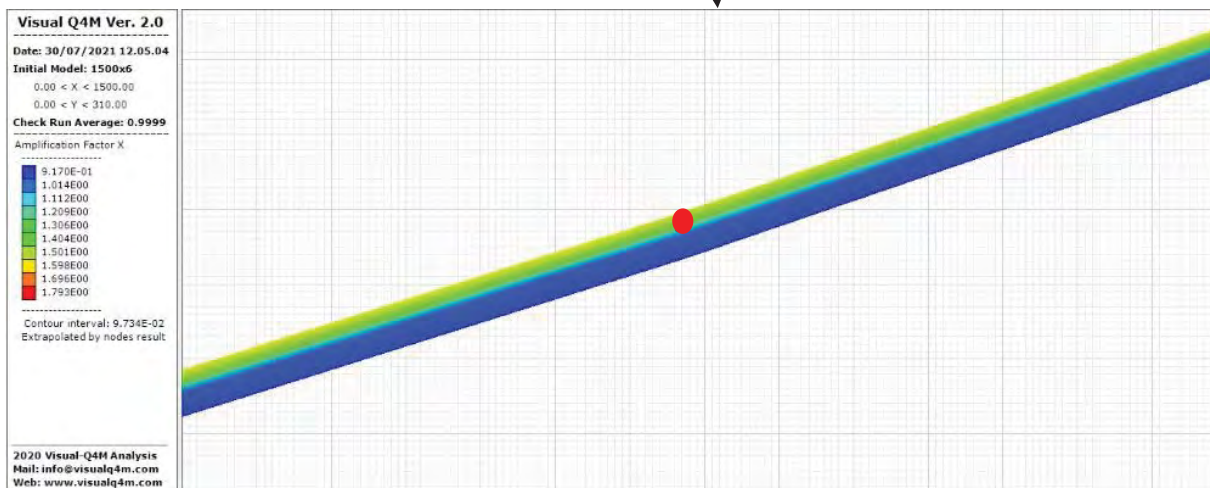
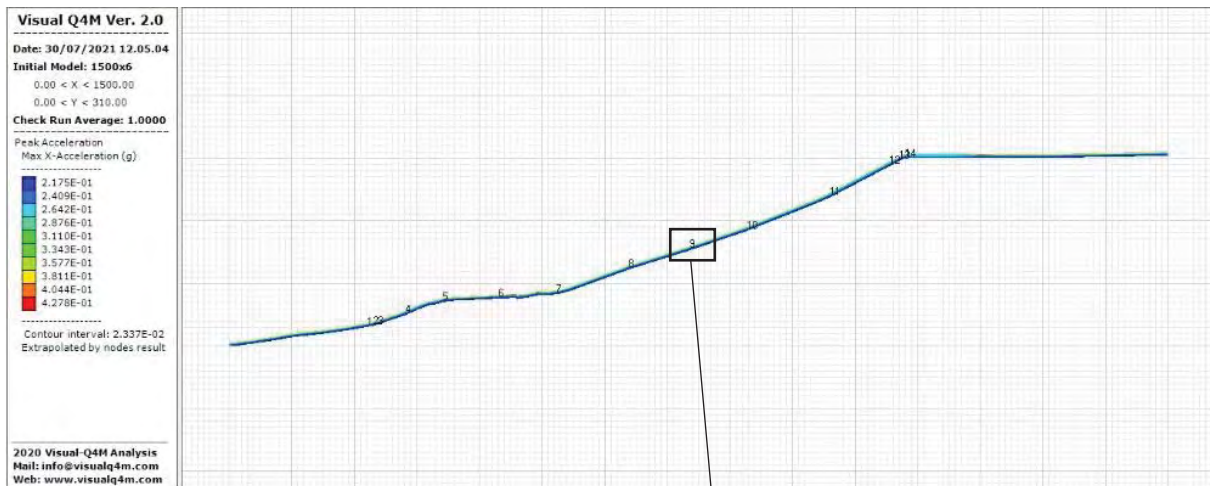
5.3.8 SLV – Pilone 7 (punto di controllo 8)



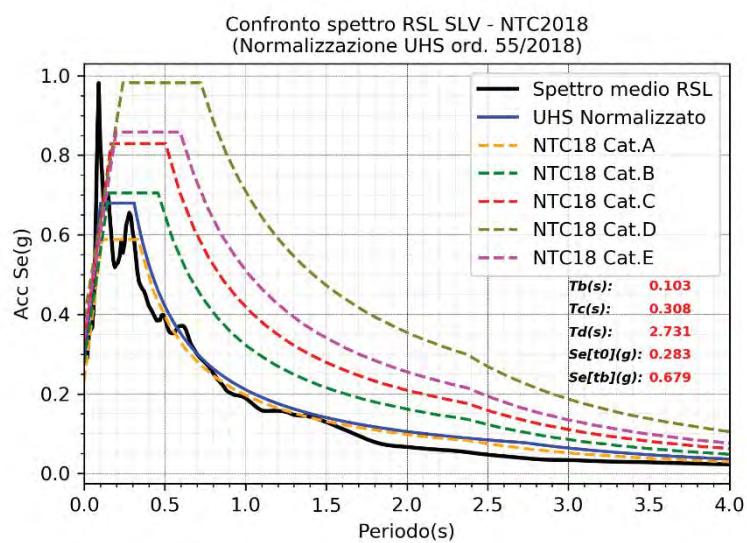
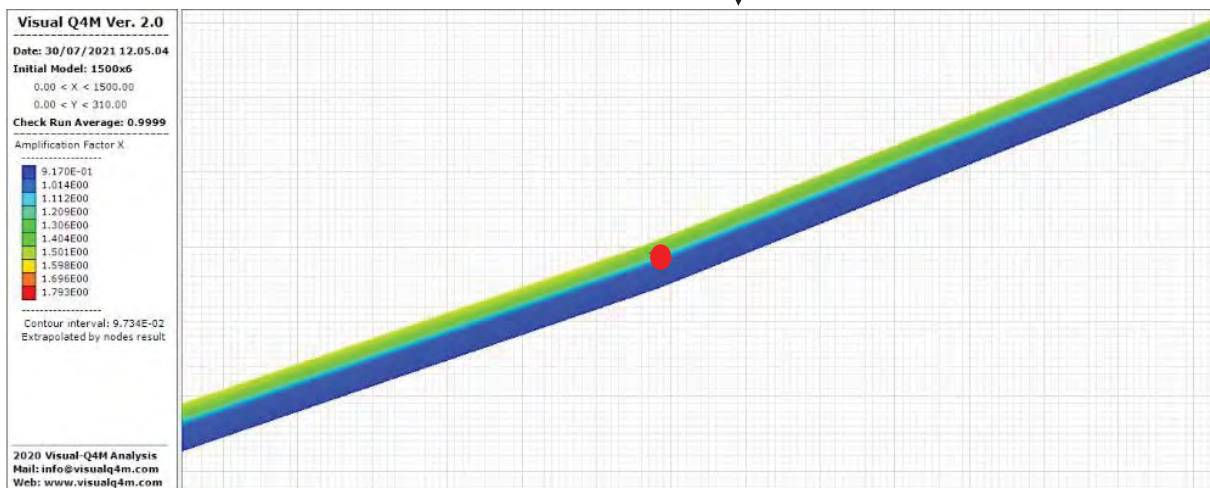
Confronto spettro RSL SLV - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



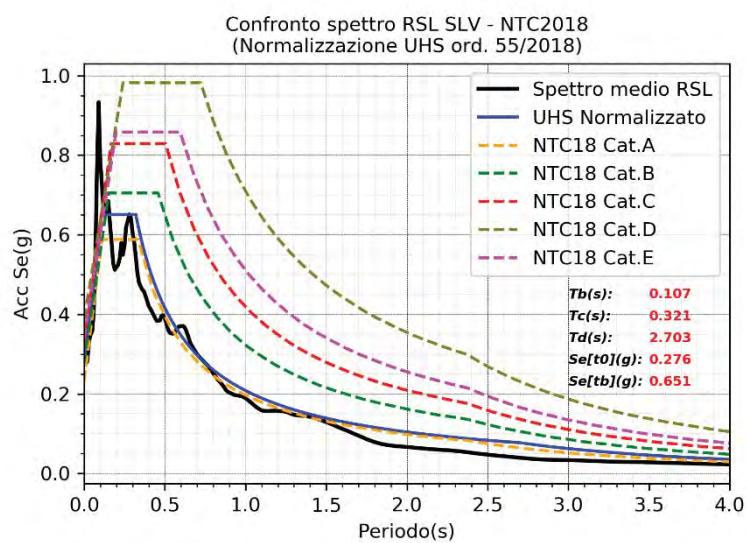
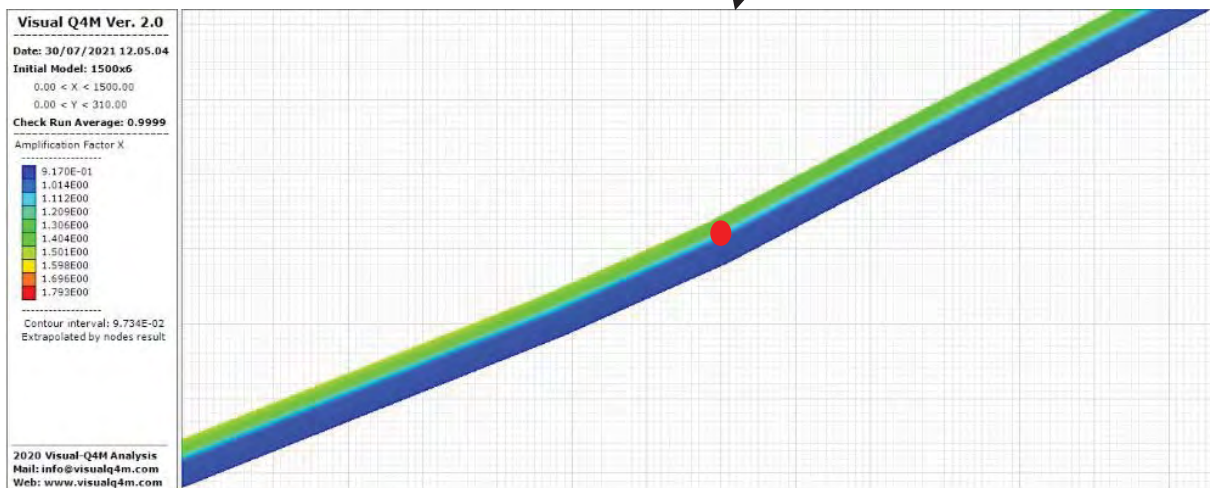
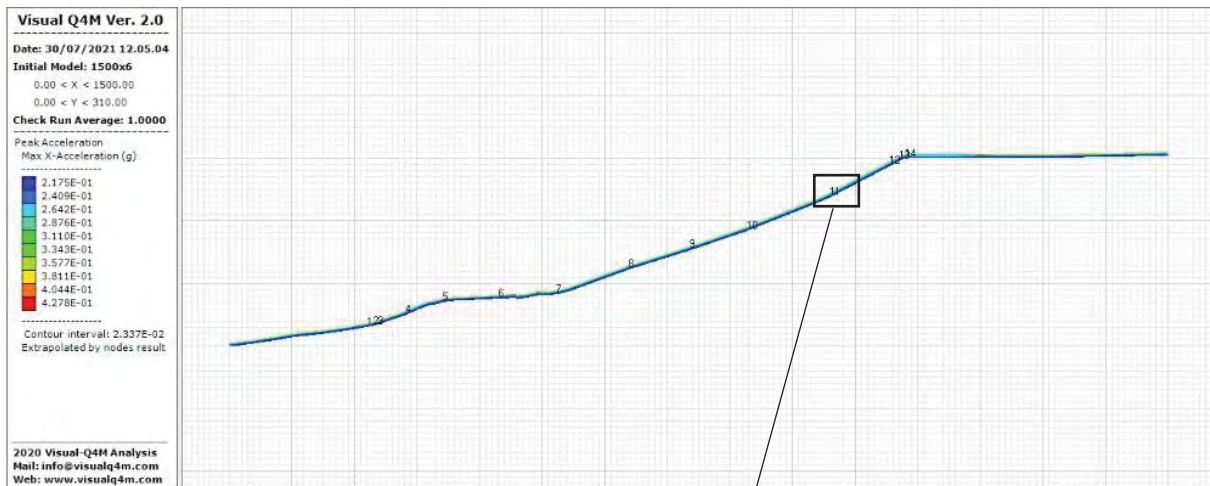
5.3.9 SLV – Pilone 8 (punto di controllo 9)



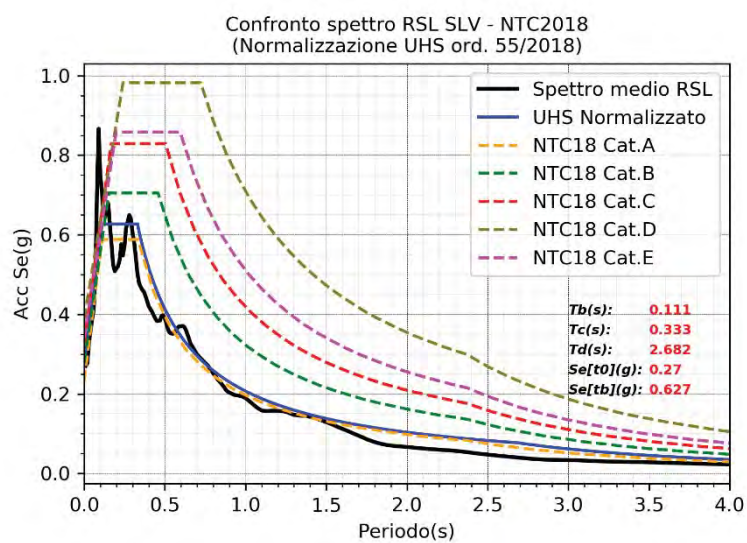
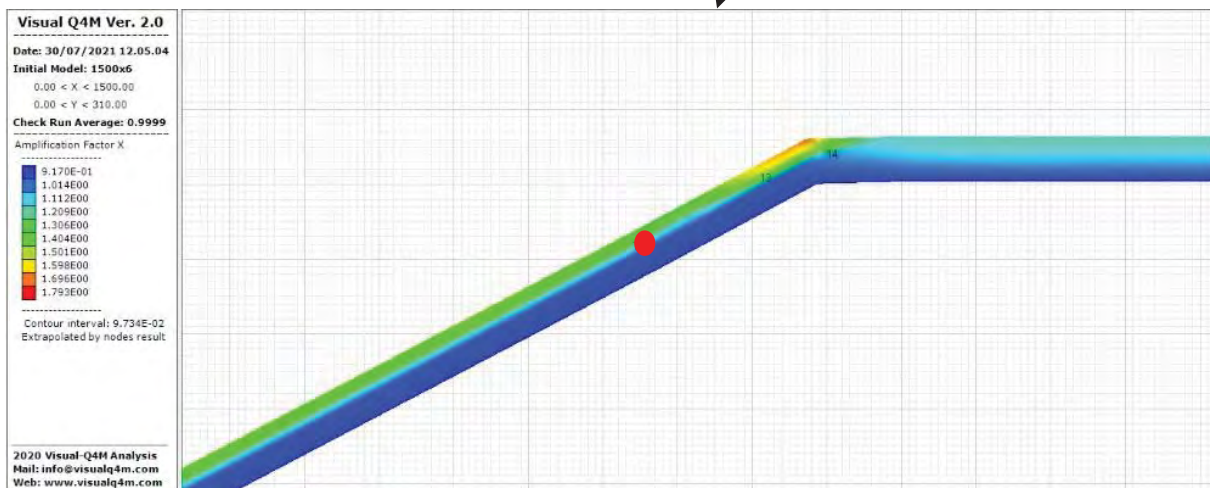
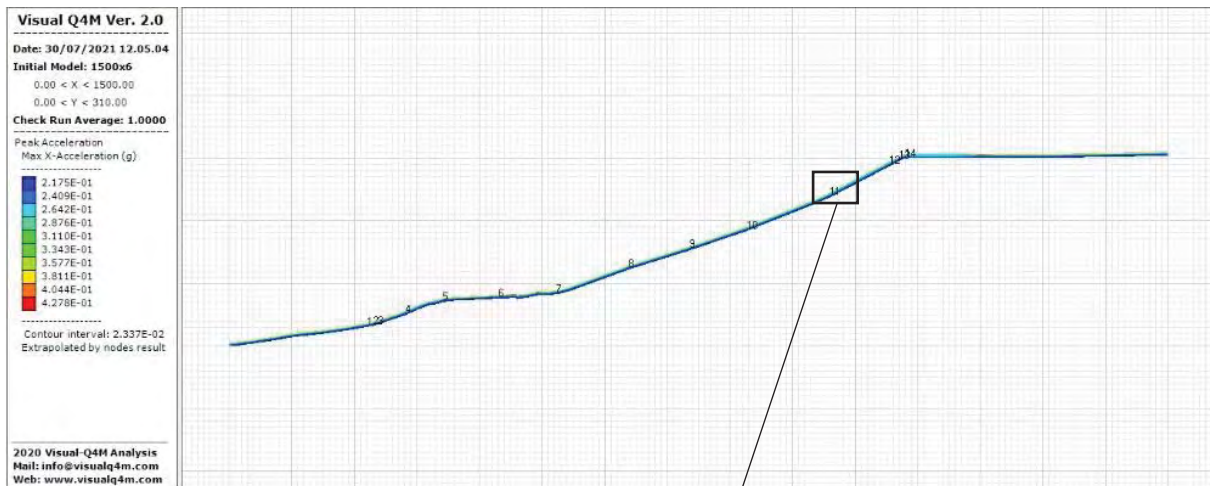
5.3.10 SLV – Pilone 9 (punto di controllo 10)



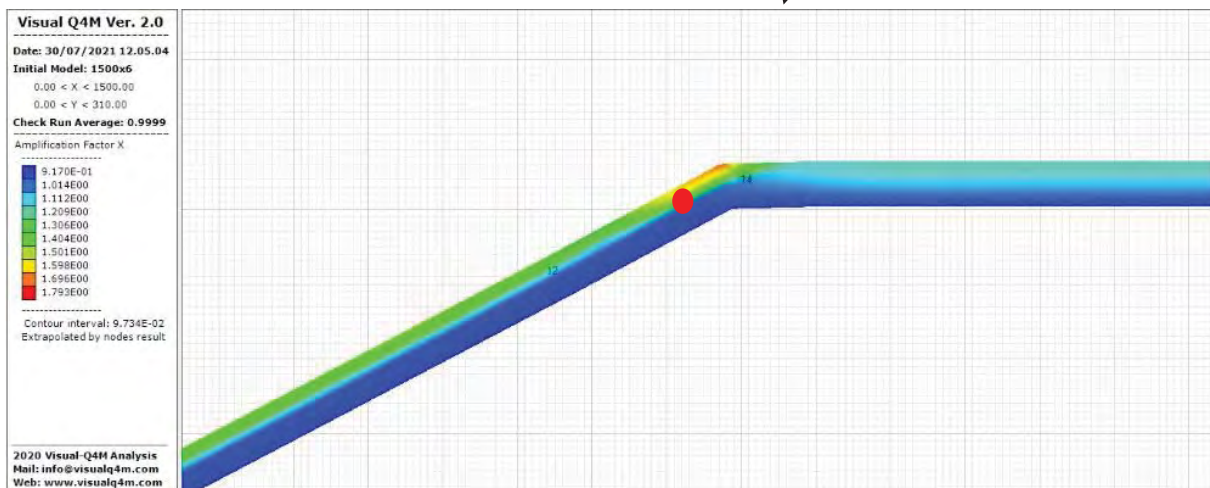
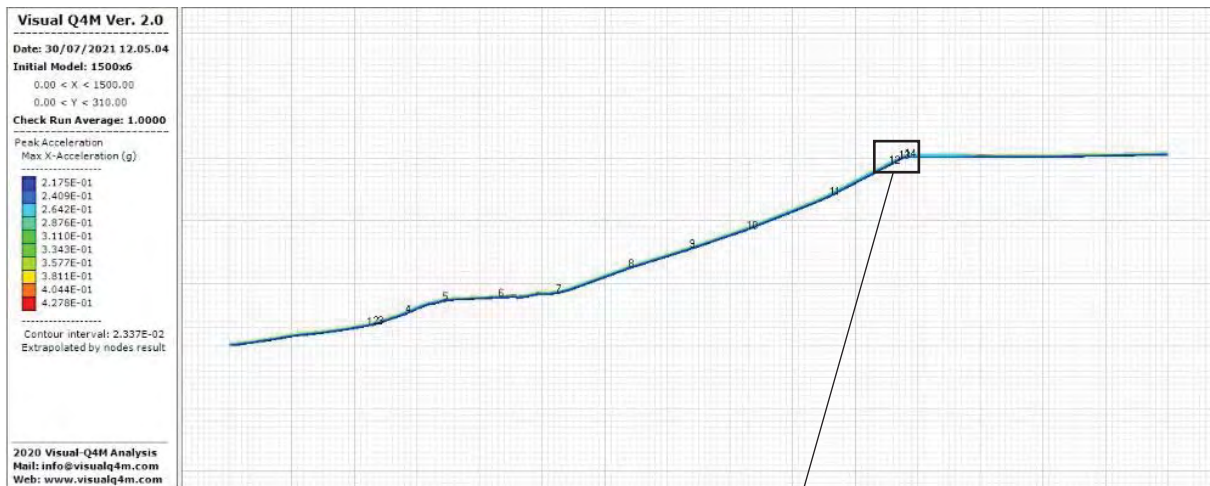
5.3.11 SLV – Pilone 10 (punto di controllo 11)



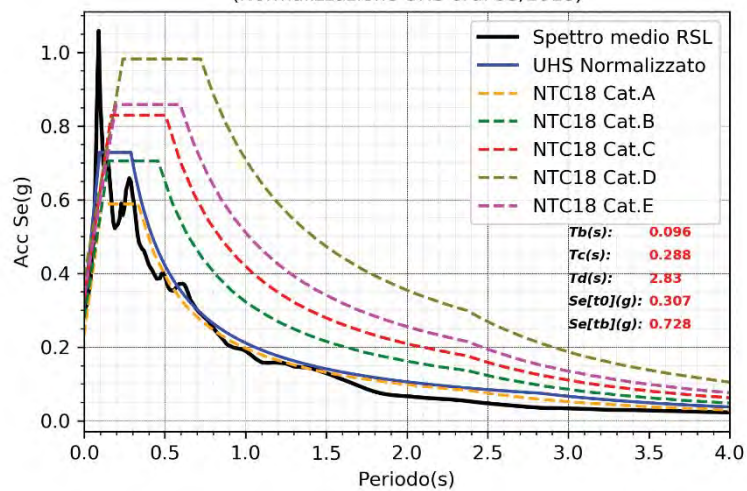
5.3.12 SLV – Pilone 11 (punto di controllo 12)



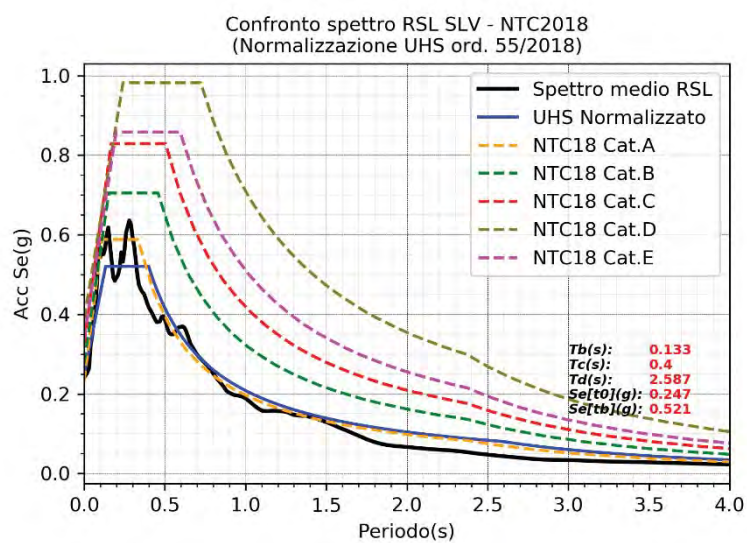
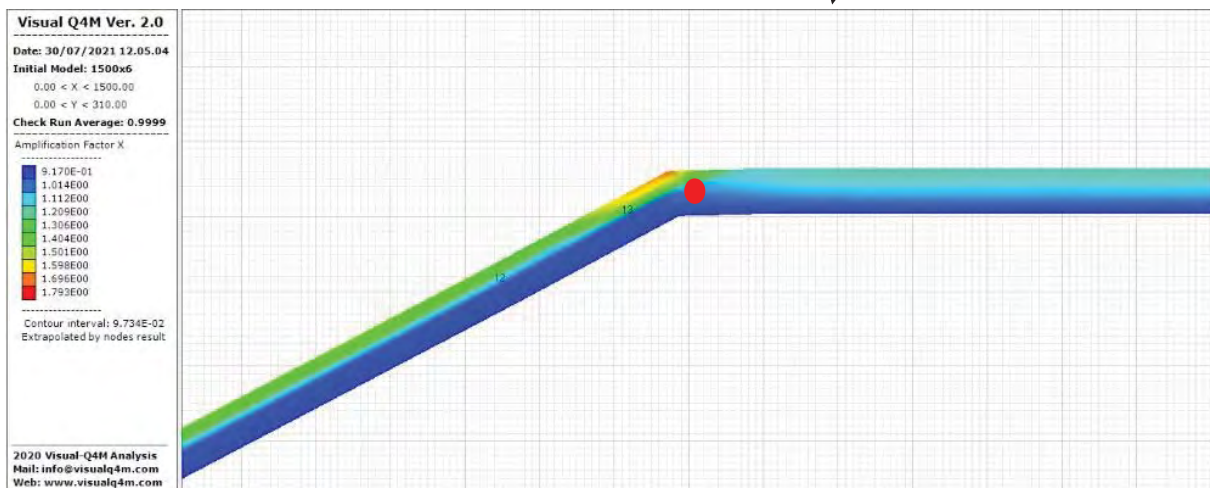
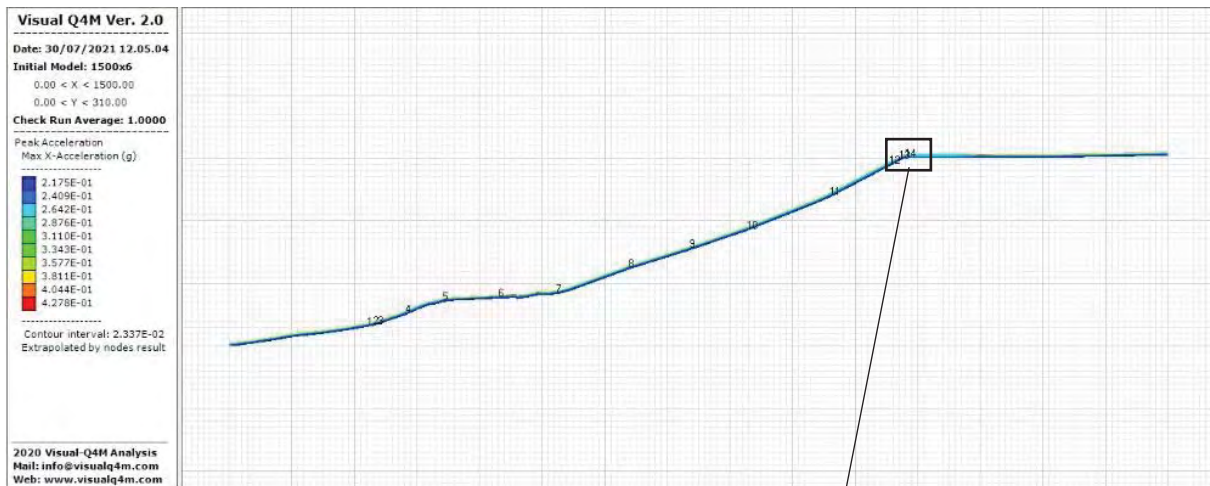
5.3.13 SLV – Pilone 12 (punto di controllo 13)



Confronto spettro RSL SLV - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



5.3.14 SLV – Stazione di monte (punto di controllo 14)



5.4 - RISULTATI SIMULAZIONE SLC

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLC	975	0.248	2.565	0.347

Risultati Simulazione Lineare Equivalente LEQ - n°7 Accelerogrammi

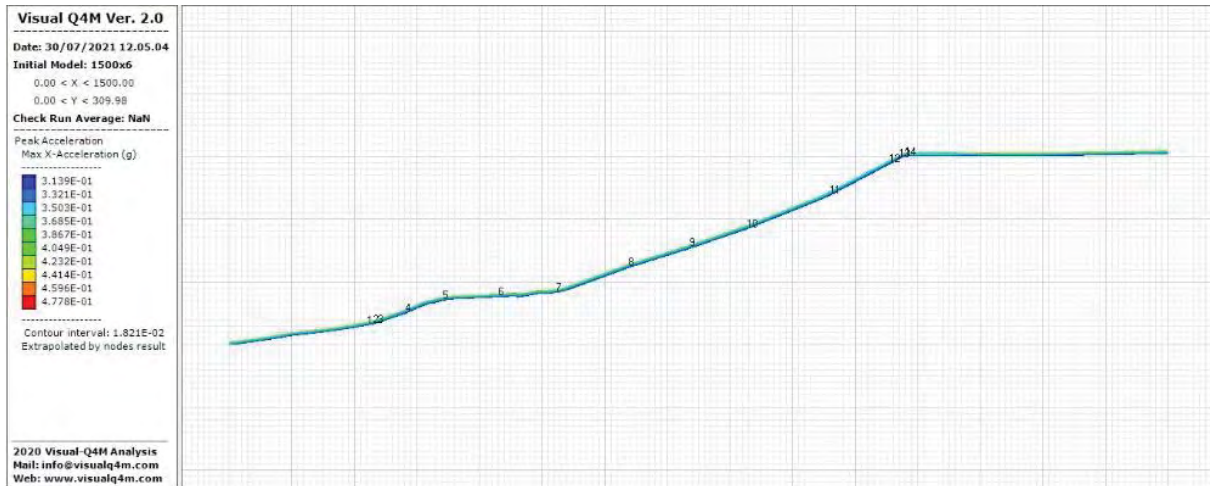


Figura 18: Mappa dei valori di PGA con punti di controllo

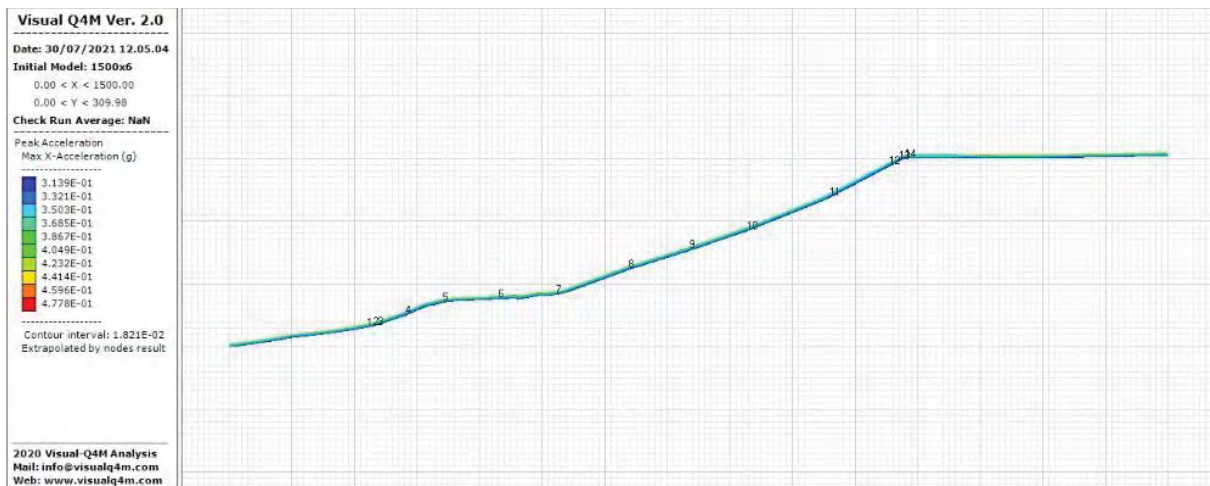
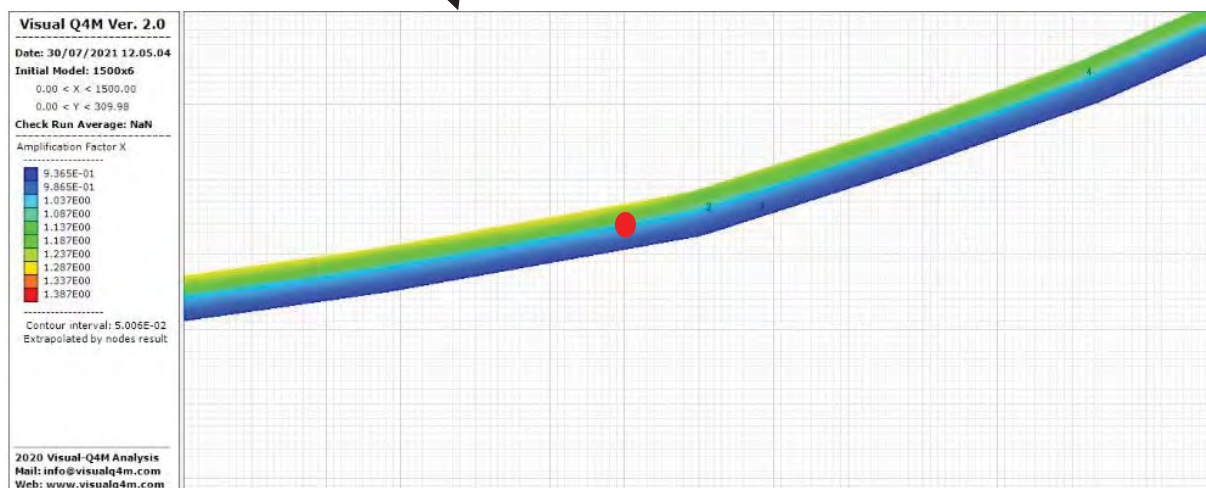
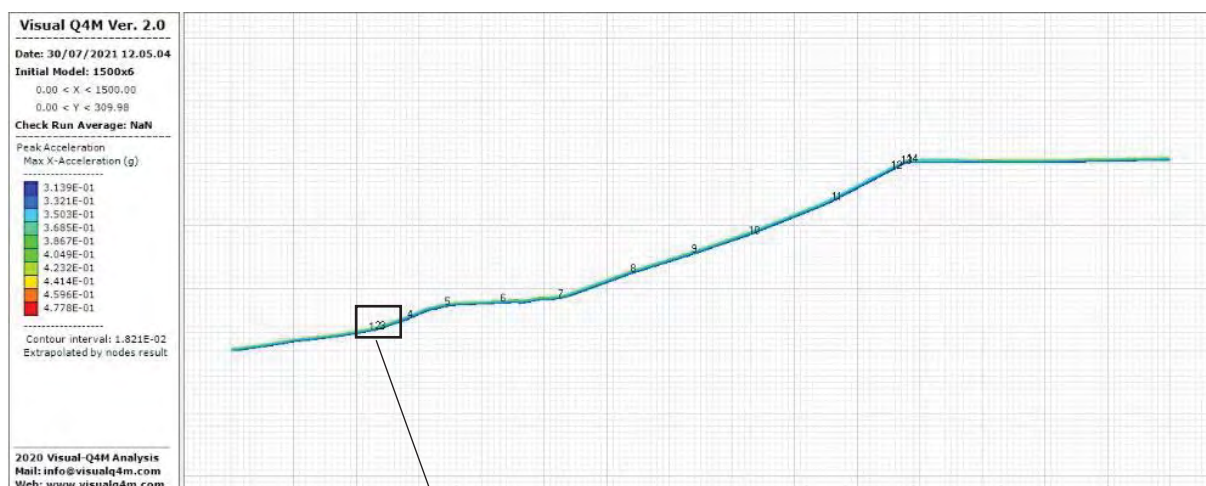
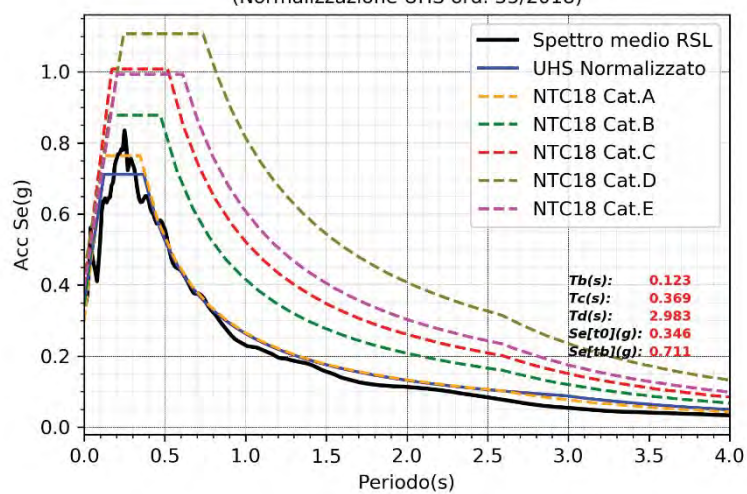


Figura 19: Mappa dei valori di FA con punti di controllo

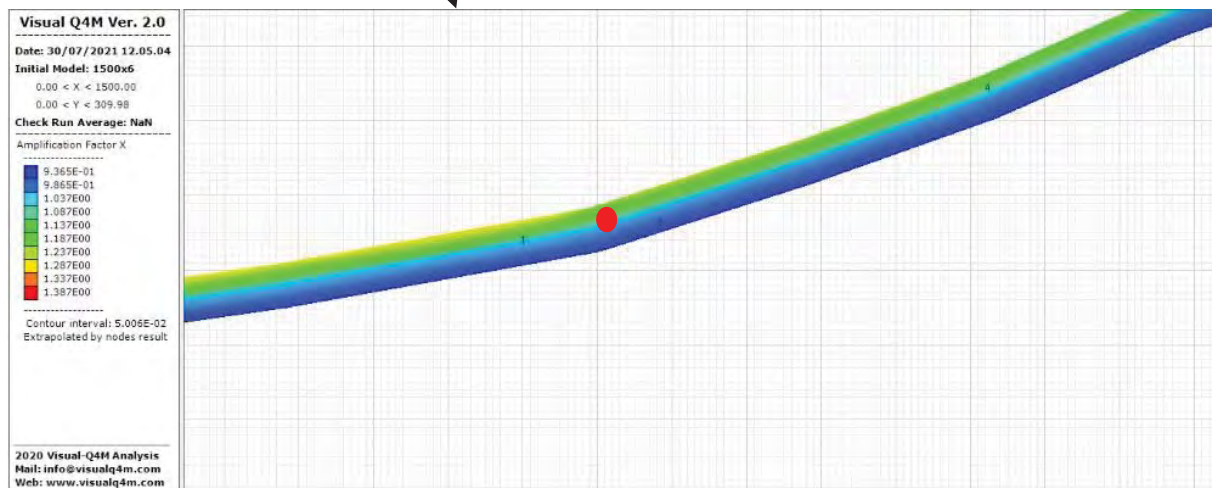
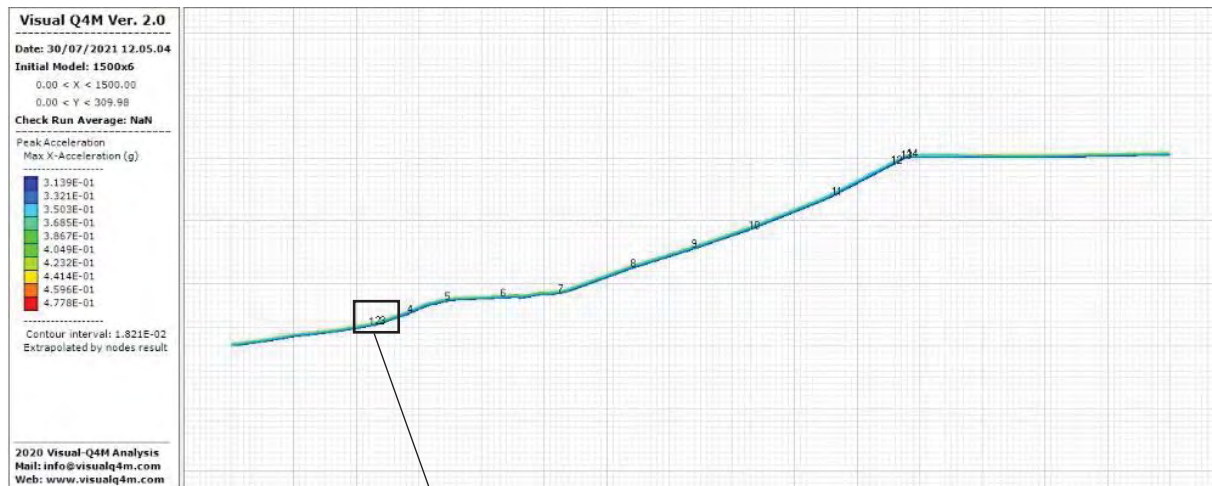
5.4.1 SLC – Stazione di valle (punto di controllo 1)



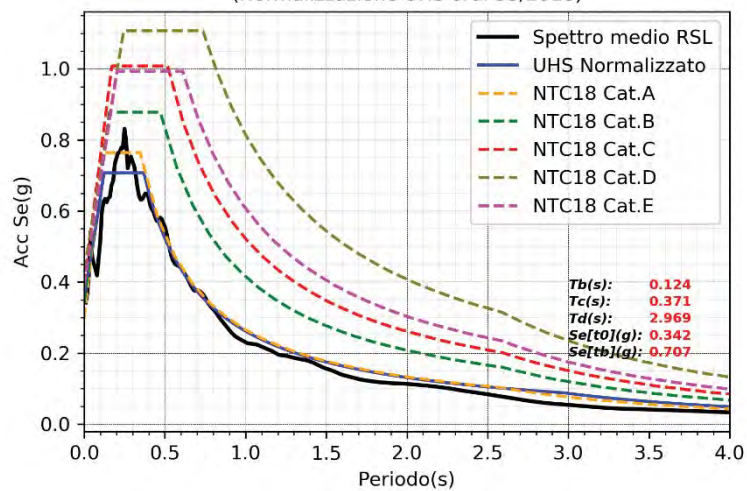
Confronto spettro RSL SLC - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



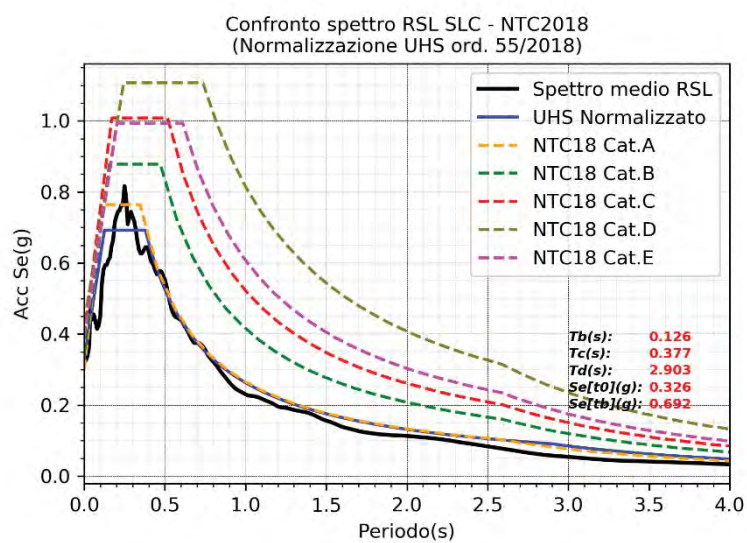
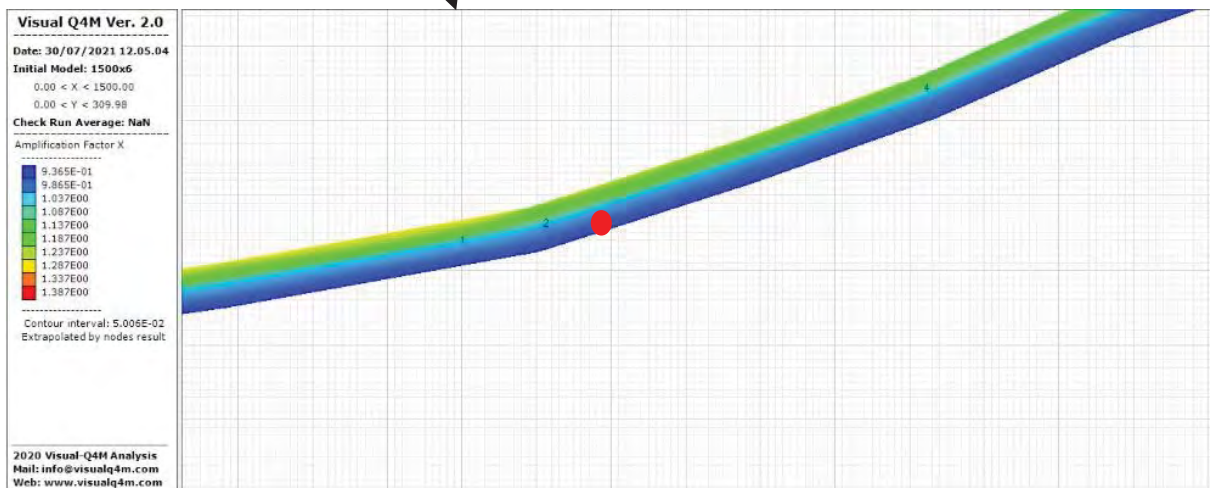
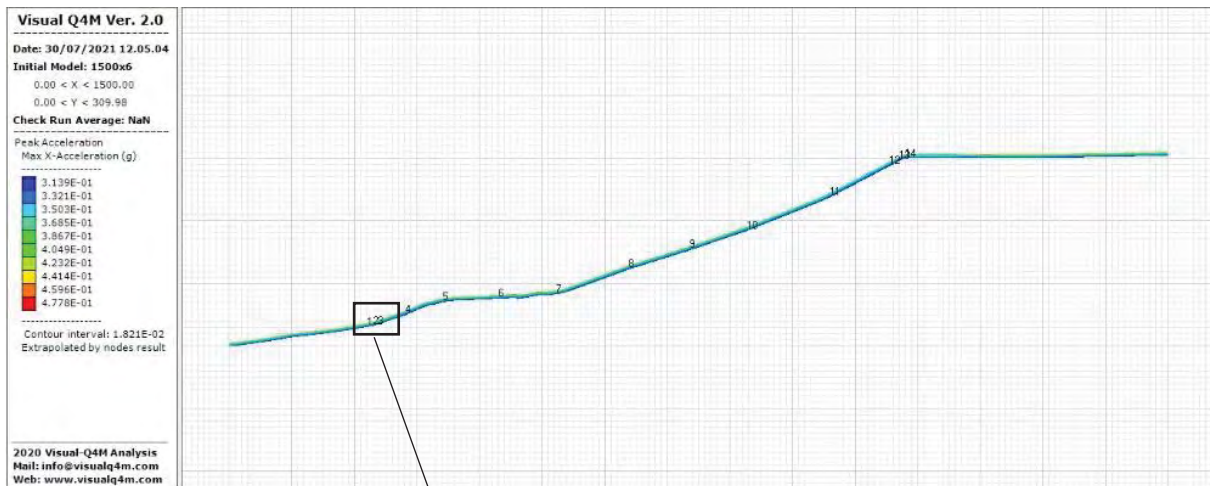
5.4.2 SLC – Pilone 1 (punto di controllo 2)



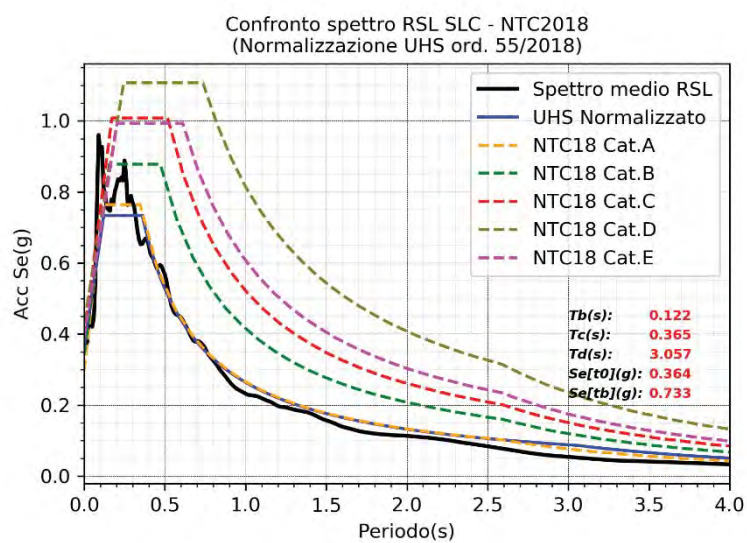
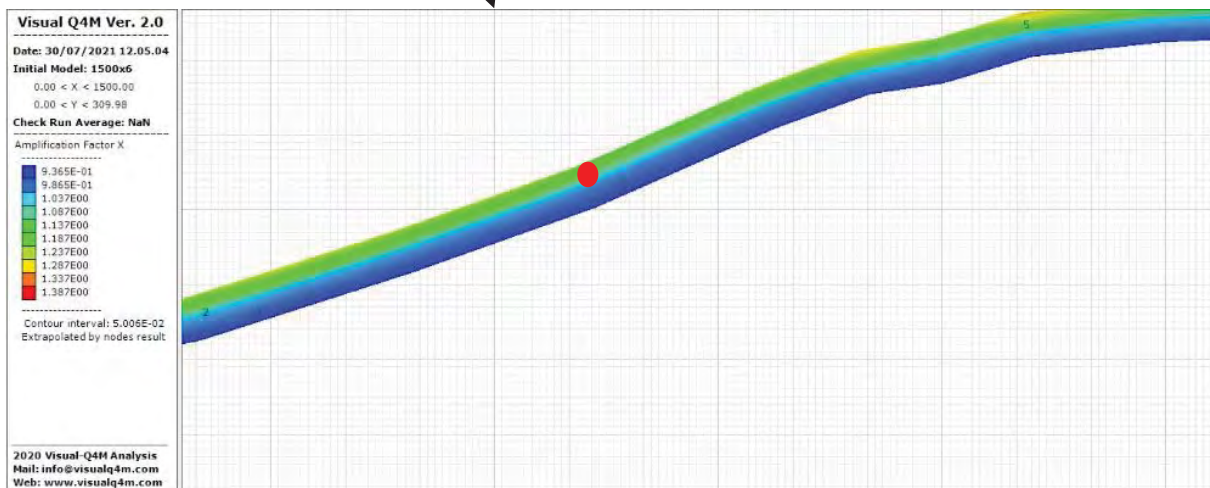
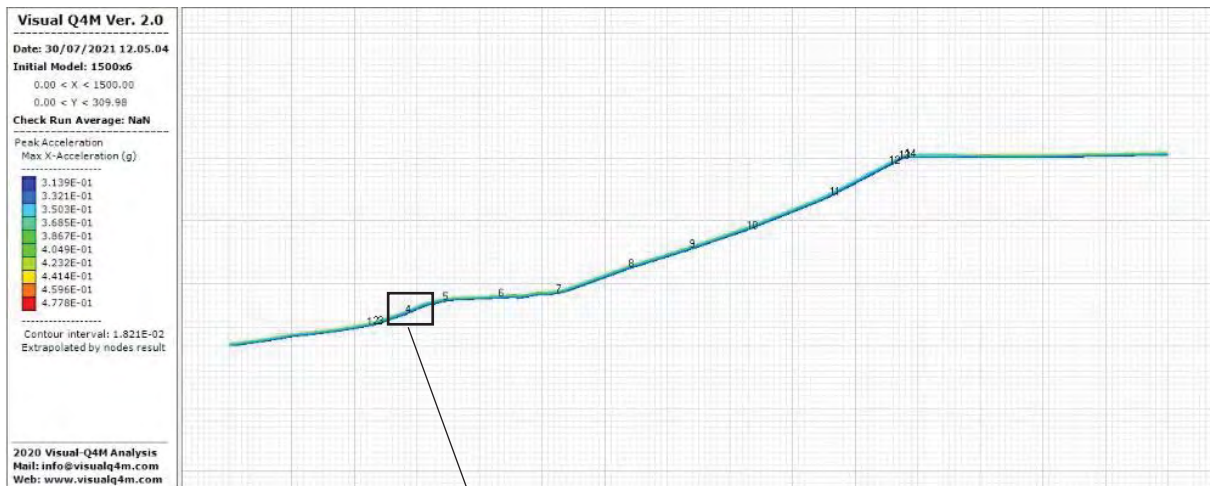
Confronto spettro RSL SLC - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



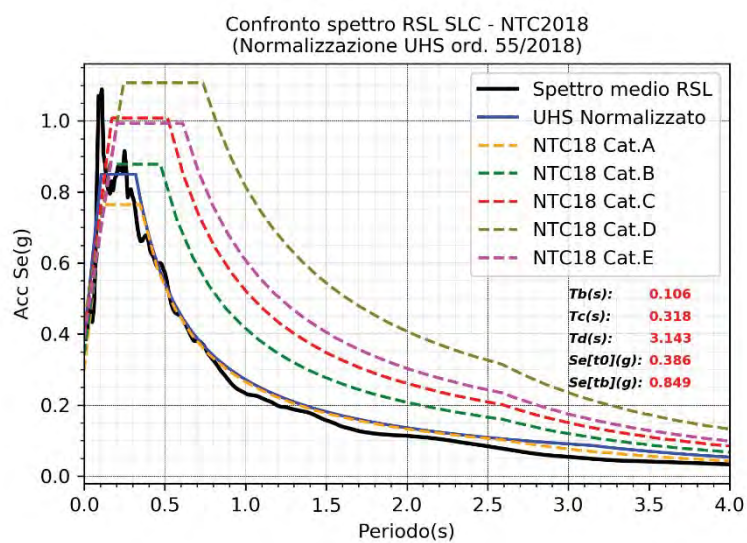
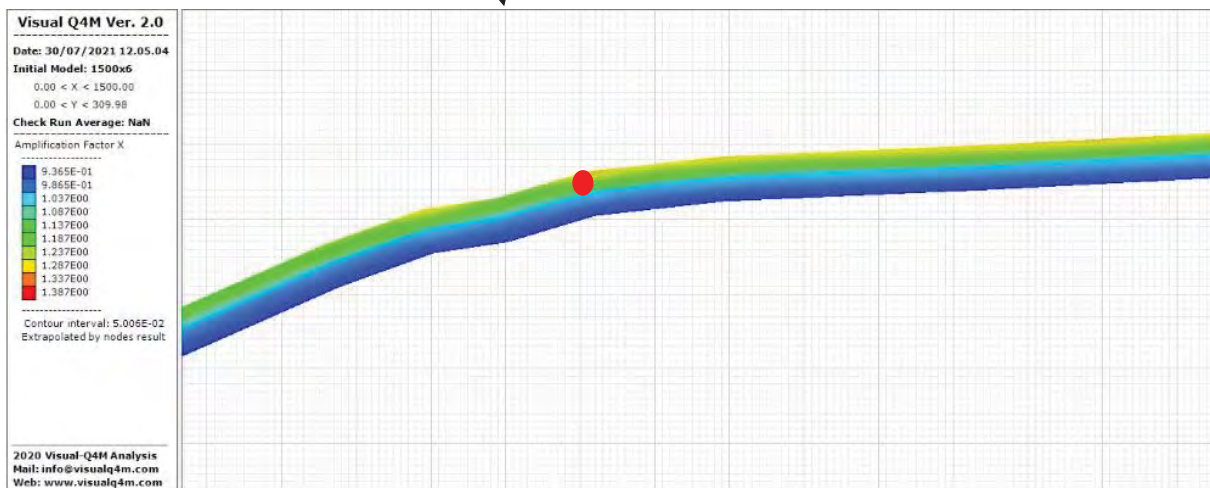
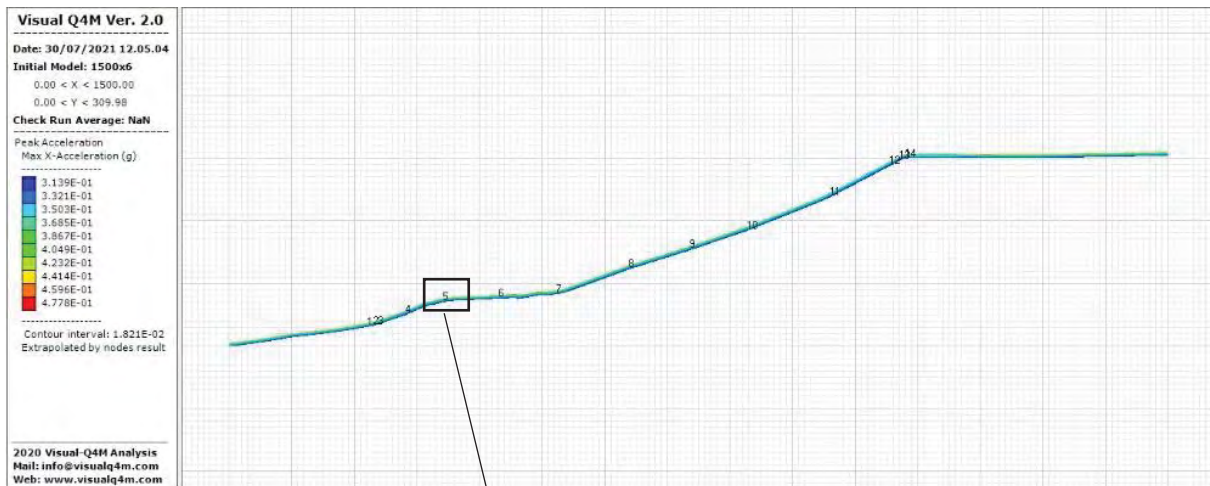
5.4.3 SLC – Pilone 2 (punto di controllo 3)



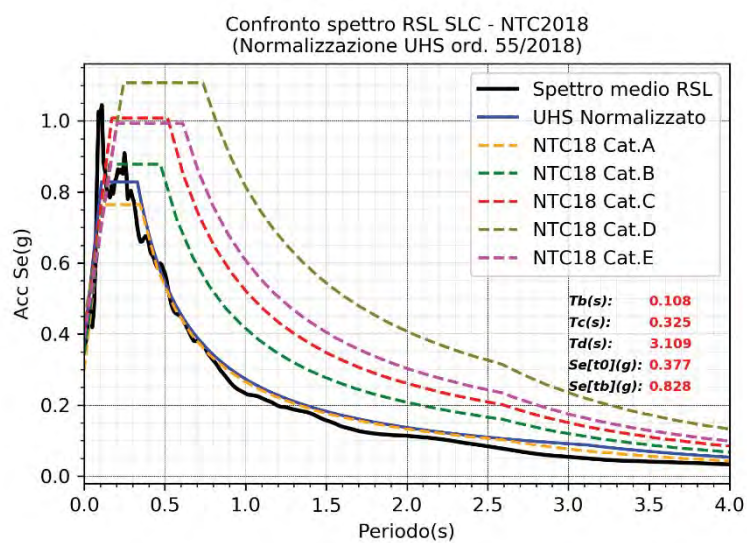
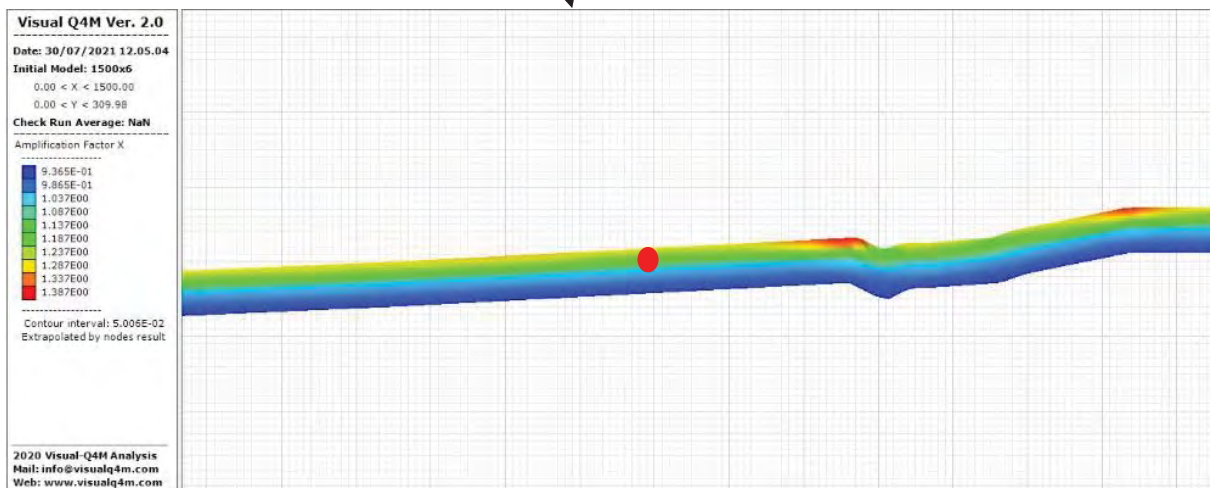
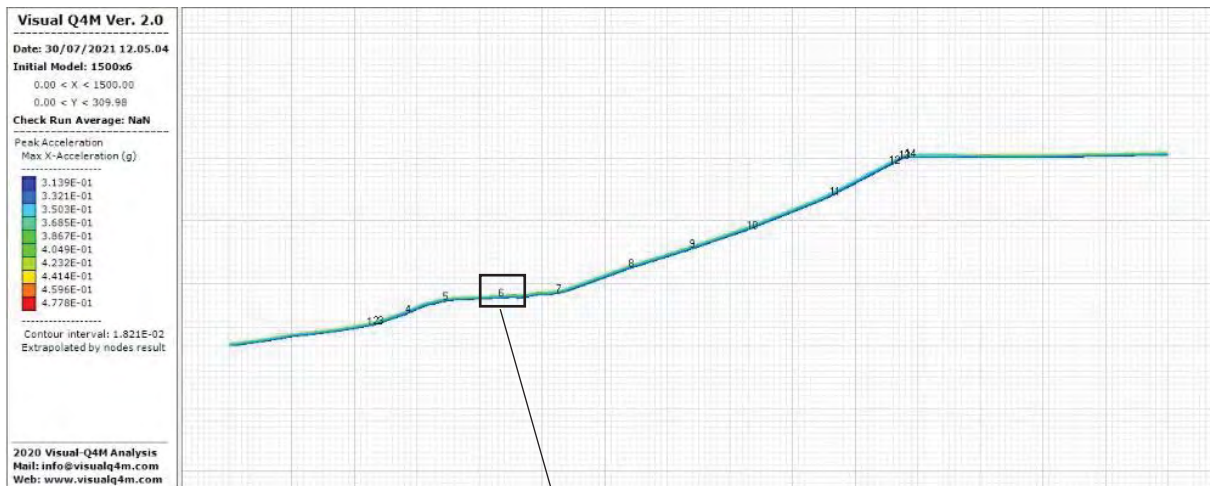
5.4.4 SLC – Pilone 3 (punto di controllo 4)



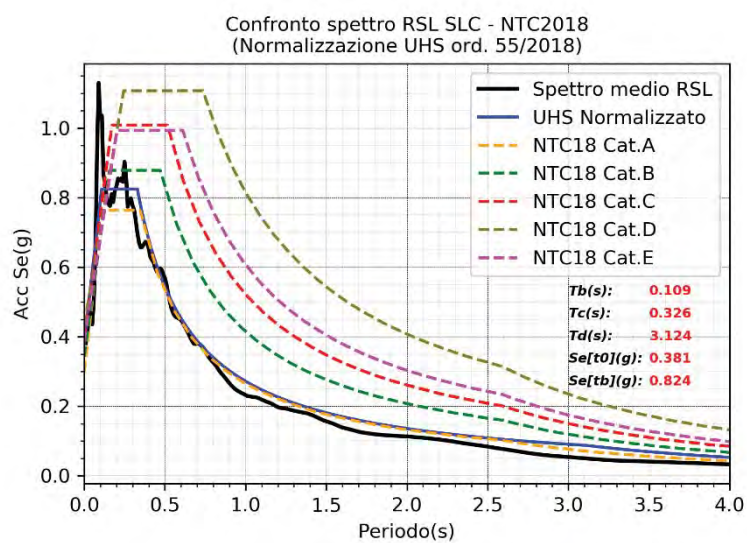
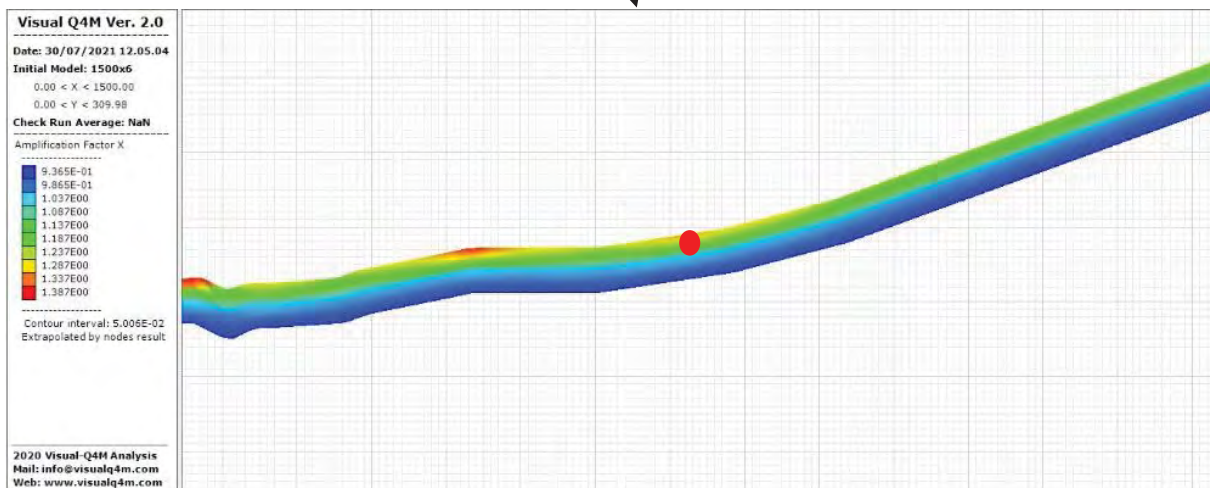
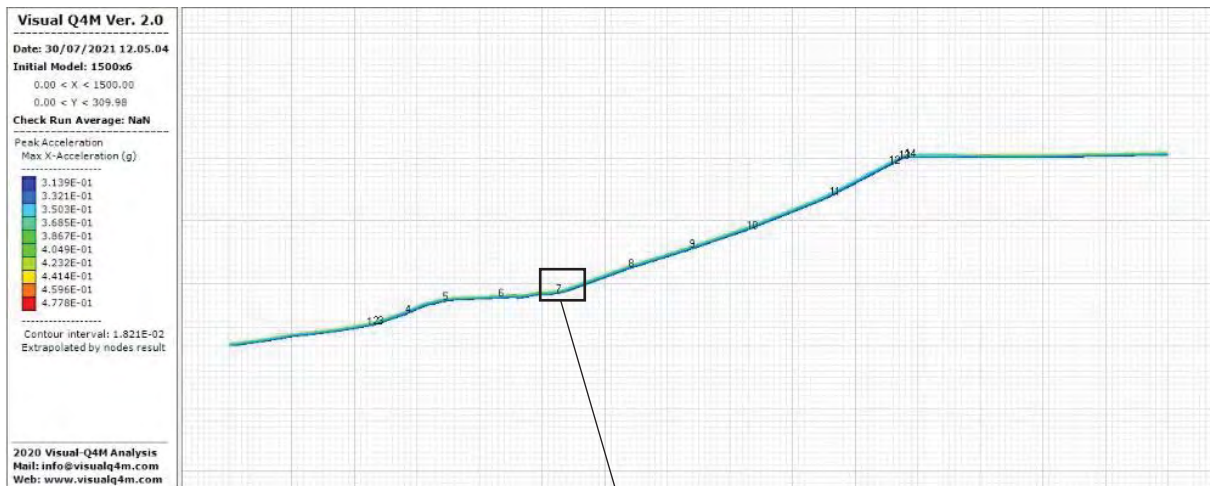
5.4.5 SLC – Pilone 4 (punto di controllo 5)



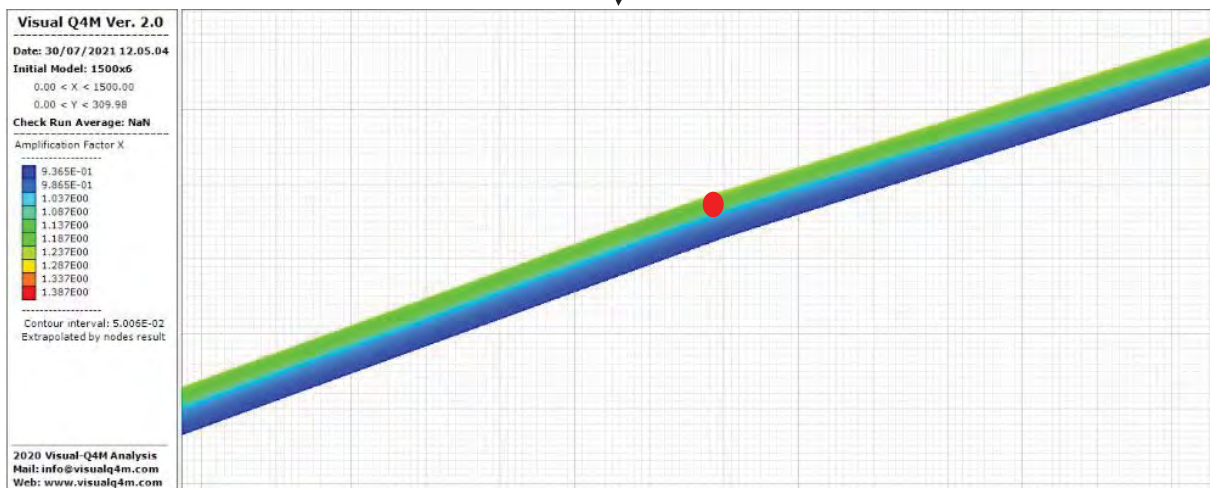
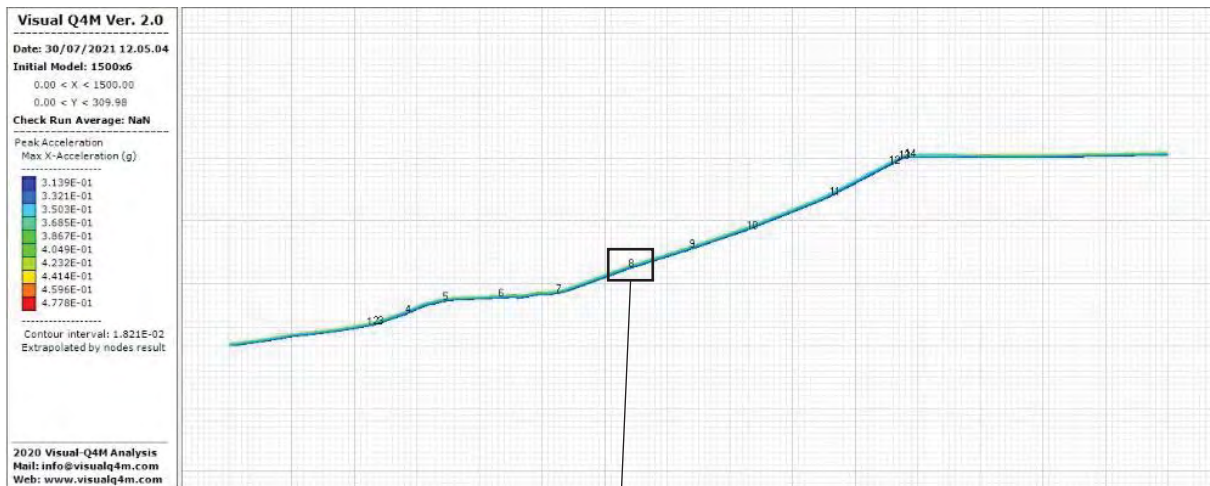
5.4.6 SLC – Pilone 5 (punto di controllo 6)



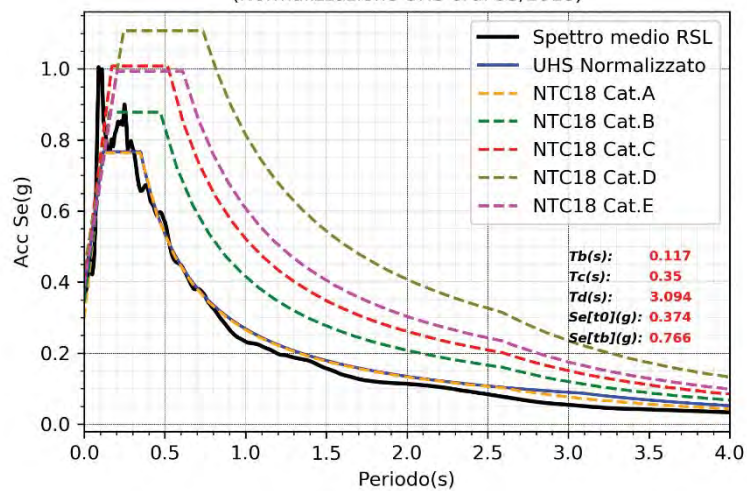
5.4.7 SLC – Pilone 6 (punto di controllo 7)



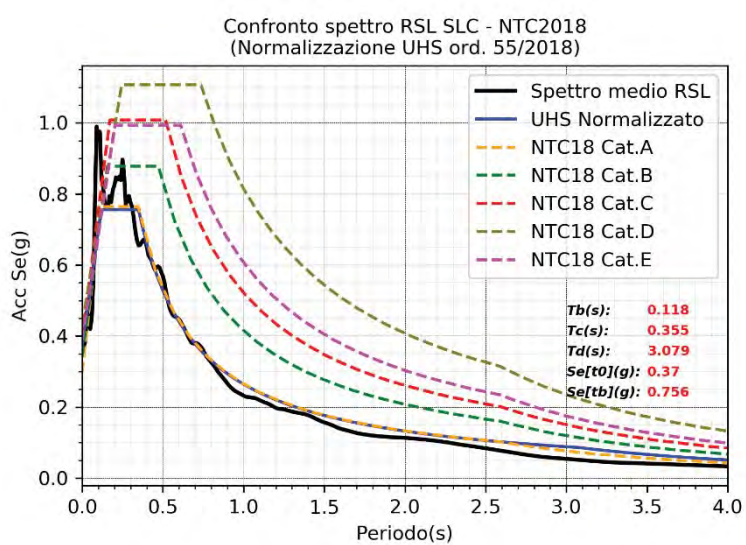
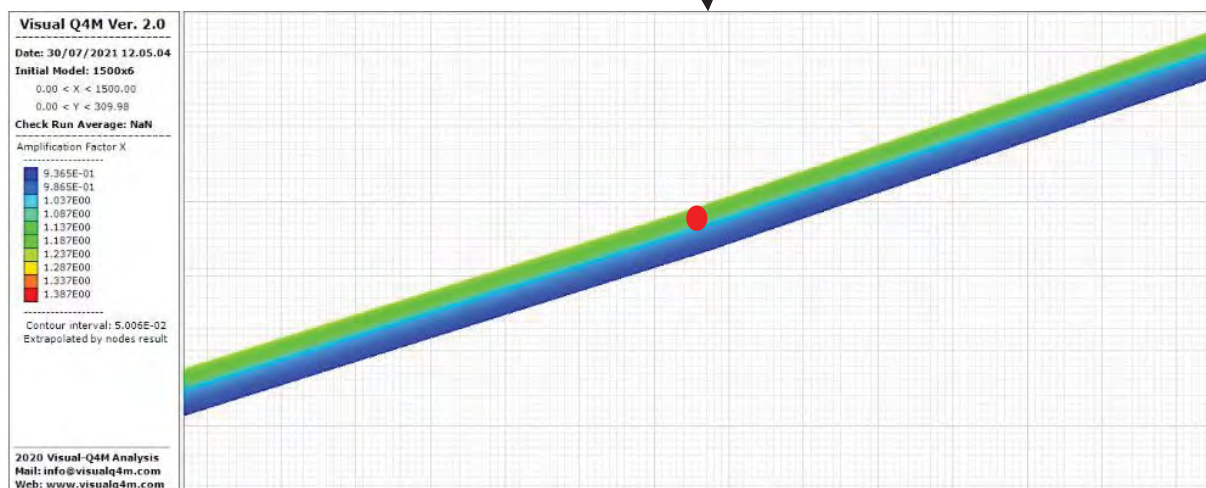
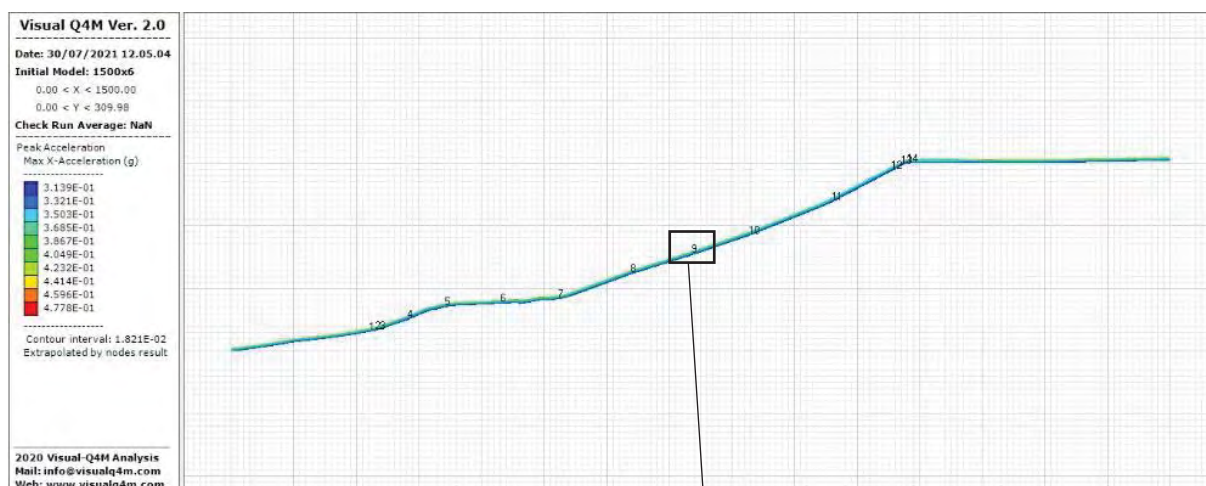
5.4.8 SLC – Pilone 7 (punto di controllo 8)



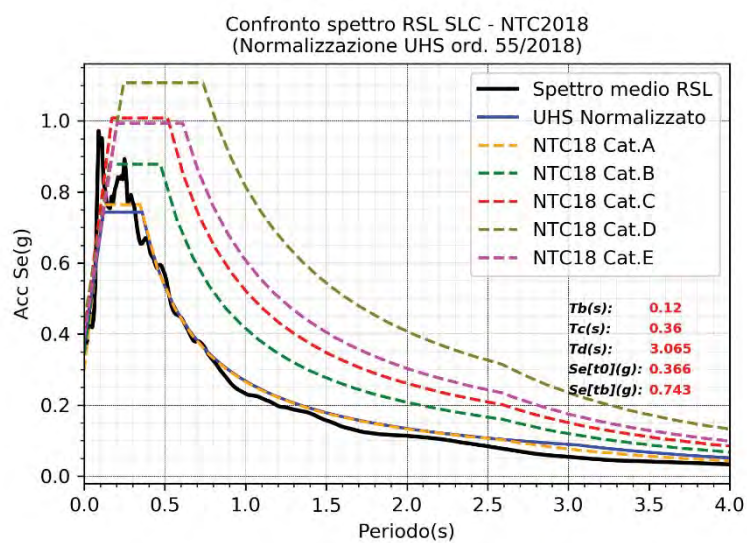
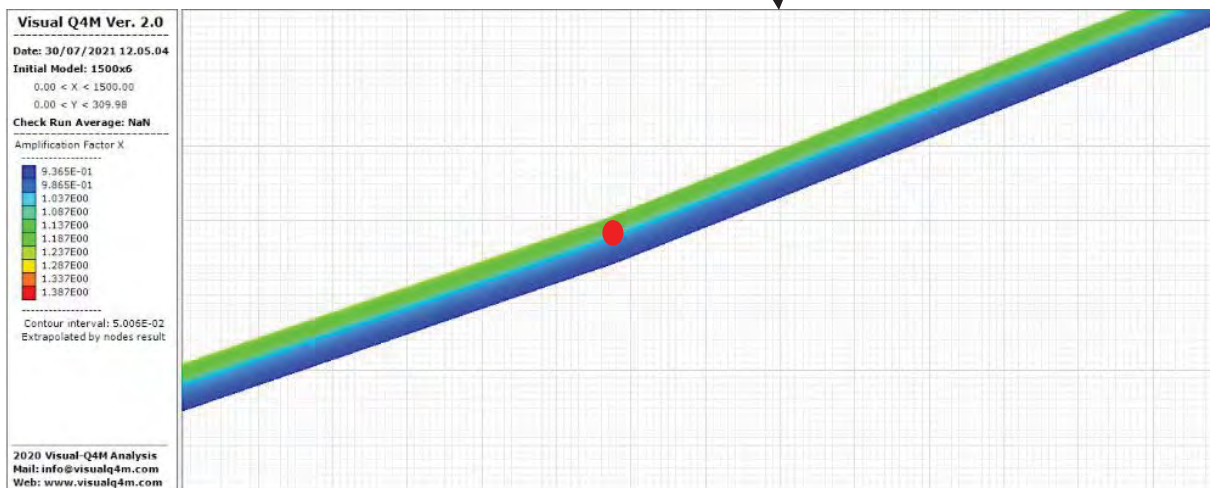
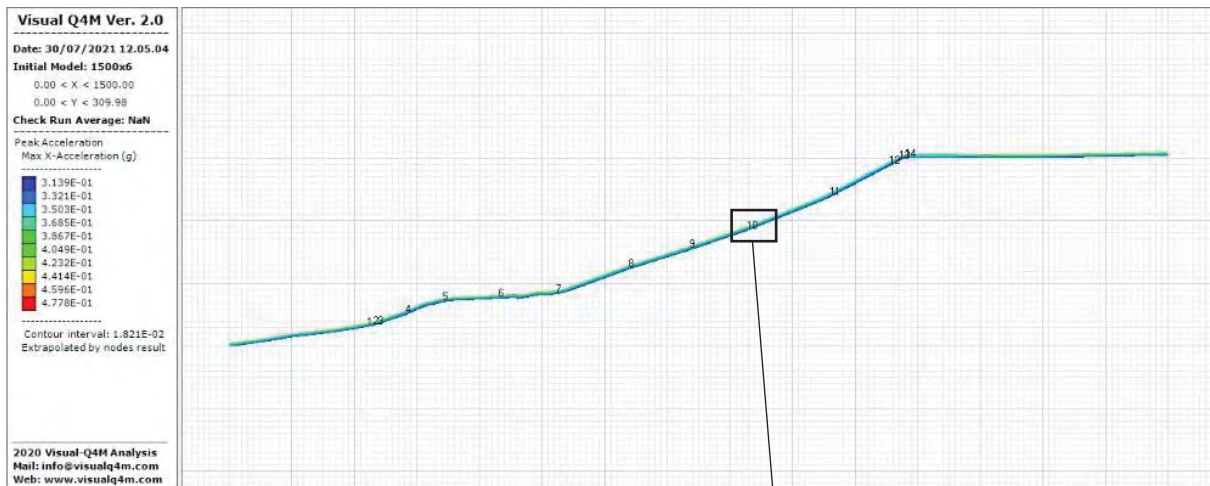
Confronto spettro RSL SLC - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



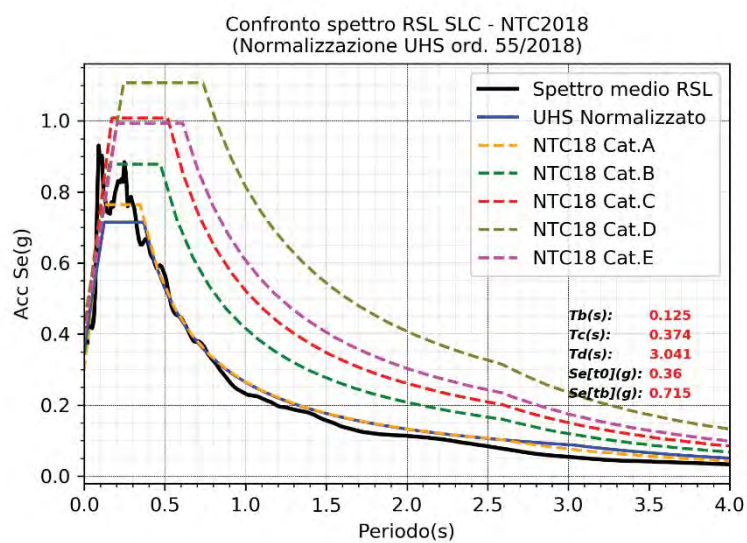
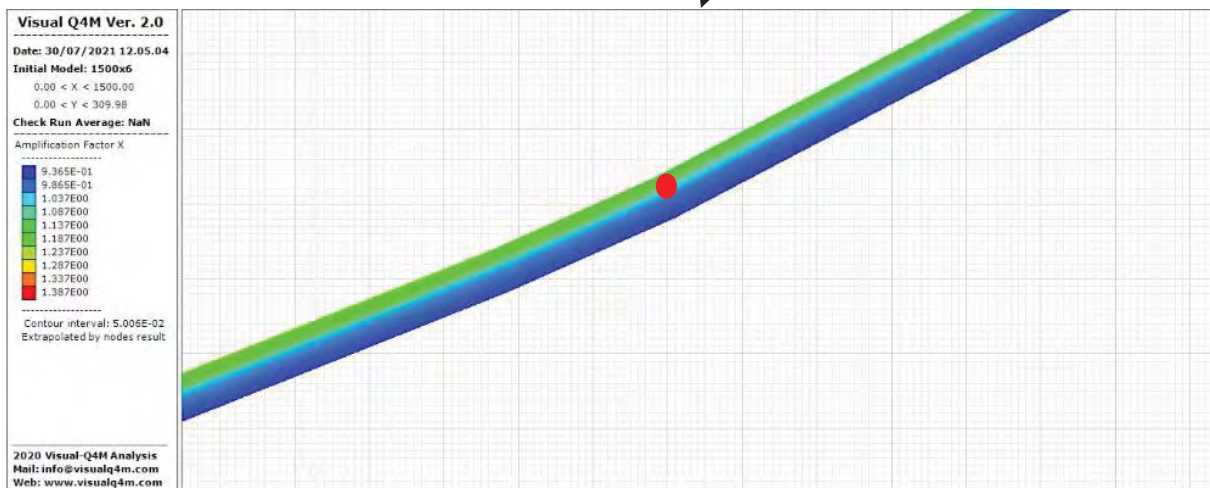
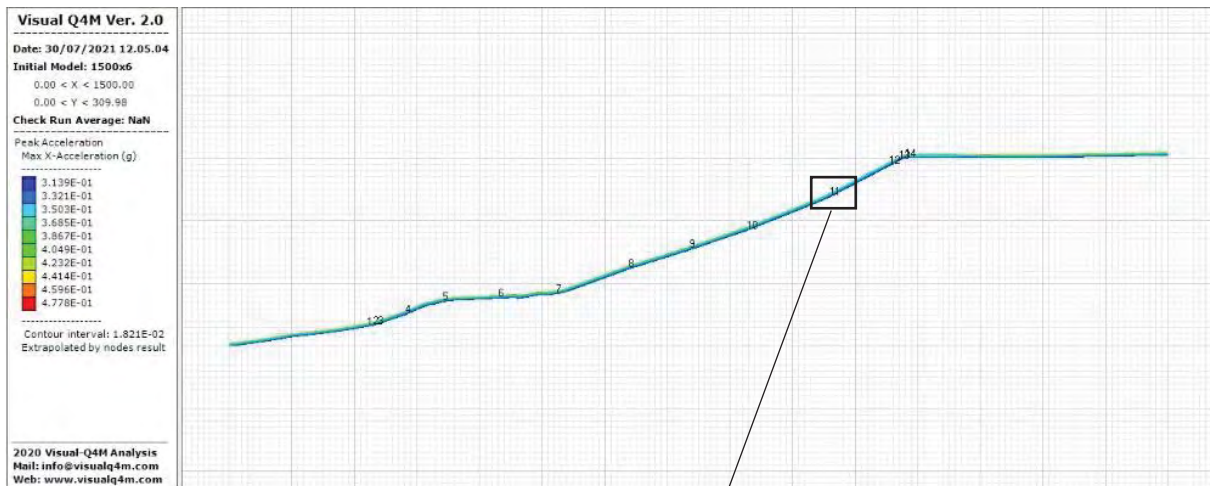
5.4.9 SLC – Pilone 8 (punto di controllo 9)



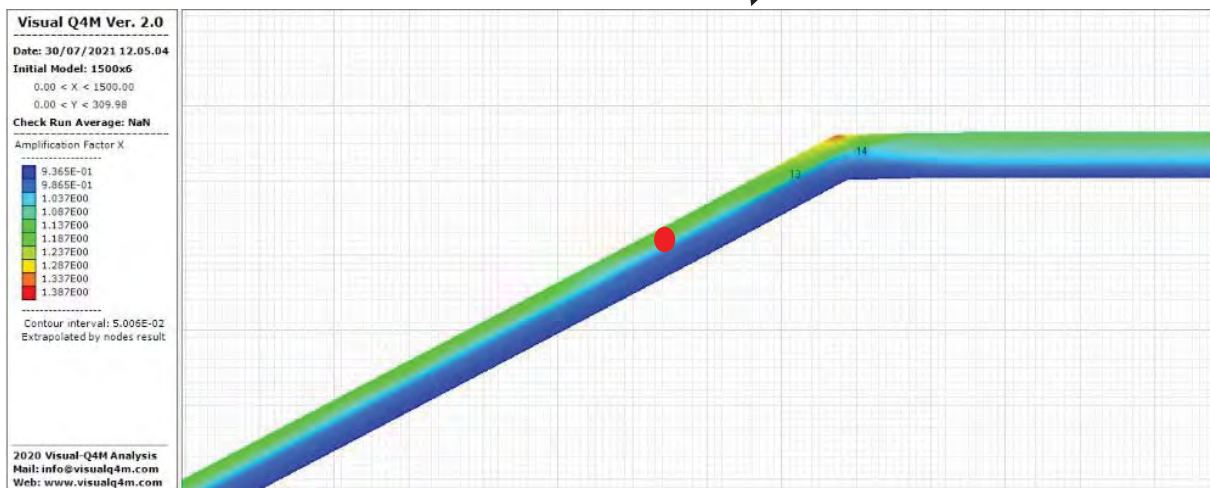
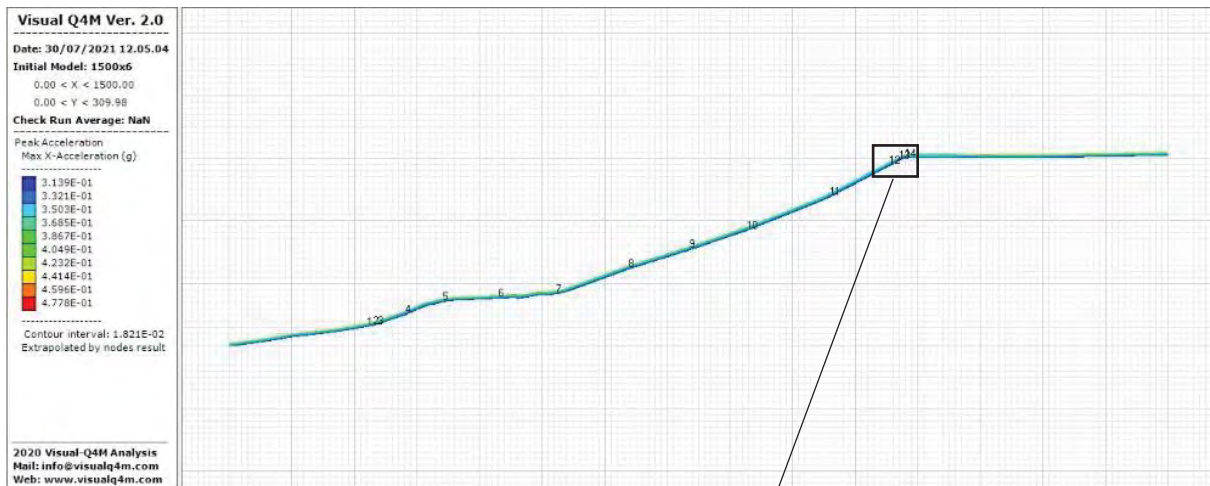
5.4.10 SLC – Pilone 9 (punto di controllo 10)



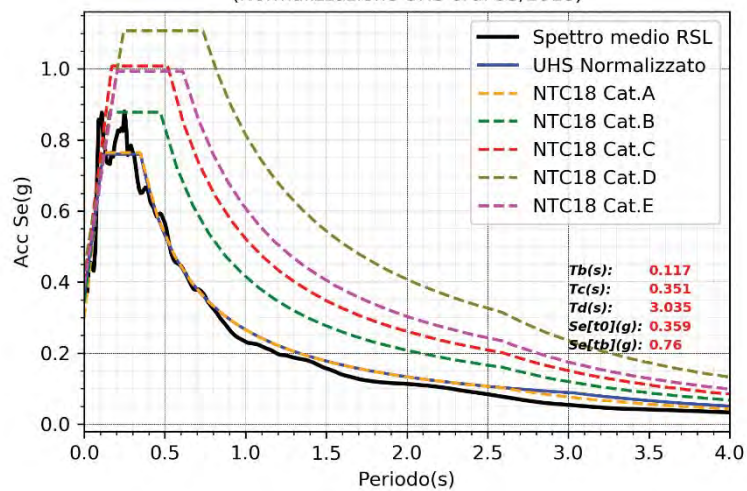
5.4.11 SLC – Pilone 10 (punto di controllo 11)



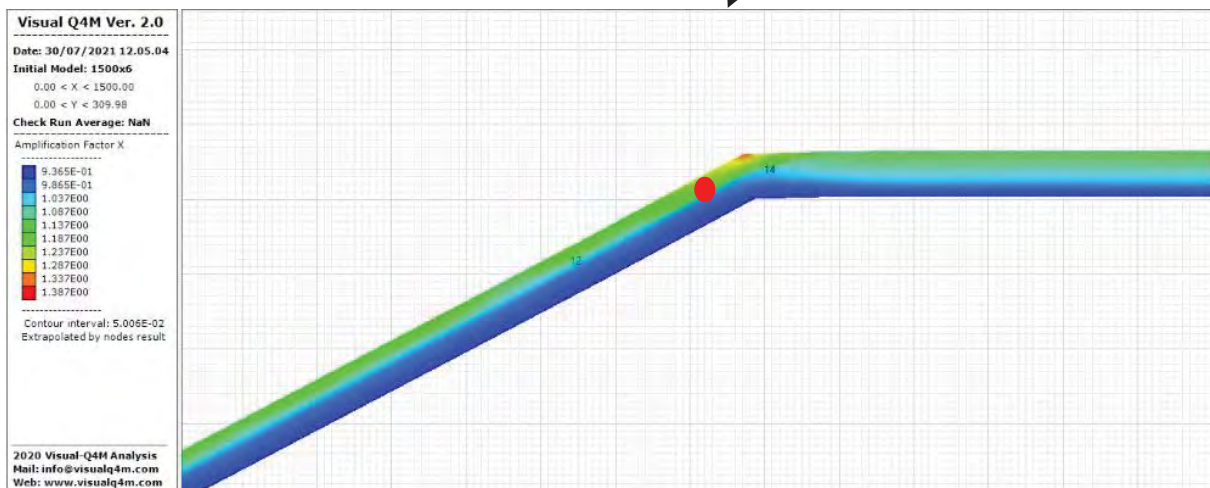
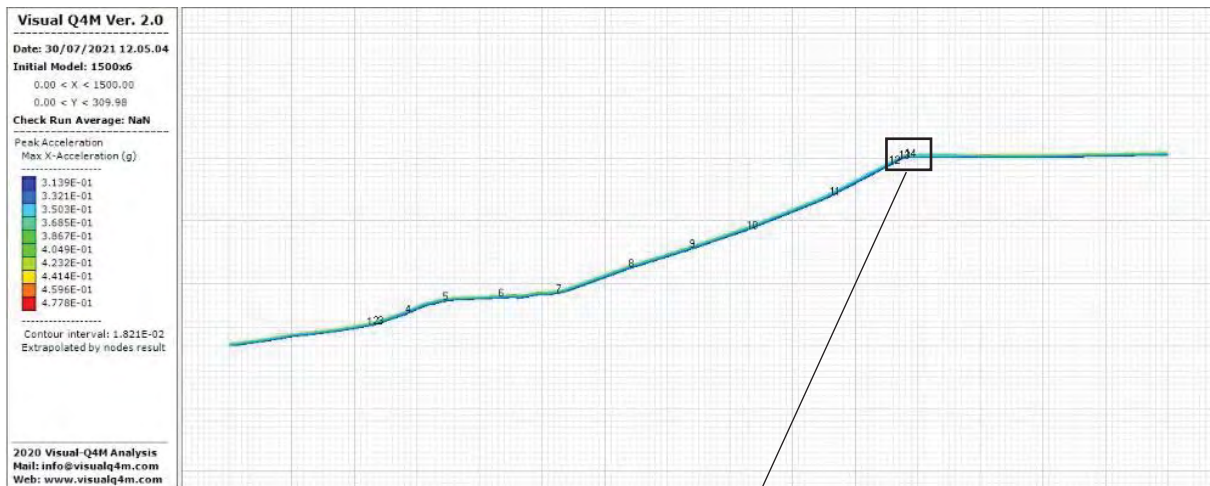
5.4.12 SLC – Pilone 11 (punto di controllo 12)



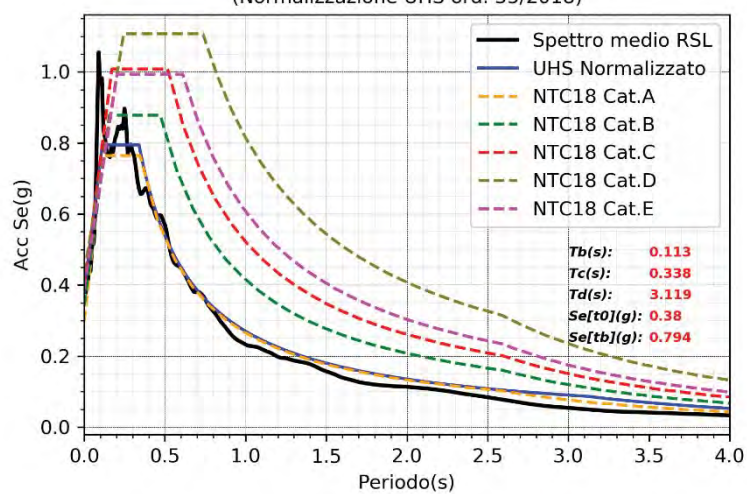
Confronto spettro RSL SLC - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



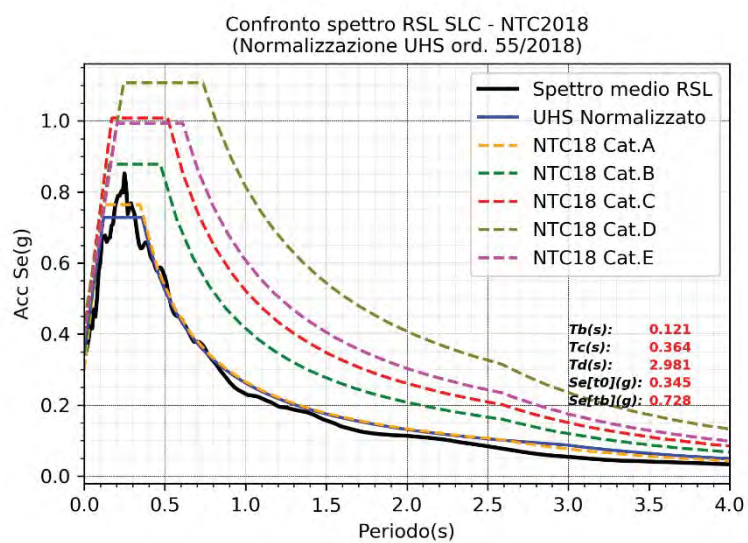
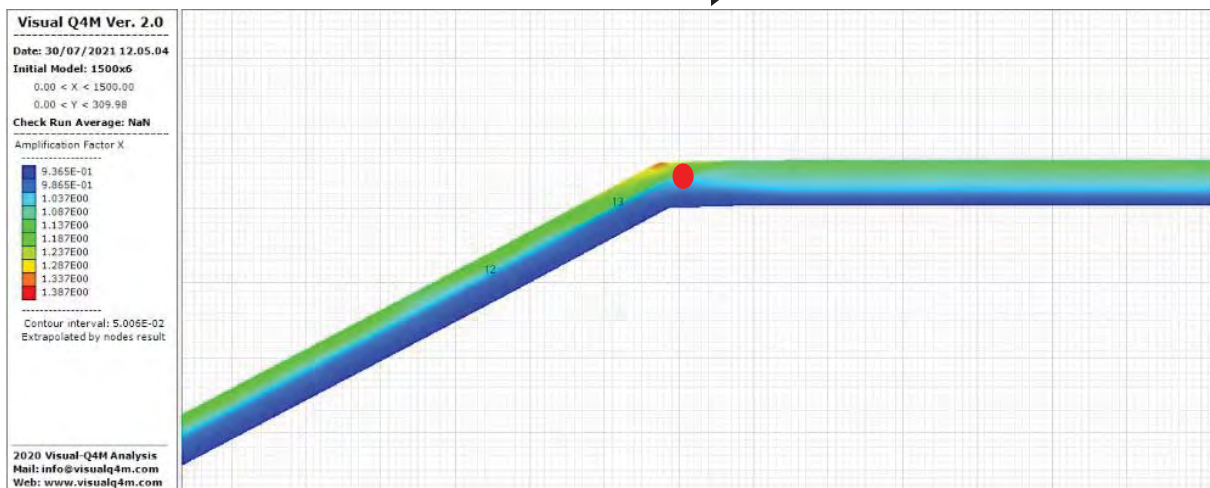
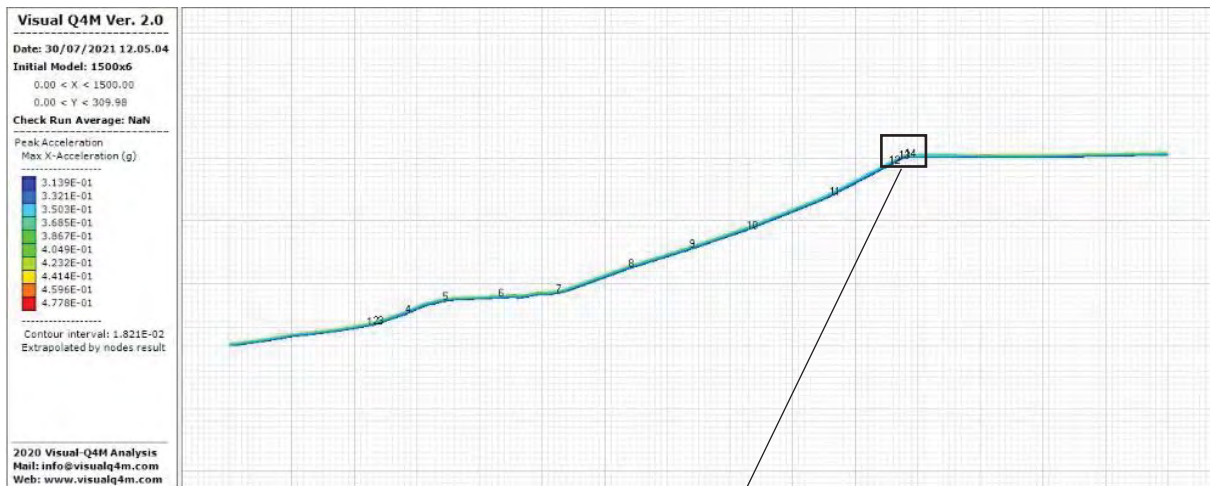
5.4.13 SLC – Pilone 12 (punto di controllo 13)



Confronto spettro RSL SLC - NTC2018
 (Normalizzazione UHS ord. 55/2018)



5.4.14 SLC – Stazione di monte (punto di controllo 14)



6 - CONCLUSIONI

Lo studio ha previsto una serie di simulazioni numeriche di *RSL* per gli stati limite *SLO* (%81) - *SLD* (63%) - *SLV* (%10) - *SLC* (%5) relative ad una seggiovia quadriposto identificata come *Classe d'uso II - Vita nominale $V_n = 50$ anni* ubicata in loc. Pintura nel comune di Bolognola (MC).

Come dati sismici di input per le simulazioni numeriche sono stati utilizzati, n°7 accelerogrammi per gli *SLO*, *SLD* ed *SLC* estratti da database web tramite il programma *REXELite* (§ 3). La spettro compatibilità degli accelerogrammi selezionati è stata verificata utilizzando come target uno spettro Cat. "A" - "T1" (NTC2018) applicando dei *range* di tolleranza a favore della sicurezza; maggiore il limite di tolleranza superiore (30%) rispetto al limite inferiore (10%). Per lo *SLV* sono stati utilizzati gli accelerogrammi estratti dal Centro di Microzonazione Sismica per il comune di Bolognola con T_R (tempo di ritorno) di 475 anni.

Per la definizione della sismo stratigrafia, come riportato nel § 4 ci si è avvalsi dei risultati ottenuti da una campagna di indagini geologiche e geofisiche eseguite dallo scrivente, che hanno coadiuvato le conoscenze ancillari (da fonti bibliografiche) sull'assetto lito - stratigrafico generale dell'area di progetto.

In generale i risultati delle simulazione effettuate mettono in evidenza un'amplificazione del segnale sismico per bassi periodi (circa ≈ 0.1 s) dal terzo pilone fino al dodicesimo. Quanto detto è valido per tre dei quattro stati limite simulati (*SLO*, *SLV*, *SLC*).

Vengono qui di seguito riportati in tabelle di sintesi i risultati ottenuti dalle analisi numeriche per ogni stato limite (e per ogni punto di controllo analizzato). Nelle seguenti tabelle sono riportati i parametri dello spettro normalizzato secondo l'ordinanza 55–2018. Viene proposta una stima della categoria di sottosuolo facendo riferimento alle NTC2018 valutando la rispondenza grafica tra gli spettri calcolati e quelli di normativa. Il confronto (grafico) è effettuato per periodi inferiori a 0.5 secondi.

SLO	Punto di controllo	Se[t0] (g)	Se[tb] (g)	Tb (s)	Tc (s)	Td (s)	<u>Stima</u> cat. NTC 2018
	Stazione di valle	0.072	0.157	0.11	0.331	1.89	A T2
	Pilone 1	0.071	0.153	0.113	0.339	1.885	A T2
	Pilone 2	0.067	0.165	0.104	0.311	1.867	A T2
	Pilone 3	0.092	0.226	0.078	0.234	1.966	B T2
	Pilone 4	0.102	0.259	0.069	0.207	2.007	C T2
	Pilone 5	0.099	0.251	0.071	0.214	1.997	C T2
	Pilone 6	0.1	0.247	0.072	0.216	1.999	C T2
	Pilone 7	0.095	0.24	0.074	0.223	1.982	B T2
	Pilone 8	0.094	0.236	0.075	0.227	1.977	B T2
	Pilone 9	0.093	0.231	0.077	0.23	1.971	B T2
	Pilone 10	0.09	0.22	0.08	0.241	1.959	B T2
	Pilone 11	0.088	0.213	0.083	0.249	1.952	B T2
	Pilone 12	0.094	0.238	0.075	0.225	1.975	B T2
	Stazione di monte	0.078	0.174	0.101	0.302	1.914	A T2

SLD	Punto di controllo	Se[t0] (g)	Se[tb] (g)	Tb (s)	Tc (s)	Td (s)	<u>Stima</u> cat. NTC 2018
	Stazione di valle	0.082	0.198	0.117	0.35	1.929	A T2
	Pilone 1	0.081	0.197	0.117	0.352	1.925	A T2
	Pilone 2	0.078	0.193	0.12	0.359	1.912	A T2
	Pilone 3	0.093	0.198	0.117	0.352	1.973	A T2
	Pilone 4	0.099	0.22	0.106	0.317	1.995	A T2
	Pilone 5	0.098	0.215	0.108	0.325	1.993	A T2
	Pilone 6	0.99	205	0.113	0.34	1.994	A T2
	Pilone 7	0.095	0.207	0.113	0.338	1.981	A T2
	Pilone 8	0.095	0.204	0.114	0.342	1.978	A T2
	Pilone 9	0.094	0.201	0.116	0.347	1.974	A T2
	Pilone 10	0.092	0.194	0.12	0.359	1.968	A T2
	Pilone 11	0.09	0.207	0.112	0.337	1.961	A T2
	Pilone 12	0.094	0.206	0.113	0.339	1.976	A T2
	Stazione di monte	0.085	0.203	0.114	0.343	1.939	A T2

SLV	Punto di controllo	Se[t0] (g)	Se[tb] (g)	Tb (s)	Tc (s)	Td (s)	<u>Stima</u> cat. NTC 2018
	Stazione di valle	0.234	0.51	0.135	0.406	2.535	A T2
	Pilone 1	0.232	0.507	0.136	0.408	2.529	A T2
	Pilone 2	0.224	0.498	0.138	0.415	2.498	A T2
	Pilone 3	0.281	0.67	0.104	0.312	2.726	B T2
	Pilone 4	0.306	0.754	0.093	0.279	2.825	C T2
	Pilone 5	0.297	0.734	0.095	0.286	2.79	C T2
	Pilone 6	0.311	0.766	0.091	0.274	2.844	C T2
	Pilone 7	0.29	0.702	0.1	0.299	2.761	B T2
	Pilone 8	0.287	0.692	0.101	0.303	2.747	B T2
	Pilone 9	0.283	0.679	0.103	0.308	2.731	B T2
	Pilone 10	0.276	0.651	0.107	0.321	2.703	B T2
	Pilone 11	0.27	0.627	0.111	0.333	2.682	B T2
	Pilone 12	0.307	0.728	0.096	0.288	2.83	C T2
	Stazione di monte	0.247	0.521	0.133	0.4	2.587	A T2

SIC	Punto di controllo	Se[t0] (g)	Se[tb] (g)	Tb (s)	Tc (s)	Td (s)	<u>Stima</u> cat. NTC 2018
	Stazione di valle	0.346	0.711	0.123	0.369	2.983	A T2
	Pilone 1	0.342	0.707	0.124	0.371	2.969	A T2
	Pilone 2	0.326	0.692	0.126	0.377	2.903	A T2
	Pilone 3	0.364	0.733	0.122	0.365	3.057	B T2
	Pilone 4	0.386	0.849	0.106	0.318	3.143	B T2
	Pilone 5	0.377	0.828	0.108	0.325	3.109	B T2
	Pilone 6	0.381	0.824	0.109	0.326	3.124	B T2
	Pilone 7	0.374	0.766	0.117	0.35	3.094	B T2
	Pilone 8	0.37	0.756	0.118	0.355	3.079	B T2
	Pilone 9	0.366	0.743	0.12	0.36	3.065	B T2
	Pilone 10	0.36	0.715	0.125	0.374	3.041	B T2
	Pilone 11	0.359	0.76	0.117	0.351	3.035	B T2
	Pilone 12	0.38	0.794	0.113	0.338	3.119	B T2
	Stazione di monte	0.345	0.728	0.121	0.364	2.981	A T2

Rimane a discrezione del progettista delle strutture la scelta dell'utilizzo o meno degli spettri normalizzati e/o dello spettro di normativa (NTC2018) che risulti più cautelativo nell'intorno del periodo fondamentale della struttura.

Come allegato al presente documento tecnico sono forniti i seguenti documenti, che ne costituiscono parte integrante:

- Valori tabulari degli spettri (per ogni stato limite)