

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITA' REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 1 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

**METANODOTTO:
SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar**

RELAZIONE SULLA DEFINIZIONE DELL'INPUT SISMICO

| | | | | | |
|-------------|--------------------|---|-------------------|---------------------|------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| 0 | Emissione | A. ARIONE G. MONGIU M.CAIANIELLO A. CALLERIO | F. CULTRERA | P. RUSSO G. BRIA | Novembre 2023 |
| Rev. | Descrizione | Elaborato | Verificato | Approvato | Data |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 2 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

INDICE

| | | |
|---|---|------------|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO | 4 |
| 2.1 | Documenti di progetto | 4 |
| 2.2 | Normativa | 4 |
| 2.3 | Bibliografia tecnica | 5 |
| 3 | ZONAZIONE DEL TRACCIATO SU BASE GEOTECNICA E GEODINAMICA .. | 6 |
| 3.1 | Generalità | 6 |
| 3.2 | Punti di interesse per la definizione dell'azione sismica di base | 8 |
| 4 | INDAGINI DISPONIBILI | 12 |
| 4.1 | Generalità | 12 |
| 4.2 | Campagna di Indagini Pregresse – 2008-2010 | 12 |
| 4.3 | Campagna di indagine 2023 | 19 |
| 5 | DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO | 34 |
| 5.1 | Premessa | 34 |
| 5.2 | Vita nominale, classe d'uso, periodo di riferimento per l'azione sismica | 34 |
| 5.3 | Stati Limite e Relative Probabilità di Superamento | 36 |
| 5.4 | Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g | 37 |
| 5.4.1 | Risposta Sismica Locale su base NTC2018 | 56 |
| 5.5 | Approfondimento RSL su base regionale | 75 |
| 5.5.1 | Approfondimento di II livello | 77 |
| 5.5.2 | Approfondimento di III livello | 85 |
| 5.6 | Azione sismica di progetto | 145 |
| 6 | DEFINIZIONE DELLA MAGNITUDO DI RIFERIMENTO PER VERIFICHE A LIQUEFAZIONE | 152 |
| APPENDICE A – DATI DI INPUT E METODO DI ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL) | | 165 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITA' REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 3 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

1 PREMESSA

Il progetto del metanodotto “Dorsale Adriatica”, per la tratta “Sestino-Minerbio DN 1200 (48”)”, DP 75 bar” oggetto del presente documento, prevede una nuova linea di lunghezza pari a circa 141 km transitante all’interno dei confini amministrativi dei comuni compresi tra Sestino (Regione Toscana), a Sud-Est, e Minerbio (Regione Emilia-Romagna), a Nord-Ovest.

Il tracciato dell’opera si snoda per il primo tratto attraverso settori dell’Appennino centrale (ed in particolare dell’Appennino Romagnolo) interessati dalla presenza di elementi tettonico-strutturali attivi, traducibili nei concetti di sorgenti sismogenetiche composite e/o individuali, ritenute dalla comunità scientifica come il quadro di origine dell’intensa sismicità storica e strumentale dell’area. A seguire, il tracciato discende verso la pianura Emiliana, percorrendola in aree prossime alle sorgenti dei terremoti Emiliani più recenti.

Il presente studio ha come scopo la definizione dell’azione sismica di verifica per l’opera sulla base di quanto disposto dalle Norme Tecniche in vigore (DM 17 gennaio 2018. Approvazione delle Nuove Norme tecniche per le Costruzioni – Supplemento Ordinario alla G.U. n. 42 del 20.02.2018). Ad integrazione, si considererà nel seguito il corpo normativo Regionale vigente nelle regioni attraversate dalla condotta in oggetto (ossia, Toscana ed Emilia-Romagna).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 4 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Documenti di progetto

- [1] Technip Techfem, Metanodotto Sestino-Minerbio, Relazione Geologica e Geotecnica. Doc. n. 10-LA-E-80004 rev. 0, 21/04/2008.
- [2] Technip Techfem, Metanodotto Sestino-Minerbio, Relazione Geologica e Geotecnica. Doc. n. 10-LA-E-80004 rev. 2, 10/08/2023.
- [3] Technip Techfem, Metanodotto Sestino-Minerbio, Indagini geognostiche. Doc. n. 10-LA-E-80005, 29/07/2008.
- [4] Technip Techfem, Metanodotto Sestino-Minerbio, Integrazione ad Indagini geognostiche. Doc. n. 10-LA-E-80006, 30/03/2009.
- [5] Technip Techfem, Metanodotto Sestino-Minerbio, Ulteriori Integrazioni ad Indagini geognostiche a seguito varianti di tracciato. Doc. n. 10-LA-E-80007, 30/11/2010.
- [6] Saipem, Metanodotto Sestino-Minerbio, Ulteriori Integrazioni ad Indagini geognostiche a seguito varianti di tracciato. Doc. n. 08-134SE.
- [7] Technip Techfem, Metanodotto Sestino-Minerbio, Report indagini geognostiche. Doc. n. 10-LA-E-80308
- [8] Technip Techfem, Metanodotto Sestino-Minerbio, Tracciato di progetto con indagini geognostiche pregresse ed integrative. Doc. n. 10-LB-D-85349

2.2 Normativa

- [9] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30.
- [10] Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".
- [11] DGR 476/2021 e DGR integrativa n. 564/2021, Atto di coordinamento tecnico degli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, LR 24/2017).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 5 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

[12] D.G.R.T. 977/21, MICROZONAZIONE SISMICA REGIONALE-Redazione delle specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica e prescrizioni per le analisi della Condizione Limite per l'Emergenza.

[13] GdL DPC/Regioni (2008) - Indirizzi e Criteri generali per la Microzonazione Sismica.

2.3 Bibliografia tecnica

[14] Electric Power Research Institute (EPRI) (1993). Guidelines for Site Specific Ground Motions, Palo Alto, California. November. TR-102293.

[15] Idriss IM (1990) Response of soft soil sites during earthquakes. In: Duncan JM (ed) Proceedings in H. Bolton seed memorial symposium, vol 2, pp 273–290.

[16] Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006, Progetto S1, Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi, Coordinatore: Carlo Meletti (INGV). Sito web: <http://esse1.mi.ingv.it/>.

[17] 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., Antonucci A. (2022). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/dbmi/dbmi15.4>.

[18] DISS Working Group (2021). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>

[19] Rovida, A., Locati, M., Camassi, R., Lolli, B., Gasperini P. e Antonucci, A., 2022. CPTI15, Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/description_CPTI15.htm.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 6 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

3 ZONAZIONE DEL TRACCIATO SU BASE GEOTECNICA E GEODINAMICA

3.1 Generalità

Il tracciato di progetto del metanodotto “Sestino-Minerbio” si estende per una lunghezza pari a circa 141 km all’interno dei confini amministrativi di alcuni comuni compresi tra Sestino (Regione Toscana), e Minerbio (Regione Emilia-Romagna), vedi Figura 3-1.

Il tracciato origina dall’impianto di interconnessione con il metanodotto esistente denominato “Rimini - San Sepolcro DN 650 (26”) - P 70 bar” ubicato in località “Castelnuovo”, nel territorio comunale di Sestino, in provincia di Arezzo. Sviluppandosi inizialmente con direzione prevalente Sud-Nord, il metanodotto interessa il territorio montuoso e collinare della catena appenninica al confine tra le regioni Toscana e Marche. Successivamente il tracciato approda in Emilia-Romagna percorrendo prima il fondovalle del Fiume Savio fino a raggiungere località “Monte Tiglio”, ad Ovest della città di Cesena, per poi portarsi in direzione Sud-Est Nord-Ovest, sino ad affiancarsi all’esistente “Metanodotto Ravenna-Minerbio DN 750 (30”)”. Nel tratto finale il tracciato attraversa la porzione meridionale della Pianura Padana arrivando in corrispondenza della Centrale Snam Rete Gas situata nel comune di Minerbio (Città Metropolitana di Bologna).

I comuni attraversati dall’infrastruttura sono elencati in Tabella 3-1.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 7 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

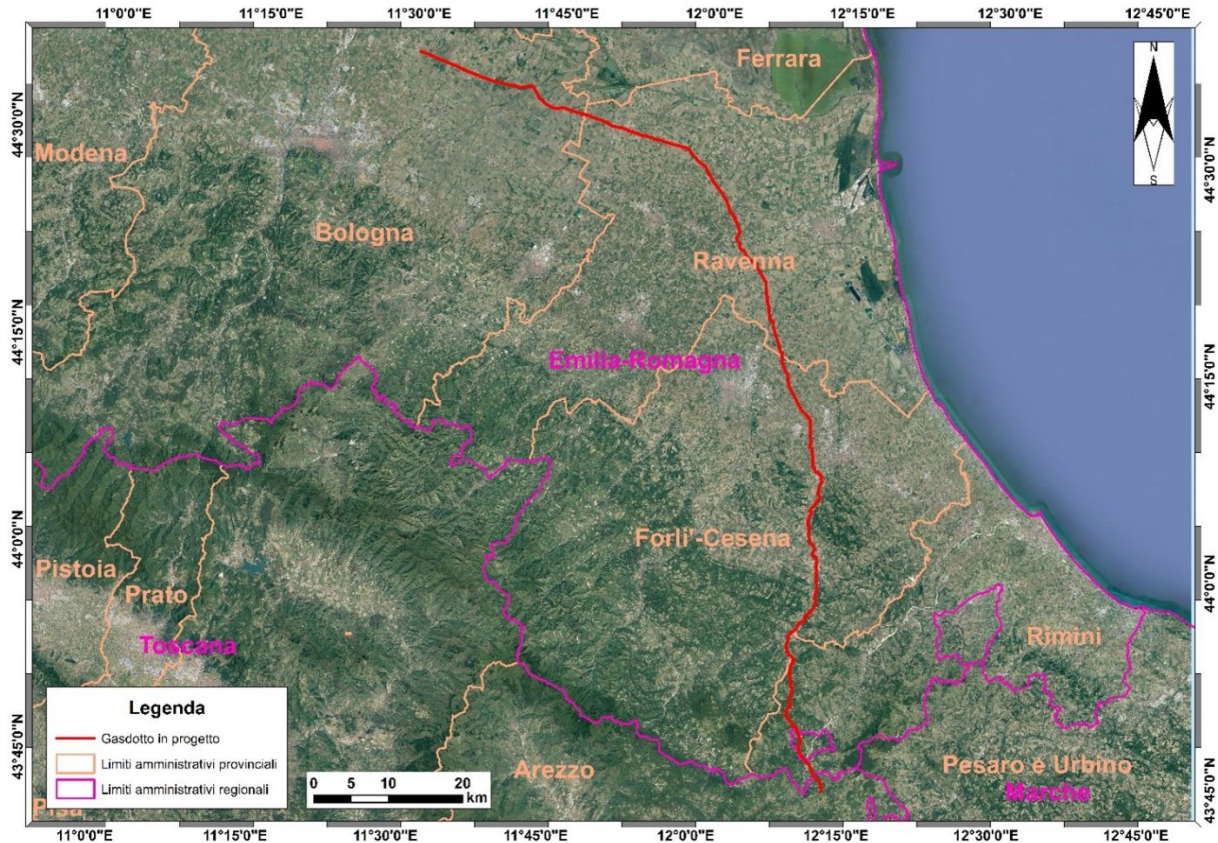


Figura 3-1: Tracciato di progetto del metanodotto – inquadramento territoriale.

Tabella 3-1: Comuni attraversati dal tracciato di progetto.

| Progressiva | | Regione | Comune |
|-------------|--------|----------------------------|----------------------|
| da (km) | a (km) | | |
| 0+000 | 2+649 | Toscana | Sestino |
| 2+649 | 4+510 | Emilia-Romagna (ex Marche) | Pennabilli |
| 4+510 | 4+863 | Emilia-Romagna (ex Marche) | Casteldelci |
| 4+863 | 9+982 | Toscana | Badia Tedalda |
| 9+982 | 10+264 | Emilia-Romagna (ex Marche) | Sant'Agata Feltria |
| 10+264 | 12+676 | Emilia-Romagna (ex Marche) | Casteldelci |
| 12+676 | 21+780 | Emilia-Romagna (ex Marche) | Sant'Agata Feltria |
| 21+780 | 24+071 | Emilia-Romagna | Sarsina |
| 24+071 | 25+055 | Emilia-Romagna (ex Marche) | Sant'Agata Feltria |
| 25+055 | 26+347 | Emilia-Romagna | Sarsina |
| 26+347 | 27+727 | Emilia-Romagna | Sogliano al Rubicone |
| 27+727 | 30+885 | Emilia-Romagna | Mercato Saraceno |
| 30+885 | 31+858 | Emilia-Romagna | Sogliano al Rubicone |
| 31+858 | 36+179 | Emilia-Romagna | Mercato Saraceno |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 8 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

| Progressiva | | Regione | Comune |
|-------------|---------|----------------|----------------------|
| da (km) | a (km) | | |
| 36+179 | 37+947 | Emilia-Romagna | Sogliano al Rubicone |
| 37+947 | 39+424 | Emilia-Romagna | Roncofreddo |
| 39+424 | 40+201 | Emilia-Romagna | Mercato Saraceno |
| 40+201 | 59+550 | Emilia-Romagna | Cesena |
| 59+550 | 61+827 | Emilia-Romagna | Bertinoro |
| 61+827 | 63+214 | Emilia-Romagna | Forlimpopoli |
| 63+214 | 68+767 | Emilia-Romagna | Forlì |
| 68+767 | 81+080 | Emilia-Romagna | Ravenna |
| 81+080 | 81+704 | Emilia-Romagna | Russi |
| 81+704 | 82+980 | Emilia-Romagna | Ravenna |
| 82+980 | 87+287 | Emilia-Romagna | Russi |
| 87+287 | 90+780 | Emilia-Romagna | Ravenna |
| 90+780 | 97+073 | Emilia-Romagna | Bagnacavallo |
| 97+073 | 99+940 | Emilia-Romagna | Fusignano |
| 99+940 | 101+948 | Emilia-Romagna | Alfonsine |
| 101+948 | 109+055 | Emilia-Romagna | Lugo |
| 109+055 | 116+113 | Emilia-Romagna | Conselice |
| 116+113 | 117+538 | Emilia-Romagna | Imola |
| 117+538 | 124+917 | Emilia-Romagna | Medicina |
| 124+917 | 134+052 | Emilia-Romagna | Molinella |
| 134+052 | 137+698 | Emilia-Romagna | Budrio |
| 137+698 | 140+691 | Emilia-Romagna | Minerbio |

3.2 Punti di interesse per la definizione dell'azione sismica di base

Con il fine di fornire un inquadramento della variazione della azione sismica lungo il tracciato di progetto (Figura 3-1), è stata individuata una serie di punti di calcolo di interesse, distanziati in modo tale da evidenziare la variabilità della sollecitazione sismica stesso all'interno della griglia di valori quadro di pericolosità fornito dalle tabelle allegate alle NTC2018.

In Figura 3-2 e Tabella 3-2 sono riportati i punti individuati in base a collocazione e morfologia del territorio; per ognuno di essi, sono altresì riportate Latitudine e Longitudine. Sulla base di questa prima zonazione, il tracciato è stato poi suddiviso in una serie di tratti individuati sulla base dei seguenti criteri:

- Sostanziale uniformità della pericolosità sismica di base;
- Andamento omogeneo della morfologia del territorio, con riferimento alla eventuale amplificazione topografica;

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 9 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

- Relativa uniformità stratigrafica da dati geotecnici, con particolare riferimento al comportamento dei terreni sotto azione sismica ciclica, distinguendo l'alternanza delle formazioni più frequentemente incontrate: strati di riporto, argille limose con sabbie sciolte, sabbie fini medie, ghiaie fini e sabbie grossolane, ghiaia grossolana;
- Coerenza dei valori misurati di velocità di propagazione delle onde di taglio V_S ottenuti a partire dalle prove geofisiche condotte.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 10 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

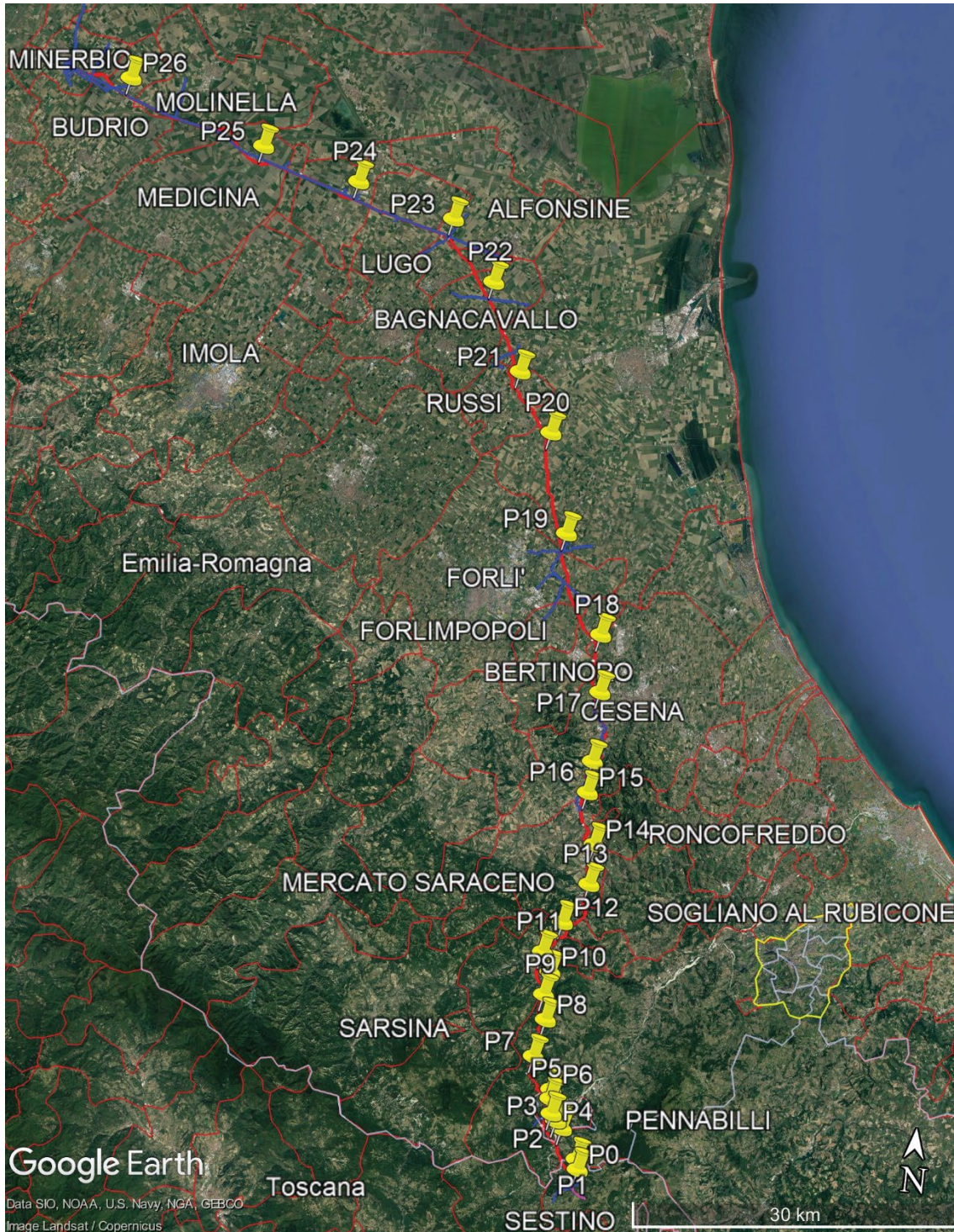


Figura 3-2: Posizione dei punti di interesse lungo il tracciato di progetto del metanodotto.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 11 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 3-2: Identificazione e localizzazione dei punti di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto lungo il tracciato.

| ID (-) | Progressiva di riferimento (km) | Latitudine (°) | Longitudine (°) | Morfologia (-) |
|-------------------------|--|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 0+000 | 43.735983 | 12.224183 | Montuoso |
| 1 | 00+985 | 43.744391 | 12.221709 | Montuoso |
| 2 | 04+252 | 43.767889 | 12.201301 | Montuoso |
| 3 | 05+150 | 43.773278 | 12.193276 | Montuoso |
| 4 | 06+000 | 43.779376 | 12.187765 | Montuoso |
| 5 | 07+624 | 43.791508 | 12.184681 | Montuoso |
| 6 | 08+560 | 43.799125 | 12.184791 | Montuoso |
| 7 | 12+500 | 43.825422 | 12.160332 | Montuoso |
| 8 | 16+635 | 43.855764 | 12.169715 | Montuoso |
| 9 | 19+151 | 43.875972 | 12.164708 | Montuoso |
| 10 | 21+589 | 43.895056 | 12.169121 | Collinare |
| 11 | 23+715 | 43.910677 | 12.158179 | Collinare |
| 12 | 27+243 | 43.936782 | 12.177241 | Collinare |
| 13 | 32+348 | 43.970462 | 12.202893 | Collinare |
| 14 | 36+223 | 44.00362 | 12.204012 | Collinare |
| 15 | 41+642 | 44.04578 | 12.189709 | Collinare |
| 16 | 44+786 | 44.071806 | 12.191581 | Collinare |
| 17 | 52+731 | 44.129213 | 12.191616 | Pianura |
| 18 | 58+305 | 44.176631 | 12.185445 | Pianura |
| 19 | 68+509 | 44.256942 | 12.133526 | Pianura |
| 20 | 78+195 | 44.338594 | 12.103099 | Pianura |
| 21 | 84+962 | 44.386133 | 12.059998 | Pianura |
| 22 | 94+278 | 44.457618 | 12.018136 | Pianura |
| 23 | 101+311 | 44.506061 | 11.963625 | Pianura |
| 24 | 110+747 | 44.528082 | 11.849426 | Pianura |
| 25 | 120+346 | 44.548527 | 11.734929 | Pianura |
| 26 | 135+000 | 44.592353 | 11.572537 | Pianura |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 12 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

4 INDAGINI DISPONIBILI

4.1 Generalità

Con il fine di analizzare le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche dell'area attraversata dal tracciato di progetto sono state eseguite alcune campagne di indagini tra il 2008 e il 2010, oltre ad una campagna di indagine integrativa condotta nel 2023. Nel seguito si riportano i dettagli delle indagini disponibili distinguendole fra pregresse (2008 e 2010) e recenti (2023).

4.2 Campagna di Indagini Pregresse – 2008-2010

La campagna di indagine 1 (Doc. Rif. [4]) eseguita nel 2008 ha compreso:

- n. 79 sondaggi (S1-S75) con esecuzione di prove penetrometriche dinamiche SPT;
- Prelievo di campioni ed esecuzione di prove di laboratorio;
- n. 6 prove di permeabilità Lefranc.

La campagna di indagine 2 (Doc. Rif. [5]) include:

- n. 8 sondaggi (A5-A12) con esecuzione di prove penetrometriche dinamiche SPT;
- Prelievo di campioni ed esecuzione di prove di laboratorio;
- n. 6 prospezioni geofisiche: sismica a rifrazione superficiale.

La campagna di indagine 3 (Doc. Rif. [6]) comprende:

- n. 10 sondaggi con esecuzione di prove penetrometriche dinamiche SPT;
- Prelievo di campioni ed esecuzione di prove di laboratorio.

La campagna di indagine 4 (Doc. Rif. [7]) è costituita da:

- n. 7 sondaggi.

Le verticali di indagini delle campagne pregresse sono riassunte in Tabella 4-1. Da Figura 4-1 a Figura 4-4 è riportata l'ubicazione delle indagini eseguite nelle campagne di indagini pregresse in relazione al tracciato attuale.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 13 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 4-1: Indagini disponibili da campagne di indagine pregresse (2008-2010).

| Campagna n° | CODICE Sondaggio/Prova | Progressiva (km) | Latitudine (°) | Longitudine (°) | Profondità sondaggio (m da p.c.) |
|-------------|------------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------------------------|
| 1 | S2 | 4+000 | 44°45'57.55" | 12°12'10.38" | 10 |
| 1 | S3 | 4+245 | 44°46'3.81" | 12°12'4.04" | 20 |
| 1 | S4 | 4+373 | 44°46'7.48" | 12°12'1.26" | 10 |
| 1 | S6 | 5+343 | 43°46'28.62" | 12°11'32.07" | 40 |
| 1 | S11 | 12+301 | 43°49'27.45" | 12°9'43.56" | 35 |
| 1 | S12 | 14+133 | 43°50'10.73" | 12°9'57.09" | 10 |
| 1 | S13 | 14+317 | 43°50'16.19" | 12°10'1.31" | 10 |
| 1 | S14 | 15+285 | 43°50'39.18" | 12°9'52.85" | 10 |
| 1 | S16 | 15+783 | 43°50'55.3" | 12°10'1.86" | 10 |
| 1 | S17 | 16+311 | 43°51'10.27" | 12°10'8.66" | 60 |
| 1 | S22 | 24+822 | 43°55'13.33" | 12°9'36.31" | 30 |
| 1 | S23 | 25+325 | 43°55'26.42" | 12°9'43.26" | 30 |
| 1 | S28 | 27+945 | 43°56'21.21" | 12°11'4.82" | 10 |
| 1 | S32A | 31+368 | 43°57'45.32" | 12°12'11.22" | 35 |
| 1 | S33 | 31+838 | 43°57'57.31" | 12°12'12.39" | 10 |
| 1 | S38 | 37+878 | 44°1'3.40" | 12°12'7.23" | 10 |
| 1 | S40 | 40+862 | 44°2'21.57" | 12°11'24.82" | 20 |
| 1 | S41 | 41+263 | 44°2'33.48" | 12°11'20.18" | 10 |
| 1 | S48 | 56+807 | 44°9'48.57" | 12°11'9.15" | 10 |
| 1 | S53 | 69+612 | 44°15'56.60" | 12°7'49.24" | 10 |
| 1 | S54 | 74+000 | 44°18'9.45" | 12°6'47.76" | 10 |
| 1 | S54A | 74+134 | 44°6'42.82" | 12°6'42.82" | 10 |
| 1 | S56 | 80+700 | 44°21'32.10" | 12°5'33.14" | 10 |
| 1 | S56A | 80+817 | 44°21'35.54" | 12°5'30.40" | 10 |
| 1 | S60 | 90+639 | 44°25'47.80" | 12°2'25.83" | 15 |
| 1 | S60A | 90+828 | 44°25'50.91" | 12°2'18.50" | 10 |
| 1 | S62 | 96+989 | 44°28'39.38" | 11°59'56.28" | 8 |
| 1 | S64 | 107+648 | 44°31'10.36" | 11°53'10.34" | 10 |
| 1 | S64A | 107+886 | 44°31'13.72" | 11°53'1.57" | 10 |
| 1 | S67 | 117+791 | 44°32'46.40" | 11°45'57.26" | 10 |
| 1 | S67A | 118+000 | 44°32'47.70" | 11°45'47.84" | 10 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 14 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 4-1: Indagini disponibili da campagne di indagine pregresse (2008-2010).

| Campagna n° | CODICE Sondaggio/Prova | Progressiva (km) | Latitudine (°) | Longitudine (°) | Profondità sondaggio (m da p.c.) |
|-------------|------------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------------------------|
| 1 | S69 | 123+691 | 44°32'58.13" | 11°43'51.12" | 10 |
| 1 | S70 | 123+048 | 44°33'42.12" | 11°42'26.72" | 10 |
| 1 | S71 | 124+479 | 44°34'21.97" | 11°41'53" | 10 |
| 1 | S71A | 124+768 | 44°34'29.24" | 11°41'46.11" | 10 |
| 1 | S72 | 129+962 | 44°34'42.56" | 11°37'56.8 " | 8 |
| 2 | A5 | 80+600 | 44°21'29.41" | 12°5'35.04" | 30 |
| 2 | A6 | 80+810 | 44°21'35.46" | 12°5'30.78" | 30 |
| 2 | A7 | 97+000 | 44°28'39.27" | 11°59'54.57" | 30 |
| 2 | A9 | 120+564 | 44°32'57.40" | 11°43'56.60" | 30 |
| 2 | A10 | 120+691 | 44°32'58.13" | 11°43'51.12" | 30 |
| 2 | A11 | 123+062 | 44°33'42.15" | 11°42'25.47" | 30 |
| 2 | A12 | 123+142 | 44°33'45.22" | 11°42'25.72" | 30 |
| 3 | S2bis | 25+09 | 43°55'18.33" | 12°09'37.25" | 15 |
| 3 | S3bis | 25+730 | 43°55'34.05" | 12°09'55.23" | 10 |
| 3 | S4bis | 26+165 | 43°55'43.45" | 12°10'13.83" | 15 |
| 3 | S5bis | 32+610 | 43°58'23.34" | 12°12'10.53" | 15 |
| 3 | S6bis | 32+779 | 43°58'28.33' | 12°12'10.71" | 15 |
| 3 | S9bis | 20+533 | 43°53'15.97" | 121°9'59.67" | 35 |
| 3 | S10bis | 6+403 | 43°46'56.64" | 12°11'4.25" | 55 |
| 4 | S1 | 41+922 | 44°2'54" | 12°11'20.49" | 9.4 |
| 4 | S2 | 41+947 | 44°2'54.73" | 12°11'19.66" | 10 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 15 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20



Figura 4-1: Ubicazione indagini pregresse - Campagna di indagine 1 (in rosso il tracciato di progetto).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 16 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20



Figura 4-2: Ubicazione indagini pregresse - Campagna di indagine 2 (in rosso il tracciato di progetto).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 17 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

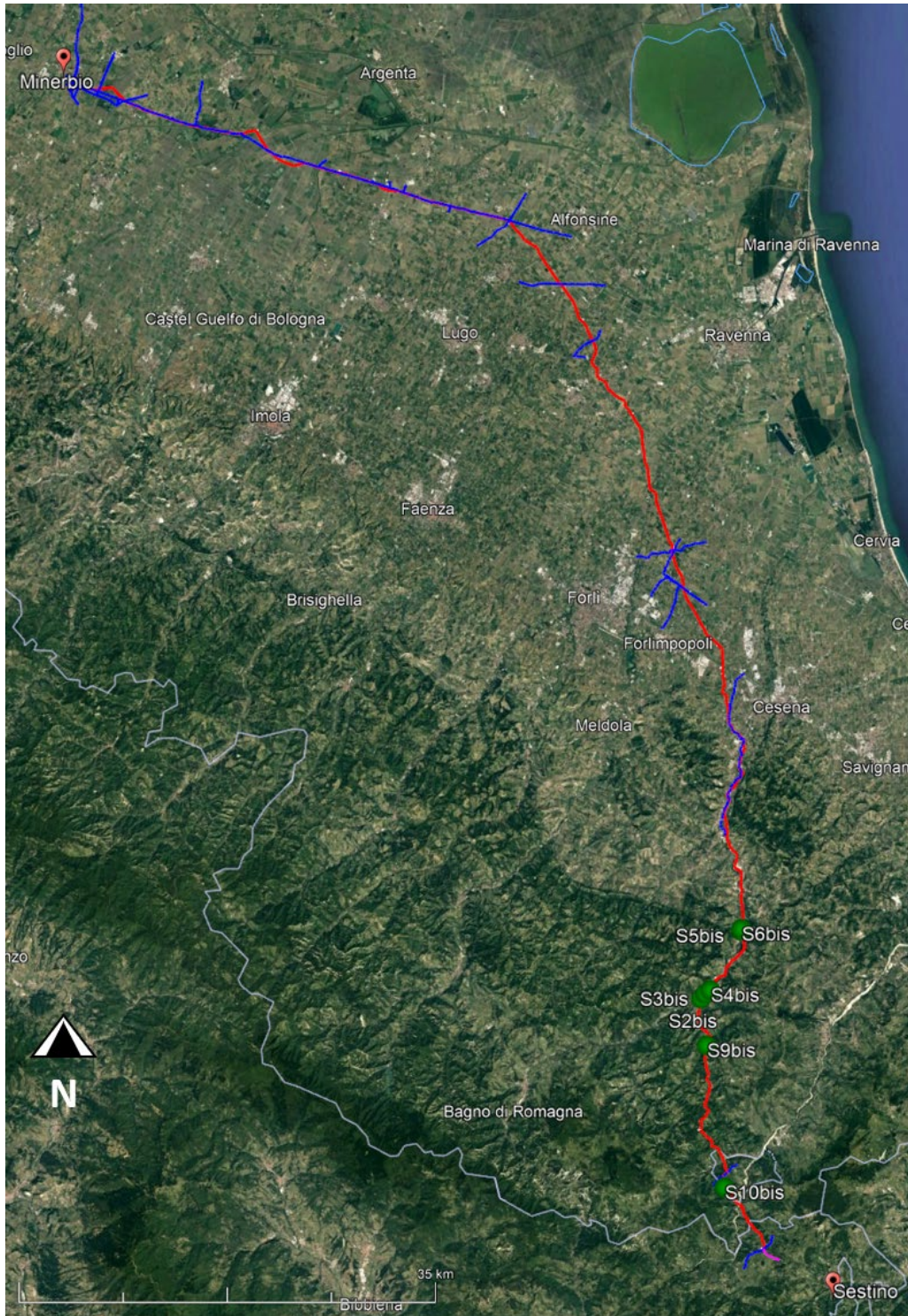


Figura 4-3: Ubicazione indagini pregresse - Campagna di indagine 3 (in rosso il tracciato di progetto).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 18 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

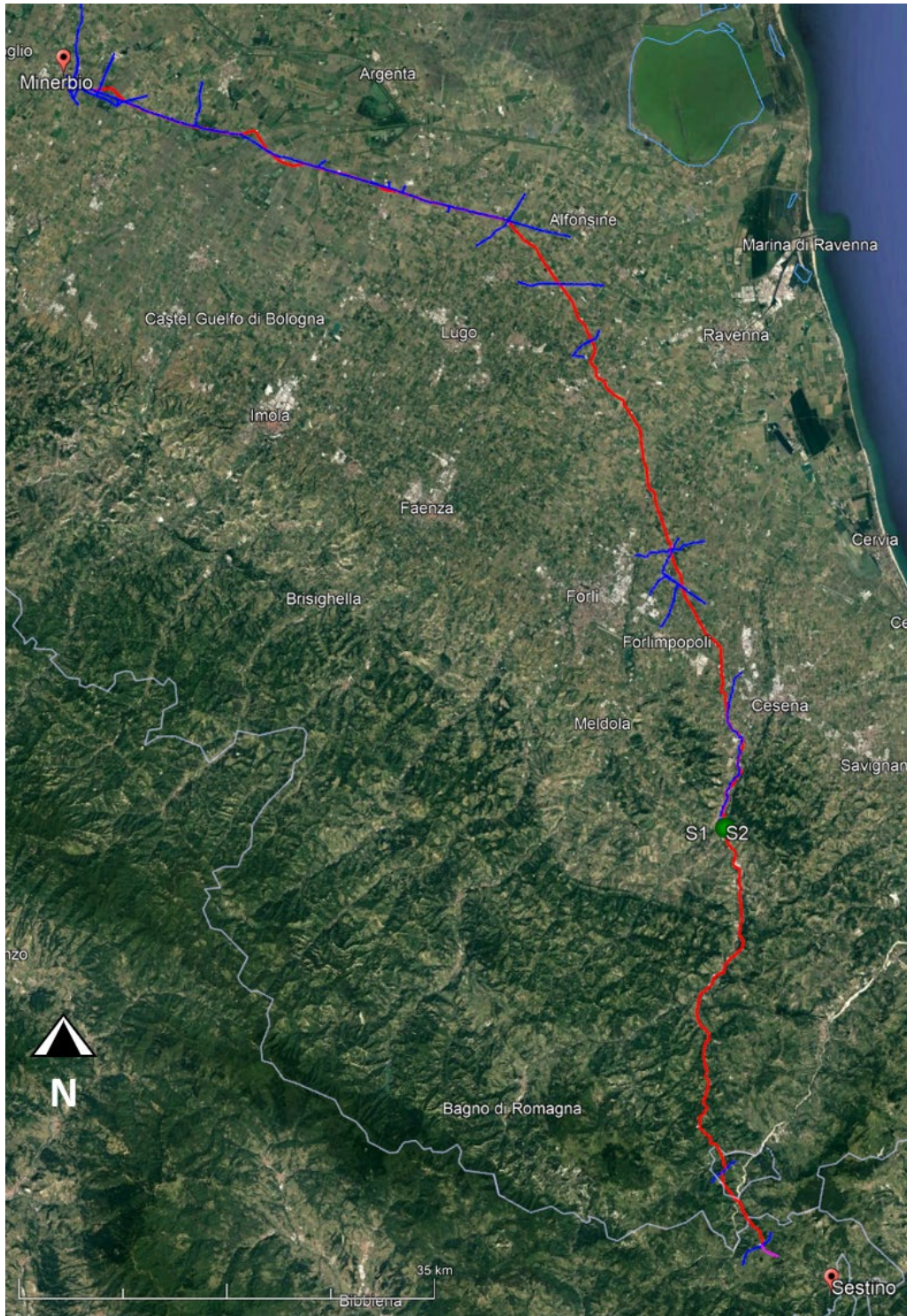


Figura 4-4: Ubicazione indagini pregresse - Campagna di indagine 4 (in rosso il tracciato di progetto).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 19 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

4.3 Campagna di indagine 2023

La campagna di indagine condotta nel 2023 ha incluso le seguenti tipologie di prove:

- n. 31 indagini sismiche di tipo MASW.
- n. 5 indagini sismiche di tipo HVSR.
- n. 38 stendimenti ERT (tomografia geoelettrica).
- n. 1 prospezione sismica diretta Down-Hole.
- n. 13 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTu).
- n. 106 sondaggi a carotaggio continuo/a distruzione di nucleo (di cui 100 disponibili ad Ottobre 2023).
- Esecuzione in foro di prove penetrometriche dinamiche SPT.
- Prove di laboratorio (determinazione dei limiti di Atterberg, determinazione delle principali grandezze fisiche del campione, analisi granulometriche, prove di taglio diretto, prove triassiali, prove edometriche) sui campioni prelevati nei sondaggi.
- Installazione di piezometri per il monitoraggio della profondità di falda.

I sondaggi e le prove penetrometriche disponibili sono riassunte rispettivamente in Tabella 4-2 e Tabella 4-3, mentre da Figura 4-5 a Figura 4-9 ne viene mostrata l'ubicazione in relazione al tracciato di progetto del metanodotto.

La posizione delle indagini geofisiche è invece riportata dalla Figura 4-10 alla Figura 4-14.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 20 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 4-2: Campagna 2023. Sondaggi eseguiti.

| CODICE Sondaggio | Progressiva (km) | Latitudine (N) | Longitudine (E) | Profondità sondaggio (m da p.c.) | Profondità falda in piezometro* (m da p.c.) |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|---|--|
| S_001 _SM_L | 0+850 | 43°44'35.02" | 12°13'21.34" | 30 | 2.46 |
| S_002 _SM_L | 1+150 | 43°44'44.83" | 12°13'16.75" | 30 | 3.52 |
| S_004 _SM_L | 3+500 | 43°45'40.84" | 12°12'16.12" | 50 | - |
| S_005 _SM_L | 3+750 | 43°45'48.41" | 12°12'10.25" | 75 | - |
| S_006 _SM_L | 4+000 | 43°45'56.18" | 12°12'9.99" | 20 | 2.26 |
| S_007 _SM_L | 4+250 | 43°46'4.43" | 12°12'5.61" | 28.5 | - |
| S_008 _SM_L | 4+600 | 43°46'9.50" | 12°11'51.45" | 20 | 12.00 |
| S_009 _SM_L | 5+200 | 43°46'24.96" | 12°11'37.38" | 60 | - |
| S_010 _SM_L | 6+350 | 43°46'55.73" | 12°11'6.40" | 70 | - |
| S_011 _SM_L | 7+300 | 43°47'24.80" | 12°10'57.17" | 15 | - |
| S_012 _SM_L | 7+850 | 43°47'35.07" | 12°11'11.11" | 30 | 21.65 |
| S_013 _SM_L | 8+500 | 43°47'55.24" | 12°11'5.26" | 25 | 17.80 |
| S_014 _SM_L | 8+700 | 43°48'1.53" | 12°11'3.80" | 22.5 | 4.80 |
| S_015 _SM_L | 9+300 | 43°48'18.62" | 12°10'54.59" | 40 | 1.10 |
| S_017 _SM_L | 12+450 | 43°49'30.06" | 12° 9'37.54" | 35 | - |
| S_018 _SM_L | 13+650 | 43°49'59.77" | 12° 9'43.19" | 15 | - |
| S_021 _SM_L | 18+400 | 43°52'11.35" | 12° 9'59.44" | 40 | 31.20 |
| S_022 _SM_L | 18+800 | 43°52'23.93" | 12° 9'54.59" | 50 | - |
| S_023 _SM_L | 19+150 | 43°52'33.60" | 12° 9'53.48" | 30 | - |
| S_024 _SM_L | 20+800 | 43°53'19.48" | 12°10'9.45" | 30 | 9.40 |
| S_025 _SM_L | 21+600 | 43°53'42.71" | 12°10'8.02" | 30 | 4.20 |
| S_026 _SM_L | 22+300 | 43°53'56.74" | 12° 9'45.23" | 20 | 6.60 |
| S_027 _SM_L | 22+850 | 43°54'11.28" | 12° 9'33.68" | 20 | 2.40 |
| S_028 _SM_L | 23+250 | 43°54'23.48" | 12°9'23.59" | 40 | 2.00 |
| S_029 _SM_L | 24+450 | 43°55'1.68" | 12° 9'32.96" | 40 | 3.80 |
| S_030 _SM_L | 25+300 | 43°55'28.3" | 12°9'43" | 55 | 7.90 |
| S_031 _SM_L | 25+650 | 43°55'35.53" | 12°9'57.55" | 40 | - |
| S_032 _SM_L | 25+850 | 43°55'38.12" | 12°10'2.77" | 80 | 18.00 |
| S_033 _SM_L | 26+150 | 43°55'43.36" | 12°10'12.23" | 30 | 9.15 |
| S_034 _SM_L | 26+350 | 43°55'49.14" | 12°10'19.44" | 15 | 1.70 |
| S_035 _SM_L | 27+260 | 43°56'12.85" | 12°10'38.32" | 30 | 3.28 |
| S_036 _SM_L | 28+030 | 43°56'23.03" | 12°11'8.13" | 70 | - |
| S_037 _SM_L | 28+200 | 43°56'27" | 12°11'12.7" | 95 | - |
| S_038 _SM_L | 29+000 | 43°56'50.01" | 12°11'20.91" | 75 | - |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 21 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 4-2: Campagna 2023. Sondaggi eseguiti.

| CODICE Sondaggio | Progressiva (km) | Latitudine (N) | Longitudine (E) | Profondità sondaggio (m da p.c.) | Profondità falda in piezometro* (m da p.c.) |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|---|--|
| S_039 _SM_L | 29+260 | 43°56'55.60" | 12°11'29.56" | 35 | - |
| S_040 _SM_L | 29+800 | 43°57'4.85" | 12°11'44.36" | 40 | 8.00 |
| S_041 _SM_L | 30+000 | 43°57'9.69" | 12°11'50.07" | 50 | 21.10 |
| S_042 _SM_L | 30+340 | 43°57'19.85" | 12°11'57.93" | 70 | 24.20 |
| S_044 _SM_L | 31+000 | 43°57'45.02" | 12°12'9.60" | 80 | 30.46 |
| S_045 _SM_L | 31+800 | 43°57'56.78" | 12°12'13.49" | 50 | 14.90 |
| S_047 _SM_L | 32+650 | 43°58'23.11" | 12°12'10.90" | 30 | - |
| S_051 _SM_L | 36+180 | 44° 0'12.02" | 12°12'14.60" | 30 | 3.1 |
| S_052 _SM_L | 40+850 | 44° 2'21.64" | 12°11'25.58" | 40 | - |
| S_054 _SM_L | 44+750 | 44° 4'17.42" | 12°11'29.48" | 30 | 2.00 |
| S_058 _SM_L | 57+550 | 44°10'11.53" | 12°11'8.67" | 30 | 2.3 |
| S_059 _SM_L | 59+200 | 44°11'3.76" | 12°11'2.96" | 30 | 1.9 |
| S_060 _SM_L | 68+550 | 44°15'25.91" | 12° 8'0.50" | 30 | - |
| S_063 _SM_L | 74+180 | 44°18'12.55" | 12° 6'41.26" | 30 | - |
| S_064 _SM_L | 78+180 | 44°20'17.87" | 12° 6'12.10" | 30 | 2.2 |
| S_066 _SM_L | 85+260 | 44°23'15.32" | 12° 3'24.20" | 30 | - |
| S_067 _SM_L | 90+700 | 44°25'49.21" | 12° 2'20.90" | 30 | - |
| S_068 _SM_L | 93+400 | 44°27'4.43" | 12° 1'29.60" | 30 | - |
| S_069 _SM_L | 94+300 | 44.57776° | 12.017259° | 30 | - |
| S_070 _SM_L | 101+280 | 44.506153° | 11.964300° | 25 | 1.8 |
| S_071 _SM_L | 107+800 | 44°31'11.45" | 11°53'4.15"E | 30 | - |
| S_072 _SM_L | 110+600 | 44.527680° | 11.850872° | 25 | 0.9 |
| S_073 _SM_L | 110+900 | 44.528629° | 11.847767° | 25 | 1 |
| S_074 _SM_L | 117+900 | 44.546215° | 11.764412°1 | 20 | - |
| S_075 _SM_L | 120+350 | 44.549002° | 11.735453° | 25 | 1.6 |
| S_076 _SM_L | 124+650 | 44.574083° | 11.697441° | 30 | - |
| S_077 _SM_L | 129+650 | 44°34'40.06" | 11°38'10.51" | 40 | - |
| S_078 _SM_L | 129+750 | 44.577952° | 11.632482° | 40 | - |
| S_079 _SM_L | 134+720 | 44.591381° | 11.575337° | 25 | 2.5 |
| S_080 _SM_L | 135+200 | 44°35'36.18" | 11°34'13.63" | 30 | - |
| S_081 _SM_L | 138+700 | 44°36'12.29" | 11°31'58.67" | 40 | - |
| S_082 _SM_L | 38+250 | 44° 1'8.50" | 12°11'52.65" | 30 | - |
| S_085 _SM_L | 47+230 | 44.089646° | 12.204678° | 30 | - |
| S_086 _SM_L | 42+000 | 44° 2'56.79" | 12°11'18.11" | 20 | - |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 22 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 4-2: Campagna 2023. Sondaggi eseguiti.

| CODICE Sondaggio | Progressiva (km) | Latitudine (N) | Longitudine (E) | Profondità sondaggio (m da p.c.) | Profondità falda in piezometro* (m da p.c.) |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|---|--|
| S_087 _SM_L | 80+940 | 44°21'38.39" | 12° 5'26.59" | 20 | - |
| S_088 _SM_L | 96+800 | 44°28'33.24" | 12° 0'0.43" | 20 | - |
| S_090 _SM_L | 117+700 | 44°32'44.89" | 11°46'0.32" | 20 | - |
| S_091 _SM_L | 120+400 | 44°32'54.18" | 11°44'2.88" | 20 | - |
| S_092 _SM_L | 124+400 | 44°34'20.13" | 11°41'55.99" | 20 | - |
| S_093 _SM_L | 20+800 | 43°53'19.26" | 12°10'11.00" | 30 | - |
| S_094 _SM_L | 137+950 | 44°36'27.70" | 11°32'34.43" | 30 | - |
| S_095 _SM_L | 138+600 | 44°36'25.24" | 11°32'6.42" | 30 | 1.90 |
| S_097 _SM_GZ | 8+640 | 43°47'58.27" | 12°11'4.72" | 25 | 6.50 |
| S_098 _SM_GZ | 25+450 | 43°55'30.72" | 12° 9'50.01" | 20 | 12.50 |
| S_099 _SM_PMA | 24+400 | 43°55'0.75" | 12° 9'32.98" | 15 | 3.00 |
| S_100 _SM_PMA | 25+600 | 43°55'31.57" | 12° 9'51.07" | 15 | 13.50 |
| S_101 _SM_PMA | 73+980 | 44°18'0.69" | 44°18'0.69" | 15 | 3.50 |
| S_102 _SM_PMA | 74+000 | 44°18'14.58" | 12° 6'51.04" | 15 | 1.70 |
| S_103 _SM_PMA | 80+720 | 44°21'29.25" | 12° 5'23.85" | 15 | 4.30 |
| S_104 _SM_PMA | 80+650 | 44°21'32.78" | 12° 5'40.18" | 15 | 4.70 |
| S_106 _SM_PMA | 91+000 | 44°25'56.92" | 12° 2'21.56" | 15 | 4.10 |
| S_107 _SM_PMA | 97+100 | 44°28'40.28" | 11°59'48.03" | 15 | 1.80 |
| S_108 _SM_PMA | 97+100 | 44°28'45.20" | 12° 0'0.88" | 15 | 1.65 |
| S_109 _SM_PMA | 107+900 | 44°31'5.13" | 11°53'1.55" | 15 | 2.60 |
| S_110 _SM_PMA | 107+950 | 44°31'15.03" | 11°53'2.47" | 15 | 3.80 |
| S_117 _SM_IDRO | 29+050 | 43°56'49.8403" | 2°11'25.0977" | 50 | 10.20 |
| S_118 _SM_IDRO | 29+350 | 43°56'57.70" | 12°11'32.54" | 30 | 7.10 |
| S_119 _SM_IDRO | 29+070 | 43°56'48.90" | 12°11'35.35" | 50 | 7.70 |
| S_120 _SM_IDRO | 37+870 | 44° 1'4.76" | 12°12'10.71" | 25 | - |
| S_121 _SM_IDRO | 38+000 | 44° 1'7.79" | 12°12'6.39" | 25 | 10.50 |
| S_122 _SM_IDRO | 38+300 | 44° 1'11.14" | 12°11'52.18" | 25 | - |
| S_126 _SM_PMA | 37+650 | 44° 0'57.50" | 12°12'12.89" | 20 | 3.50 |
| S_127 _SM_PMA | 38+370 | 44° 1'11.18" | 12°11'45.95" | 20 | 3.00 |
| S_128 _SM_PMA | 46+710 | 44° 5'6.35" | 12°12'1.70" | 20 | 5.50 |
| S_129 _SM_PMA | 47+630 | 44° 5'29.34" | 12°12'18.77" | 25 | 4.50 |
| S_130 _SM_PMA | 138+700 | 44°36'19.39" | 11°32'2.59" | 25 | 1.80 |

*La profondità di falda in piezometro è riportata nei sondaggi in cui è stata misurata. L'ultima misurazione risale a Settembre 2023.

**L'ubicazione dei sondaggi non è nota al momento

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 23 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 4-3: Campagna 2023. Verticali CPT eseguite.

| CODICE Prova | Progressiva (km) | Latitudine (°) | Longitudine (°) | Profondità prova (m da p.c.) | Profondità falda (m da p.c.) |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|---|---|
| CPTU_1_SM_L | 45+790 | 44°4'44.24" | 12°11'38.06" | 30 | - |
| CPTU_2_SM_L | 49+900 | 44° 6'35.15" | 12°12'27.62" | 30 | 5.00 |
| CPTU_3_SM_L | 53+850 | 44° 8'20.84" | 12°11'29.77" | 30 | 4.10 |
| CPTU_4_SM_L | 60+740 | 44°11'37.54" | 12°10'12.10" | 30 | 3.10 |
| CPTU_5_SM_L | 64+251 | 44°13'15.79" | 12° 8'56.47" | 30 | 3.00 |
| CPTU_6_SM_L | 71+880 | 44°17'6.00" | 12° 7'17.21" | 30 | 1.50 |
| CPTU_7_SM_L | 76+803 | 44°19'34.70" | 12° 6'18.63" | 30 | 2.10 |
| CPTU_8_SM_L | 80+820 | 44°21'35.42" | 12° 5'29.85" | 30 | 2.40 |
| CPTU_9_SM_L | 81+440 | 44°21'52.71" | 12° 5'16.46" | 30 | 2.50 |
| CPTU_10_SM_L | 83+730 | 44°22'40.49" | 12° 4'9.19" | 30 | 2.30 |
| CPTU_11_SM_L | 84+812 | 44°23'8.21" | 12° 3'42.18" | 30 | 2.00 |
| CPTU12_SM_L | 86+056 | 44°23'39.48" | 12° 3'21.25" | 30 | 1.40 |
| CPTU_13_SM_L | 99+236 | 44°29'30.49" | 11°58'48.86" | 30 | 1.90 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 24 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

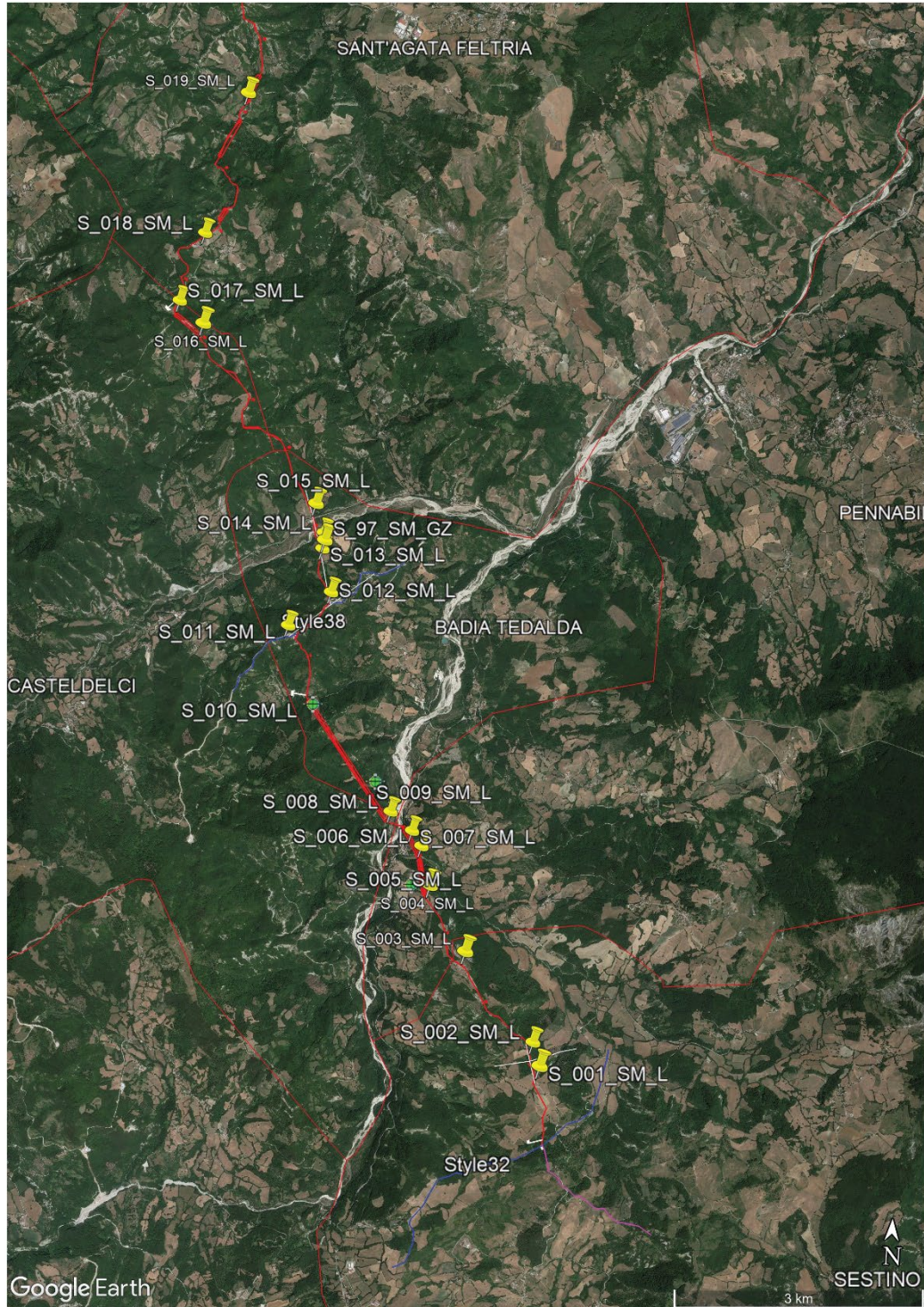


Figura 4-5: Ubicazione sondaggi e prove CPTU Tratto 0-17km (in rosso tracciato di progetto).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 25 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

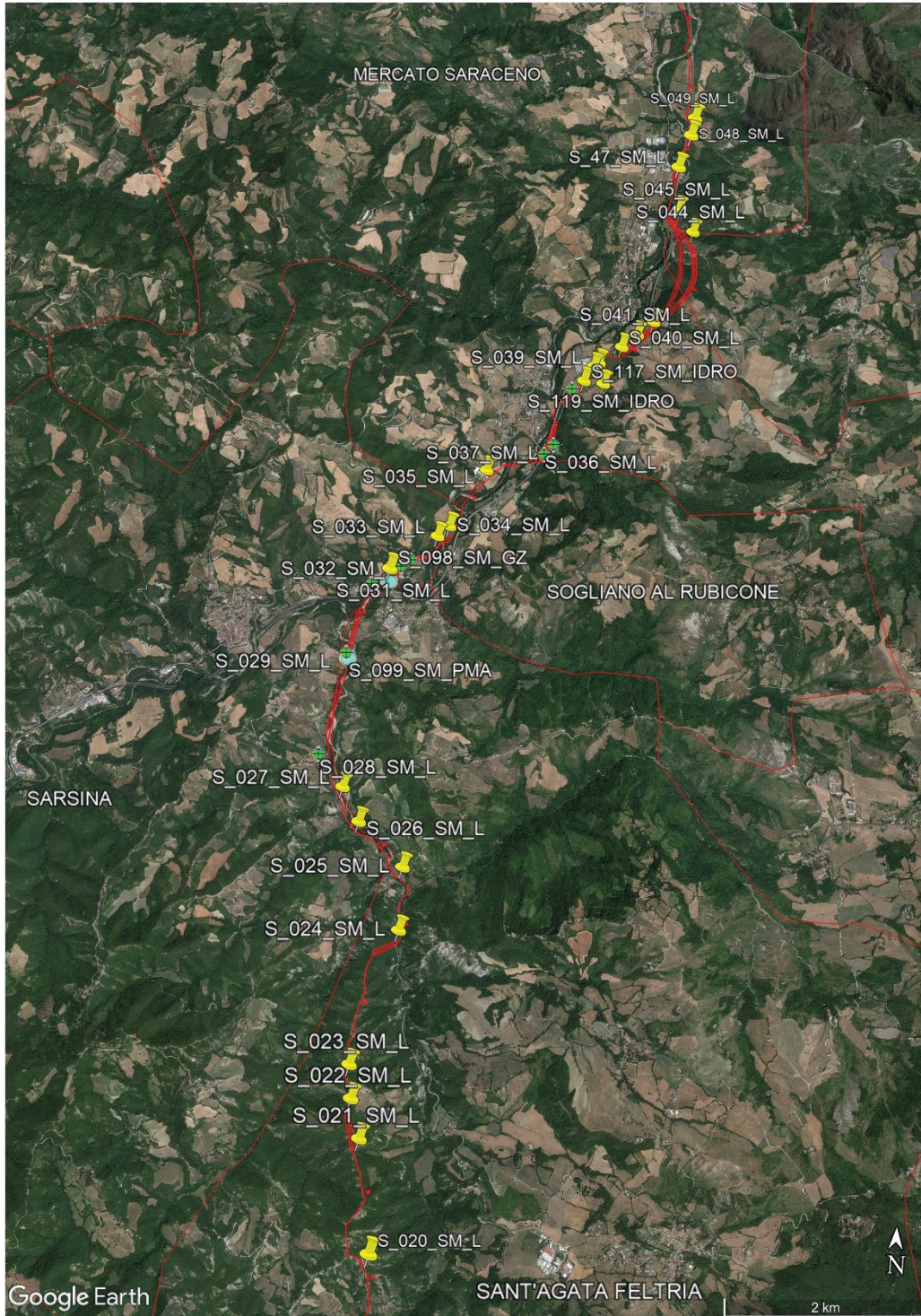


Figura 4-6: Ubicazione sondaggi e prove CPTU Tratto 17-34km (in rosso tracciato di progetto).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 26 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

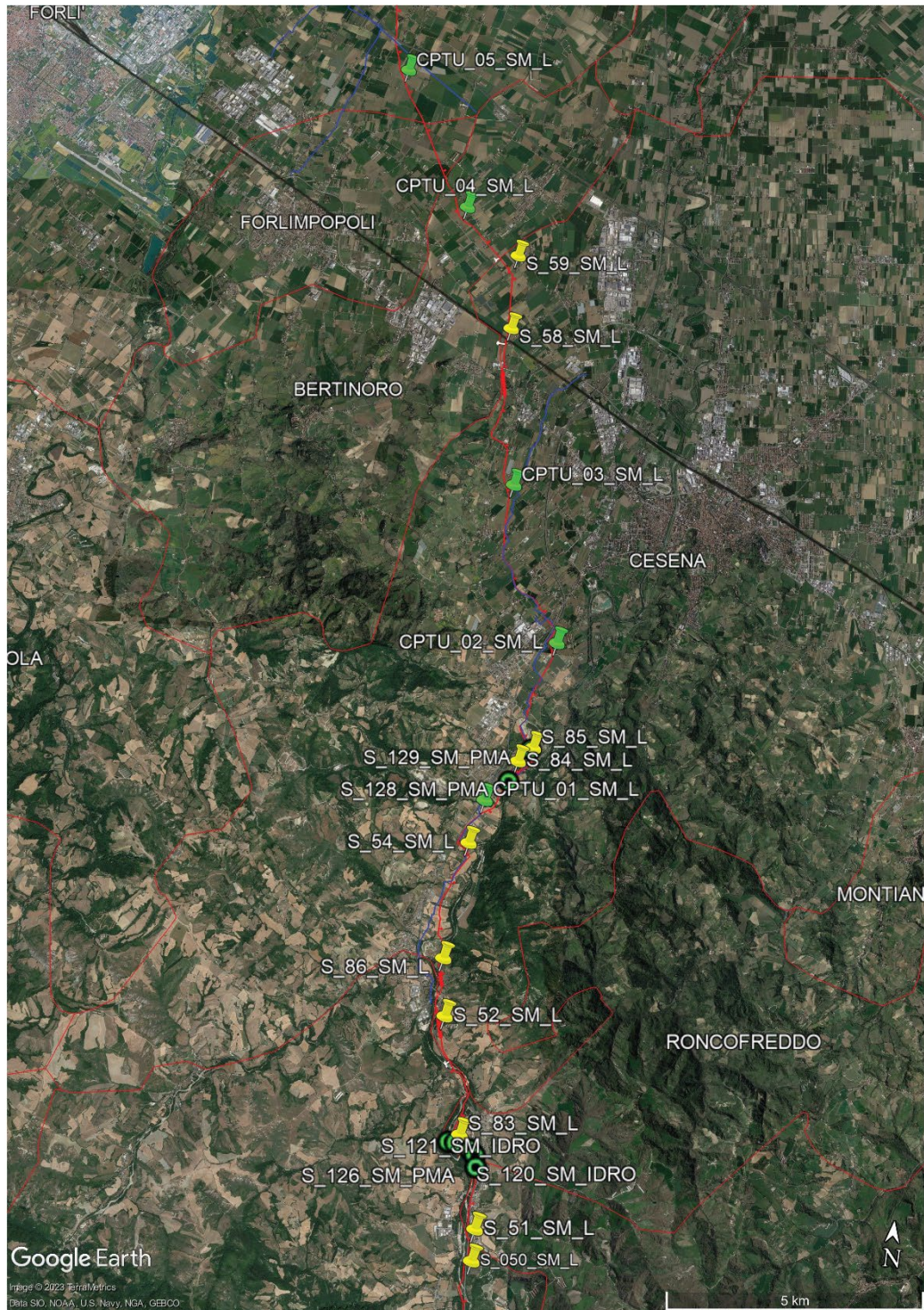


Figura 4-7: Ubicazione sondaggi e prove CPTU Tratto 34-65km (in rosso tracciato di progetto).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 27 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

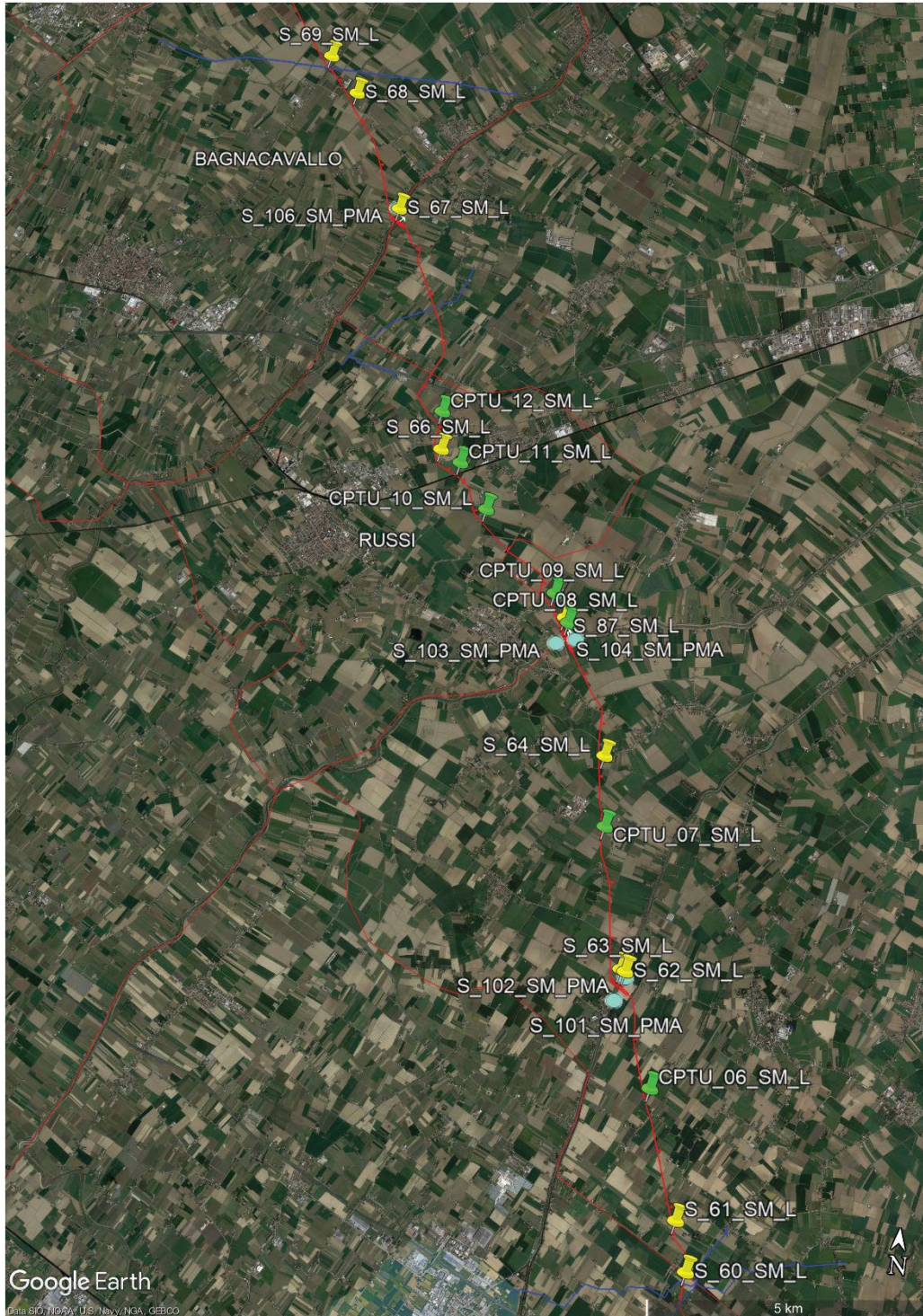


Figura 4-8: Ubicazione sondaggi e prove CPTU Tratto 65-95km (in rosso tracciato di progetto).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 28 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20



Figura 4-9: Ubicazione sondaggi e prove CPTU Tratto 95-140km (in rosso tracciato di progetto).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 29 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

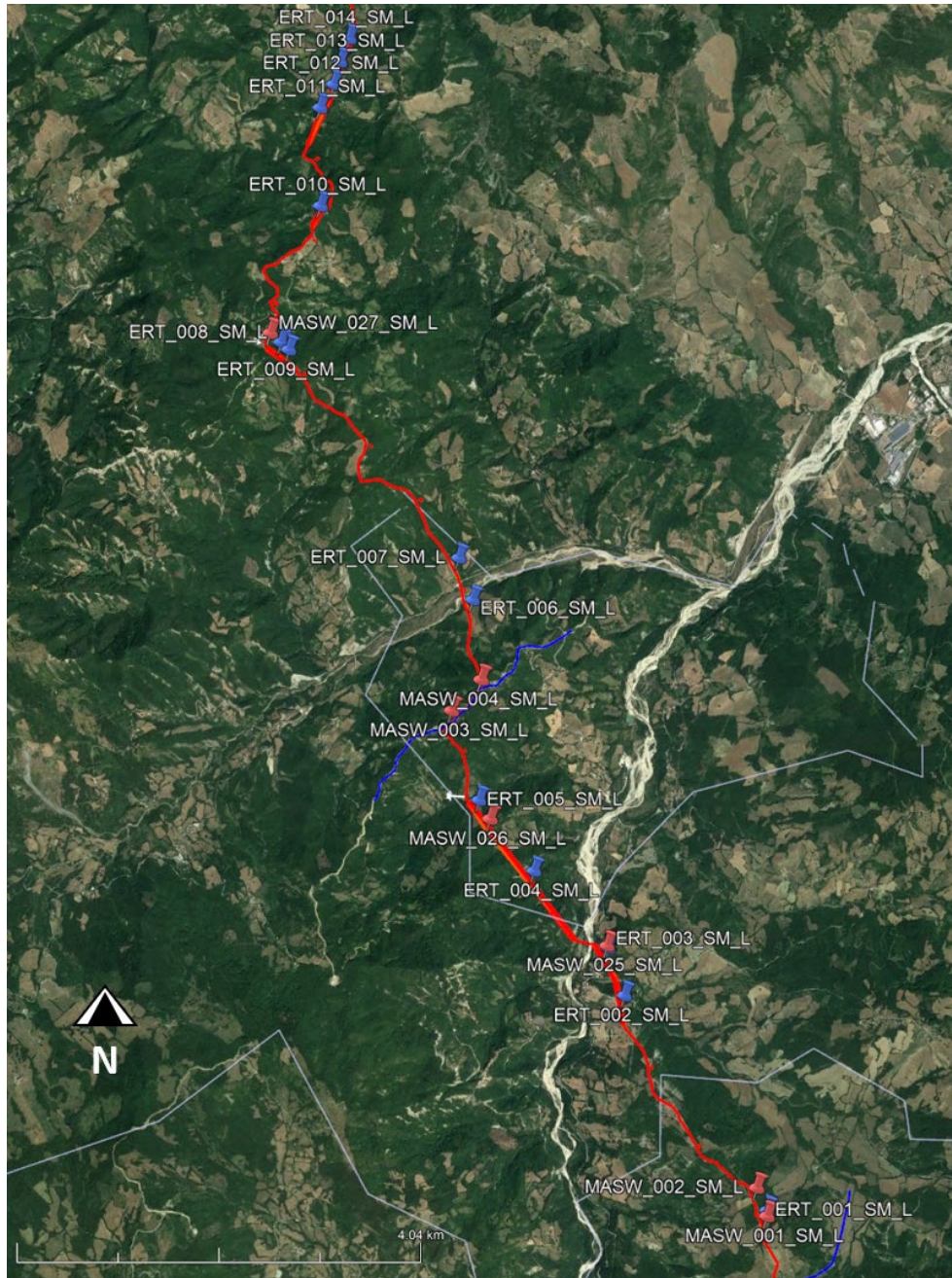


Figura 4-10: Ubicazione indagini geofisiche Tratto 0-17km (in rosso tracciato di progetto, le icone blu, gialle rosse e azzurre indicano rispettivamente le prove ERT, DH, MASW e HVSR.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 30 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

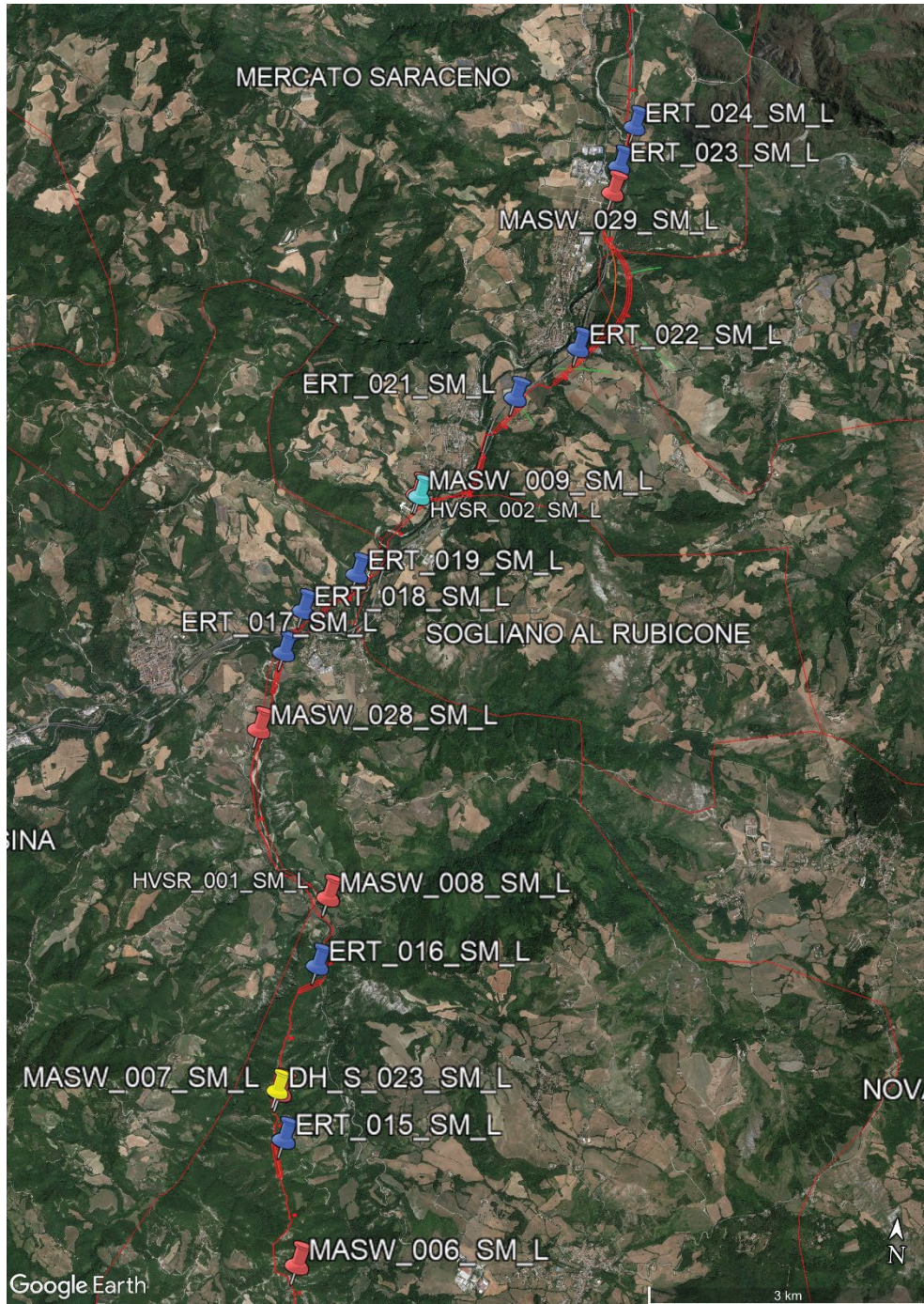


Figura 4-11: Ubicazione indagini geofisiche Tratto 17-34km (in rosso tracciato di progetto, le icone blu, gialle rosse e azzurre indicano rispettivamente le prove ERT, DH, MASW e HVSR.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 31 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

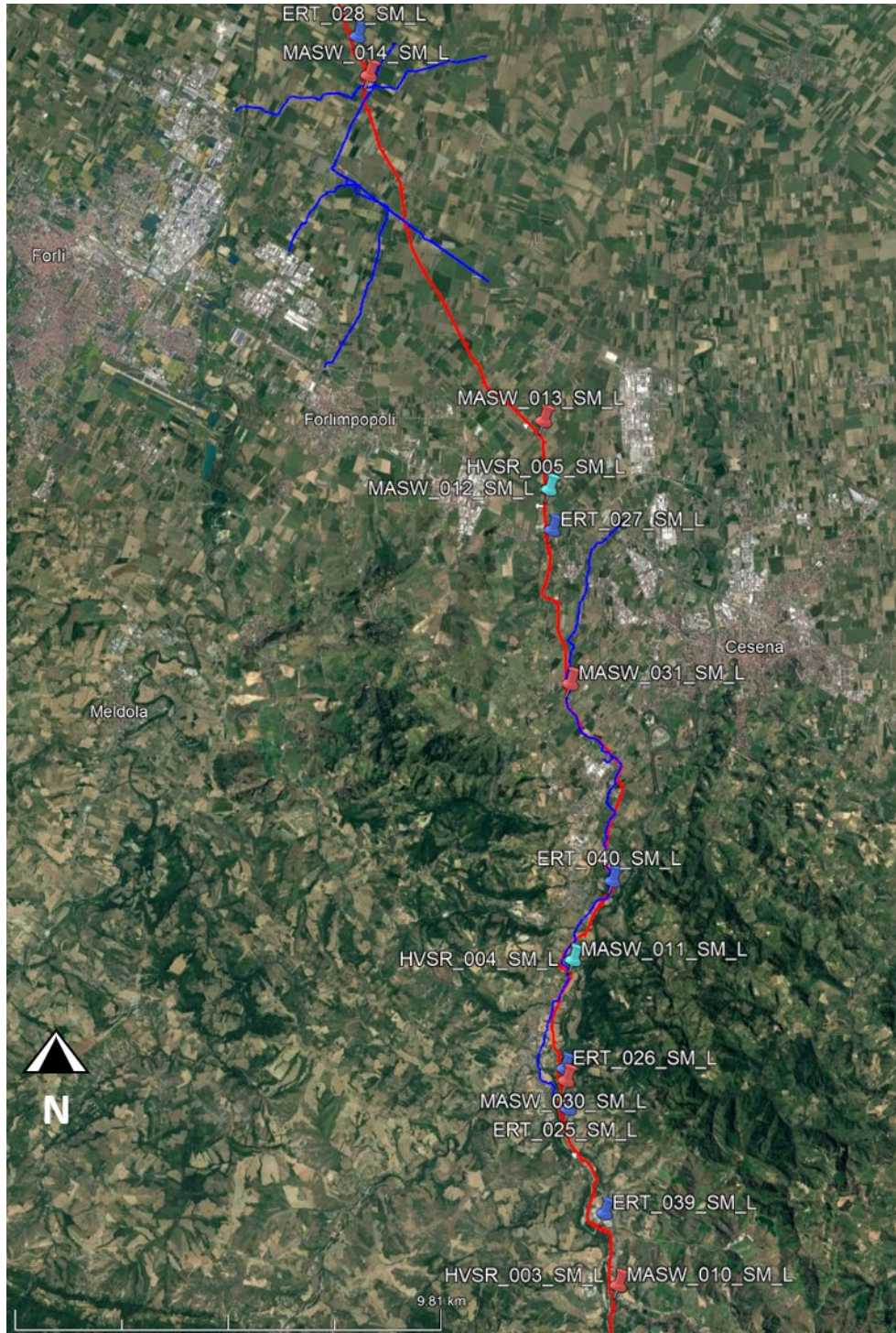


Figura 4-12: Ubicazione indagini geofisiche Tratto 34-65km (in rosso tracciato di progetto, le icone blu, gialle rosse e azzurre indicano rispettivamente le prove ERT, DH, MASW e HVSR).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 32 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

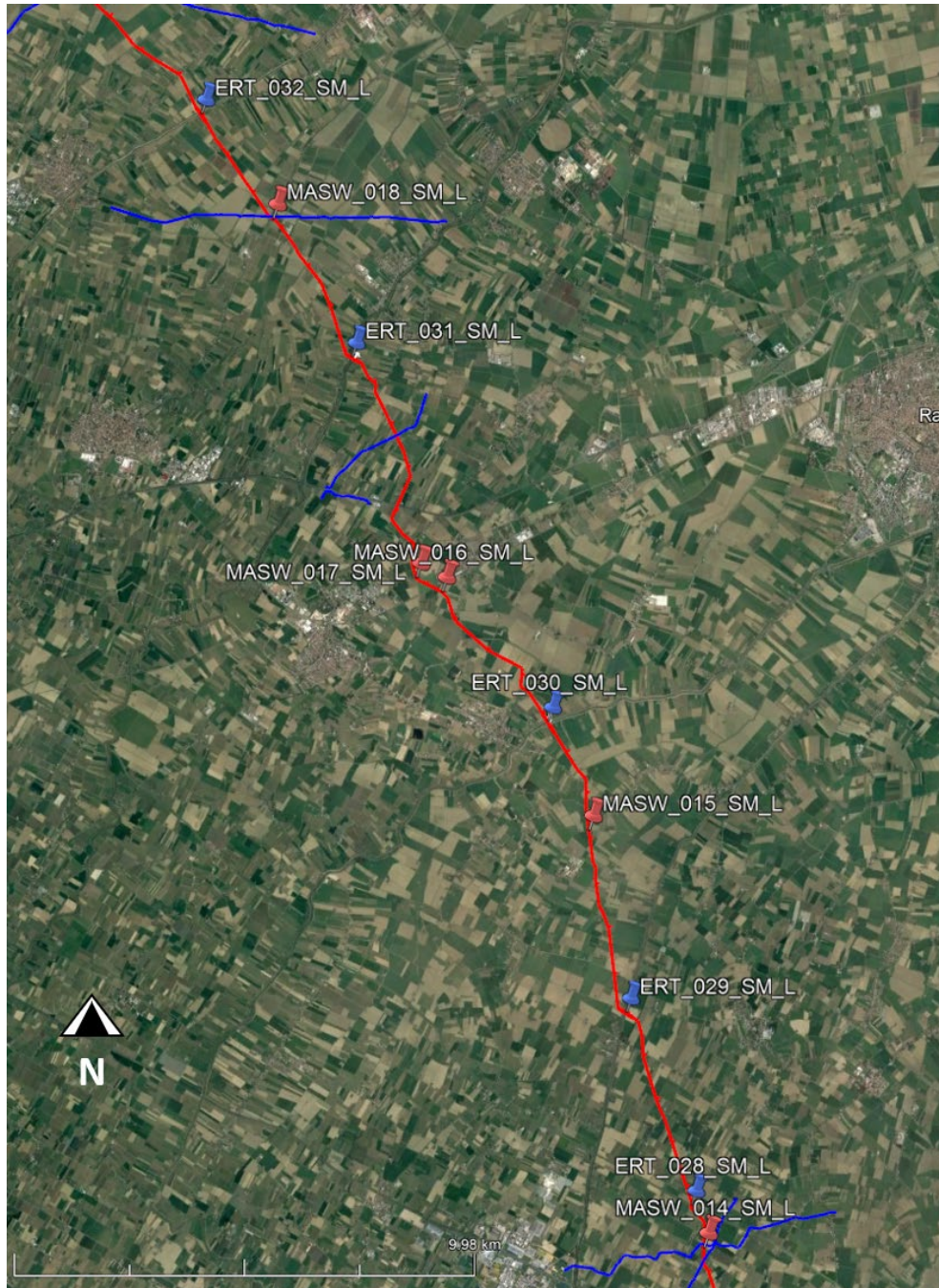


Figura 4-13: Ubicazione indagini geofisiche Tratto 65-95km (in rosso tracciato di progetto, le icone blu, gialle rosse e azzurre indicano rispettivamente le prove ERT, DH, MASW e HVSR).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 33 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20



Figura 4-14: Ubicazione indagini geofisiche Tratto 95-140km (in rosso tracciato di progetto, le icone blu, gialle rosse e azzurre indicano rispettivamente le prove ERT, DH, MASW e HVSR.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 34 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

5 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

5.1 Premessa

La definizione dell'azione sismica di progetto per il tracciato è stata condotta secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche in vigore assunte alla base della progettazione (DM 17 gennaio 2018. Approvazione delle Nuove Norme tecniche per le Costruzioni – Supplemento Ordinario alla G.U. n.42 del 20.2.2018), nel rispetto anche del corpo normativo regionale vigente.

In generale, l'azione sismica in base alla quale va valutato il rispetto dei diversi stati limite per le strutture in progetto deve essere definita a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, a sua volta espressa in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale.

La definizione dell'azione sismica di progetto comprende la determinazione delle ordinate dello spettro di risposta elastica in accelerazione $S_e(T)$ "ancorato" al valore di a_g , facendo riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR per la vita utile della struttura. Data la probabilità di superamento nel periodo di riferimento considerato, funzione dello Stato Limite considerato per la verifica, la forma spettrale è definita a partire dai valori dei seguenti parametri relativi ad un sito di riferimento rigido e orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale.
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T_{c^*} periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

5.2 Vita nominale, classe d'uso, periodo di riferimento per l'azione sismica

La Vita Nominale V_N di un'opera, intesa come il numero di anni in cui essa possa essere usata per lo scopo al quale è destinata, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è così definita dalle NTC2018:

- $V_N = 10$ anni, per costruzioni temporanee e provvisorie.
- $V_N = 50$ anni, per costruzioni con livelli di prestazioni ordinari.
- $V_N = 100$ anni, per costruzioni con livelli di prestazioni elevati.

Nel caso in oggetto, ai fini della definizione dell'azione sismica per le finalità dello studio in esame per l'infrastruttura, si è assunto:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 35 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, le opere sono suddivise dalle NTC2018 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilita sulla base dell'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. In particolare, le classi d'uso sono così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. Per le quali si ha un coefficiente d'uso $C_U=0.7$.
- Classe II: ... omissis ... Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o Classe d'uso IV, salvo casi particolari per i quali sia necessaria la classe d'uso III o IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza ... omissis ... Per le quali $C_U = 1.0$.
- Classe III: ... omissis ... Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV, salvo casi particolari per i quali sia necessaria la classe d'uso IV, e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza ... omissis ... Per le quali $C_U = 1.5$.
- Classe IV: ... omissis ... Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico ... omissis ... Per le quali $C_U = 2$.

In accordo alle specifiche di progetto SNAM, l'opera viene fatta appartenere alla Classe IV e, pertanto, sulla base delle indicazioni NTC2018 si ha $C_U = 2$. L'azione sismica di verifica delle opere viene definita in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di opera, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Alla luce di quanto sopra, si ha:

$$V_R = 50 \cdot 2 = 100 \text{ anni}$$

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 36 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

5.3 Stati Limite e Relative Probabilità di Superamento

L'azione sismica di progetto deve essere determinata in funzione degli Stati Limite relativi all'opera da verificare ed alle corrispondenti probabilità P_{VR} di realizzarsi nel periodo di riferimento V_R . Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nelle NTC2018 al par. 3.2.1 sono:

- Stati limite di Esercizio (SLE):
 - Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico.
 - Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo.
- Stati Limite Ultimi (SLU):
 - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, SLV, definito come lo stato limite in cui la struttura subisce una significativa perdita della rigidità nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
 - Stato Limite di Prevenzione del Collasso, SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.

Le probabilità di superamento cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente per ciascuno degli stati limite considerati sono (cfr Tab 3.2.I NTC2018):

| Stato Limite | | P_{VR} : Probabilità di superamento in V_R |
|--------------|-----|--|
| Esercizio | SLO | 81 % |
| | SLD | 63 % |
| Ultimi | SLV | 10 % |
| | SLC | 5 % |

Il tempo di ritorno T_R dell'azione sismica di verifica è legato al periodo di riferimento V_R ed alla probabilità di superamento P_{VR} dalla relazione:

$$T_R = V_R / \ln(1-P_{VR})$$

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 37 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Nel caso specifico ($V_R = 100$ anni) si ha:

| Stato Limite | | P_{VR} (%) | T_R (anni) |
|--------------|-----|--------------|--------------|
| SLE | SLO | 81% | 60 |
| | SLD | 63% | 101 |
| SLU | SLV | 10% | 949 |
| | SLC | 5% | 1950 |

5.4 Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g

In allegato al testo delle Norme Tecniche è presente una tabella nella quale vengono assegnati i valori a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale), F_o (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_{c^*} (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), in corrispondenza di una griglia di punti distribuiti sull'intero territorio nazionale. I valori di pericolosità sismica situati in punti intermedi della griglia (individuati dalle loro coordinate, cfr. Tabella 3-2) vengono ottenuti per interpolazione sui quattro punti di griglia più prossimi.

In Tabella 5-1 si riporta, per ogni punto di interesse, uno schema di localizzazione del punto rispetto ai nodi della griglia dei valori di pericolosità ottenuto attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (2009). Il risultato dell'interpolazione per i parametri a_g , F_o e T_{c^*} è riportato in Tabella 5-2.

I punti così individuati sono elencati in Tabella 5-3 con Latitudine e Longitudine e, per ognuno di essi, è stata definita l'azione sismica su suolo rigido e superficie topografica orizzontale. Da Figura 5-1 a Figura 5-6 ne è riportato l'andamento in funzione della progressiva. Sempre nelle stesse figure, si collocano i diversi tratti di opera all'interno dei comuni attraversati.

Come anticipato ai paragrafi precedenti, tenuto conto dell'azione sismica di base così definita, il tracciato è stato suddiviso in una serie di intervalli di progressiva omogenei dalla prospettiva dell'azione sismica di progetto, individuati sulla base dei seguenti criteri:

- Andamento omogeneo dell'azione sismica di base lungo il tracciato;
- Relativa uniformità stratigrafica, soprattutto con riferimento alla risposta attesa sotto azione sismica, distinguendo l'alternanza di strati di riporto, argille limose con sabbie

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 38 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

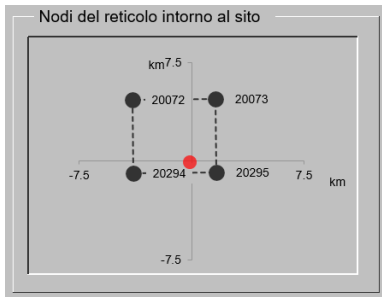
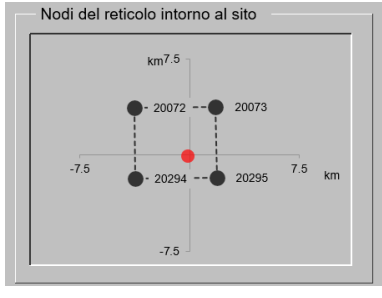
sciolte, sabbie fini medie, ghiaie fini e sabbie grossolane, ghiaia grossolana, e roccia (argilliti, argille marnose, marne);

- Coerenza dei valori misurati di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s attraverso prove geofisiche, integrati da correlazioni sui risultati delle prove CPT sempre in termini di V_s .

Relativamente alla definizione dell'azione sismica all'interno di ogni singola porzione di tracciato, è stata assunta cautelativamente la condizione più gravosa lungo il tratto considerato, in un quadro di variabilità comunque non sostanziale.

Sulla base dei criteri sopra esposti si è ottenuta la zonazione riportata in Tabella 5-4: per ognuna delle zone è stata definita un'azione sismica di riferimento. Nei paragrafi successivi, sulla base degli approfondimenti di II e III livello della microzonazione sismica, verrà eseguita un'ulteriore sotto-zonazione sulla base della risposta sismica locale nei diversi punti del tracciato di progetto.

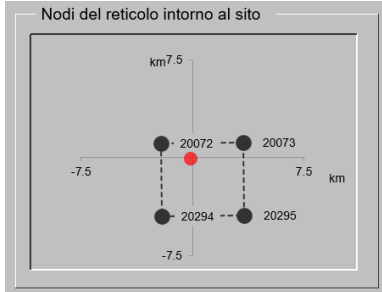
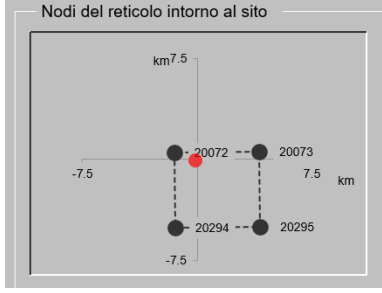
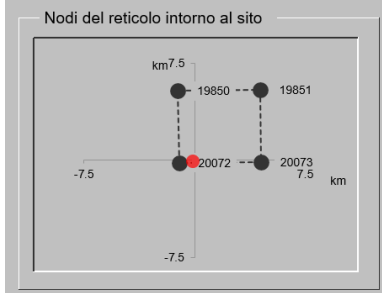
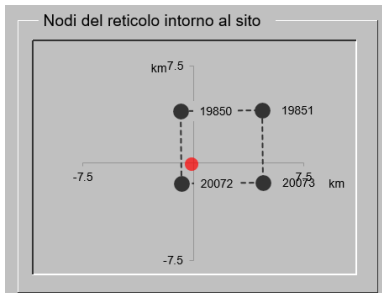
Tabella 5-1: Associazione dei punti di interesse di Tabella 3-2, ai nodi della griglia di rappresentazione dei valori di pericolosità sismica secondo le tabelle allegate alle NTC2018.

| ID | Progressiva di riferimento (km) | Latitudine (°) | Longitudine (°) | Punti della griglia adiacenti (da Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSSLPP, 2009) |
|----|---------------------------------|----------------|-----------------|---|
| 0 | 0+000 | 43.735983 | 12.224183 |  |
| 1 | 00+985 | 43.744391 | 12.221709 |  |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 39 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

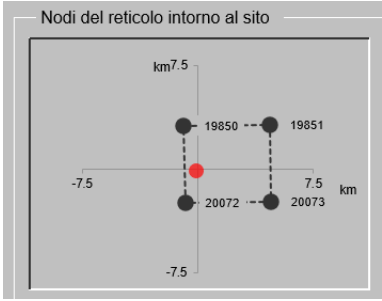
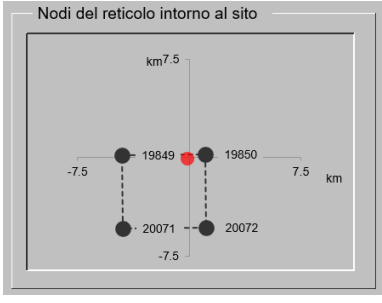
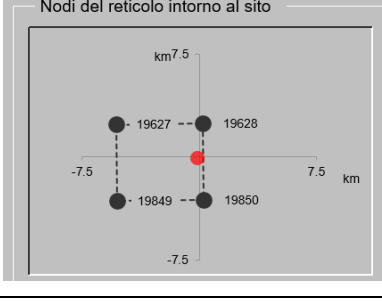
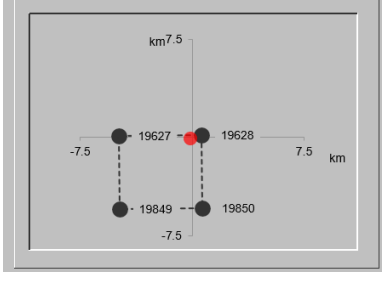
Tabella 5-1: Associazione dei punti di interesse di Tabella 3-2, ai nodi della griglia di rappresentazione dei valori di pericolosità sismica secondo le tabelle allegate alle NTC2018.

| ID | Progressiva di riferimento (km) | Latitudine (°) | Longitudine (°) | Punti della griglia adiacenti (da Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSSLPP, 2009) |
|----|---------------------------------|----------------|-----------------|---|
| 2 | 04+252 | 43.77889 | 12.201301 |  |
| 3 | 05+150 | 43.773278 | 12.193276 |  |
| 4 | 06+000 | 43.779376 | 12.187765 |  |
| 5 | 07+624 | 43.791508 | 12.184681 |  |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 40 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

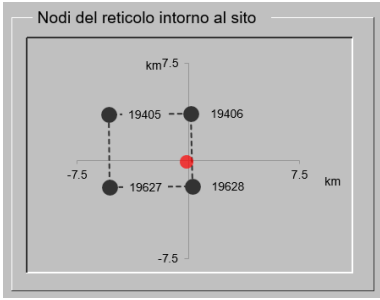
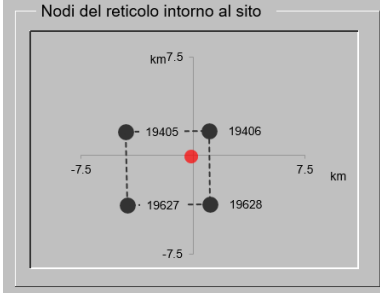
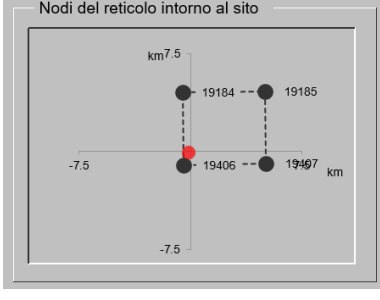
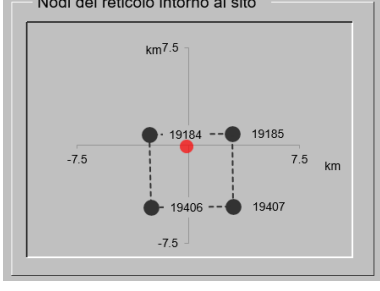
Tabella 5-1: Associazione dei punti di interesse di Tabella 3-2, ai nodi della griglia di rappresentazione dei valori di pericolosità sismica secondo le tabelle allegate alle NTC2018.

| ID | Progressiva di riferimento (km) | Latitudine (°) | Longitudine (°) | Punti della griglia adiacenti (da Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSSLPP, 2009) |
|----|---------------------------------|----------------|-----------------|---|
| 6 | 08+560 | 43.799130 | 12.184790 |  |
| 7 | 12+500 | 43.825422 | 12.160332 |  |
| 8 | 16+635 | 43.855764 | 12.169715 |  |
| 9 | 19+151 | 43.875972 | 12.164708 |  |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 41 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

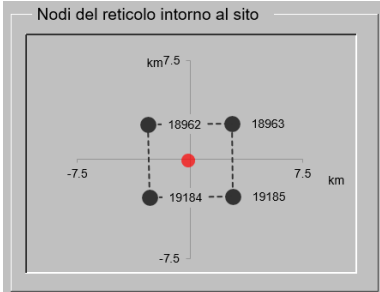
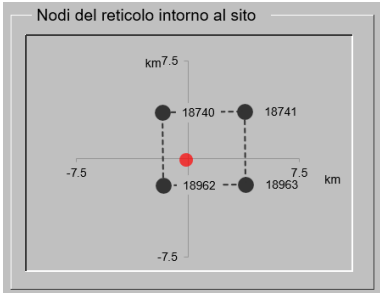
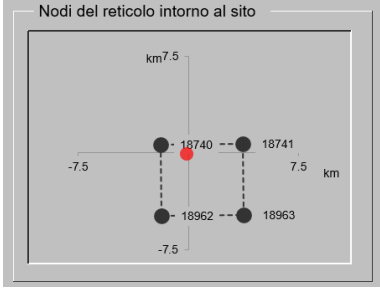
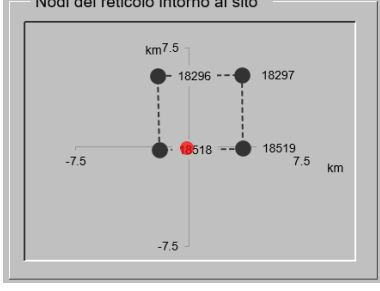
Tabella 5-1: Associazione dei punti di interesse di Tabella 3-2, ai nodi della griglia di rappresentazione dei valori di pericolosità sismica secondo le tabelle allegate alle NTC2018.

| ID | Progressiva di riferimento (km) | Latitudine (°) | Longitudine (°) | Punti della griglia adiacenti (da Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSSLPP, 2009) |
|----|---------------------------------|----------------|-----------------|---|
| 10 | 21+589 | 43.895056 | 12.169121 |  |
| 11 | 23+715 | 43.910677 | 12.158179 |  |
| 12 | 27+243 | 43.936782 | 12.177241 |  |
| 13 | 32+348 | 43.970462 | 12.202893 |  |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 42 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

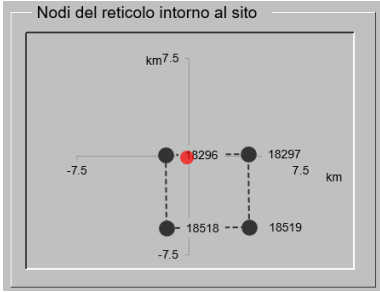
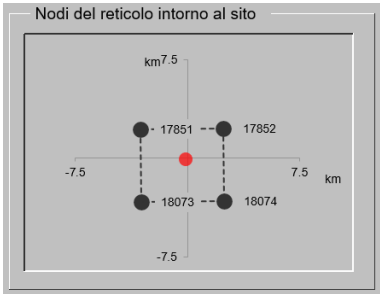
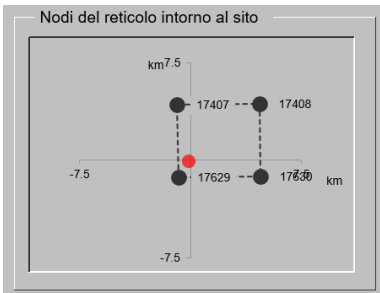
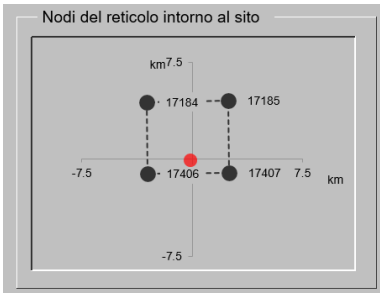
Tabella 5-1: Associazione dei punti di interesse di Tabella 3-2, ai nodi della griglia di rappresentazione dei valori di pericolosità sismica secondo le tabelle allegate alle NTC2018.

| ID | Progressiva di riferimento (km) | Latitudine (°) | Longitudine (°) | Punti della griglia adiacenti (da Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSSLPP, 2009) |
|----|---------------------------------|----------------|-----------------|---|
| 14 | 36+223 | 44.00362 | 12.204012 |  |
| 15 | 41+642 | 44.04578 | 12.189709 |  |
| 16 | 44+786 | 44.071806 | 12.191581 |  |
| 17 | 52+731 | 44.129213 | 12.191616 |  |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 43 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

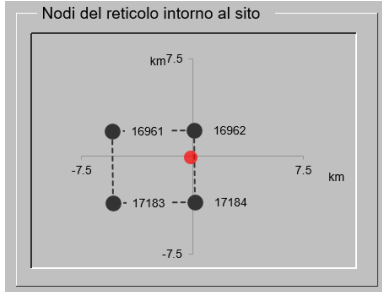
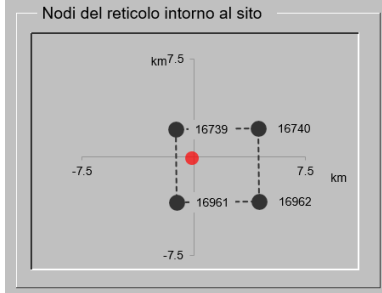
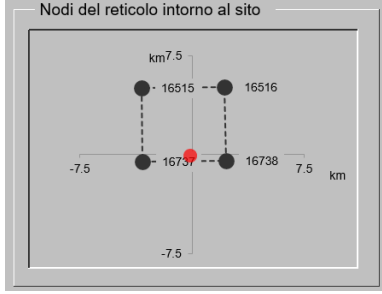
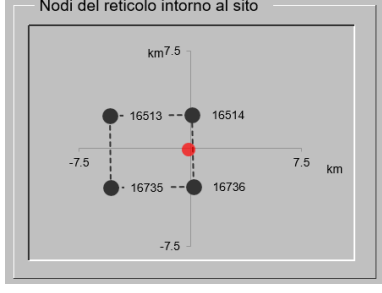
Tabella 5-1: Associazione dei punti di interesse di Tabella 3-2, ai nodi della griglia di rappresentazione dei valori di pericolosità sismica secondo le tabelle allegate alle NTC2018.

| ID | Progressiva di riferimento (km) | Latitudine (°) | Longitudine (°) | Punti della griglia adiacenti (da Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLP, 2009) |
|----|---------------------------------|----------------|-----------------|---|
| 18 | 58+305 | 44.176631 | 12.185445 |  |
| 19 | 68+509 | 44.256942 | 12.133526 |  |
| 20 | 78+195 | 44.338594 | 12.103099 |  |
| 21 | 84+962 | 44.386133 | 12.059998 |  |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 44 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

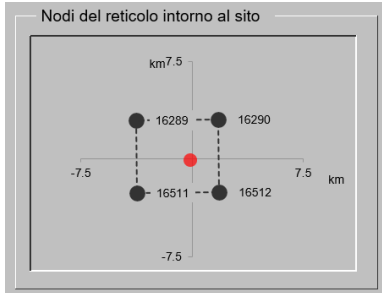
Tabella 5-1: Associazione dei punti di interesse di Tabella 3-2, ai nodi della griglia di rappresentazione dei valori di pericolosità sismica secondo le tabelle allegate alle NTC2018.

| ID | Progressiva di riferimento (km) | Latitudine (°) | Longitudine (°) | Punti della griglia adiacenti (da Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSSLPP, 2009) |
|----|---------------------------------|----------------|-----------------|---|
| 22 | 94+278 | 44.457618 | 12.018136 |  |
| 23 | 101+311 | 44.506061 | 11.963625 |  |
| 24 | 110+747 | 44.528082 | 11.849426 |  |
| 25 | 120+346 | 44.548527 | 11.734929 |  |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 45 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-1: Associazione dei punti di interesse di Tabella 3-2, ai nodi della griglia di rappresentazione dei valori di pericolosità sismica secondo le tabelle allegate alle NTC2018.

| ID | Progressiva di riferimento (km) | Latitudine (°) | Longitudine (°) | Punti della griglia adiacenti (da Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLP, 2009) |
|----|---------------------------------|----------------|-----------------|--|
| 26 | 135+000 | 44.592353 | 11.572537 |  |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 46 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-2: Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)).

| ID | Progressive di riferimento (km) | Tabella valori | | | | |
|----|---------------------------------|----------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| | | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| 0 | 00+000 | SLO | 60 | 0.088 | 2.421 | 0.281 |
| | | SLD | 101 | 0.110 | 2.405 | 0.289 |
| | | SLV | 949 | 0.249 | 2.503 | 0.319 |
| | | SLC | 1950 | 0.311 | 2.557 | 0.331 |
| | | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| 1 | 00+985 | SLO | 60 | 0.088 | 2.423 | 0.281 |
| | | SLD | 101 | 0.110 | 2.407 | 0.289 |
| | | SLV | 949 | 0.248 | 2.501 | 0.320 |
| | | SLC | 1950 | 0.309 | 2.554 | 0.331 |
| | | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| 2 | 04+252 | SLO | 60 | 0.088 | 2.423 | 0.281 |
| | | SLD | 101 | 0.109 | 2.411 | 0.289 |
| | | SLV | 949 | 0.246 | 2.497 | 0.321 |
| | | SLC | 1950 | 0.307 | 2.557 | 0.331 |
| | | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| 3 | 05+150 | SLO | 60 | 0.088 | 2.423 | 0.280 |
| | | SLD | 101 | 0.109 | 2.412 | 0.289 |
| | | SLV | 949 | 0.246 | 2.500 | 0.321 |
| | | SLC | 1950 | 0.306 | 2.565 | 0.331 |
| | | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| 4 | 06+000 | SLO | 60 | 0.088 | 2.423 | 0.280 |
| | | SLD | 101 | 0.109 | 2.413 | 0.289 |
| | | SLV | 949 | 0.245 | 2.504 | 0.321 |
| | | SLC | 1950 | 0.305 | 2.574 | 0.331 |
| | | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| 5 | 07+624 | SLO | 60 | 0.088 | 2.424 | 0.280 |
| | | SLD | 101 | 0.109 | 2.414 | 0.289 |
| | | SLV | 949 | 0.245 | 2.499 | 0.322 |
| | | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 47 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-2: Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)).

| ID | Progressive di riferimento (km) | Tabella valori | | | | |
|----|---------------------------------|----------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| | | SLC | 1950 | 0.305 | 2.567 | 0.331 |
| 6 | 08+560 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.088 | 2.424 | 0.280 |
| | | SLD | 101 | 0.109 | 2.414 | 0.289 |
| | | SLV | 949 | 0.244 | 2.496 | 0.322 |
| | | SLC | 1950 | 0.304 | 2.561 | 0.331 |
| 7 | 12+500 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.089 | 2.422 | 0.280 |
| | | SLD | 101 | 0.110 | 2.413 | 0.288 |
| | | SLV | 949 | 0.245 | 2.489 | 0.323 |
| | | SLC | 1950 | 0.306 | 2.550 | 0.331 |
| 8 | 16+635 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.088 | 2.422 | 0.280 |
| | | SLD | 101 | 0.110 | 2.412 | 0.289 |
| | | SLV | 949 | 0.245 | 2.490 | 0.323 |
| | | SLC | 1950 | 0.305 | 2.549 | 0.331 |
| 9 | 19+151 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.089 | 2.420 | 0.280 |
| | | SLD | 101 | 0.110 | 2.411 | 0.289 |
| | | SLV | 949 | 0.245 | 2.494 | 0.323 |
| | | SLC | 1950 | 0.305 | 2.553 | 0.330 |
| 10 | 21+589 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.089 | 2.417 | 0.280 |
| | | SLD | 101 | 0.110 | 2.409 | 0.289 |
| | | SLV | 949 | 0.245 | 2.497 | 0.323 |
| | | SLC | 1950 | 0.305 | 2.556 | 0.330 |
| 11 | 23+715 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.090 | 2.413 | 0.279 |
| | | SLD | 101 | 0.111 | 2.406 | 0.288 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 48 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-2: Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)).

| ID | Progressive di riferimento (km) | Tabella valori | | | | |
|----|---------------------------------|----------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| | | SLV | 949 | 0.247 | 2.504 | 0.322 |
| | | SLC | 1950 | 0.306 | 2.562 | 0.329 |
| 12 | 27+243 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.089 | 2.412 | 0.279 |
| | | SLD | 101 | 0.111 | 2.404 | 0.288 |
| | | SLV | 949 | 0.246 | 2.504 | 0.322 |
| | | SLC | 1950 | 0.304 | 2.563 | 0.329 |
| 13 | 32+348 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.088 | 2.410 | 0.279 |
| | | SLD | 101 | 0.109 | 2.402 | 0.288 |
| | | SLV | 949 | 0.244 | 2.500 | 0.323 |
| | | SLC | 1950 | 0.303 | 2.558 | 0.329 |
| 14 | 36+223 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.088 | 2.405 | 0.279 |
| | | SLD | 101 | 0.110 | 2.400 | 0.287 |
| | | SLV | 949 | 0.246 | 2.496 | 0.322 |
| | | SLC | 1950 | 0.304 | 2.560 | 0.330 |
| 15 | 41+642 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.089 | 2.397 | 0.278 |
| | | SLD | 101 | 0.111 | 2.403 | 0.285 |
| | | SLV | 949 | 0.250 | 2.483 | 0.321 |
| | | SLC | 1950 | 0.308 | 2.551 | 0.330 |
| 16 | 44+786 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.089 | 2.395 | 0.278 |
| | | SLD | 101 | 0.111 | 2.410 | 0.284 |
| | | SLV | 949 | 0.253 | 2.456 | 0.322 |
| | | SLC | 1950 | 0.311 | 2.528 | 0.331 |
| 17 | 52+731 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.087 | 2.401 | 0.277 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 49 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-2: Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLP (2009)).

| ID | Progressive di riferimento (km) | Tabella valori | | | | |
|----|---------------------------------|----------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| | | | | | | |
| | | SLD | 101 | 0.109 | 2.408 | 0.283 |
| | | SLV | 949 | 0.253 | 2.433 | 0.320 |
| | | SLC | 1950 | 0.312 | 2.502 | 0.332 |
| 18 | 58+305 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.085 | 2.406 | 0.278 |
| | | SLD | 101 | 0.107 | 2.407 | 0.285 |
| | | SLV | 949 | 0.251 | 2.411 | 0.323 |
| | | SLC | 1950 | 0.311 | 2.469 | 0.332 |
| 19 | 68+509 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.082 | 2.413 | 0.278 |
| | | SLD | 101 | 0.102 | 2.429 | 0.287 |
| | | SLV | 949 | 0.243 | 2.433 | 0.318 |
| | | SLC | 1950 | 0.304 | 2.475 | 0.329 |
| 20 | 78+195 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.076 | 2.437 | 0.279 |
| | | SLD | 101 | 0.095 | 2.432 | 0.289 |
| | | SLV | 949 | 0.236 | 2.407 | 0.308 |
| | | SLC | 1950 | 0.300 | 2.415 | 0.320 |
| 21 | 84+962 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.073 | 2.449 | 0.279 |
| | | SLD | 101 | 0.092 | 2.438 | 0.288 |
| | | SLV | 949 | 0.231 | 2.419 | 0.300 |
| | | SLC | 1950 | 0.297 | 2.401 | 0.315 |
| 22 | 94+278 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.068 | 2.473 | 0.279 |
| | | SLD | 101 | 0.086 | 2.468 | 0.285 |
| | | SLV | 949 | 0.220 | 2.482 | 0.288 |
| | | SLC | 1950 | 0.285 | 2.430 | 0.307 |
| 23 | 101+311 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 50 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-2: Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)).

| ID | Progressive di riferimento (km) | Tabella valori | | | | |
|----|---------------------------------|----------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| | | | | | | |
| | | SLO | 60 | 0.067 | 2.474 | 0.279 |
| | | SLD | 101 | 0.085 | 2.452 | 0.282 |
| | | SLV | 949 | 0.216 | 2.495 | 0.286 |
| | | SLC | 1950 | 0.281 | 2.441 | 0.299 |
| 24 | 110+747 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.068 | 2.473 | 0.278 |
| | | SLD | 101 | 0.087 | 2.453 | 0.283 |
| | | SLV | 949 | 0.220 | 2.481 | 0.286 |
| | | SLC | 1950 | 0.285 | 2.422 | 0.305 |
| 25 | 120+346 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.069 | 2.473 | 0.276 |
| | | SLD | 101 | 0.088 | 2.457 | 0.282 |
| | | SLV | 949 | 0.224 | 2.465 | 0.288 |
| | | SLC | 1950 | 0.289 | 2.414 | 0.307 |
| 26 | 135+000 | SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_c^* (s) |
| | | SLO | 60 | 0.067 | 2.478 | 0.276 |
| | | SLD | 101 | 0.086 | 2.451 | 0.280 |
| | | SLV | 949 | 0.219 | 2.485 | 0.286 |
| | | SLC | 1950 | 0.283 | 2.435 | 0.300 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 51 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-3: Valori di a_g su suolo rigido (SLV) per i punti di interesse lungo il tracciato.

| ID (-) | Latitudine (°) | Longitudine (°) | Progressiva (km) | a_g (SLV) |
|-----------|-------------------|--------------------|---------------------|----------------|
| 0 | 43.735983 | 12.224183 | 00+000 | 0.249 |
| 1 | 43.744391 | 12.221709 | 00+985 | 0.248 |
| 2 | 43.767889 | 12.201301 | 04+252 | 0.246 |
| 3 | 43.773278 | 12.193276 | 05+150 | 0.248 |
| 4 | 43.779376 | 12.187765 | 06+000 | 0.245 |
| 5 | 43.791508 | 12.184681 | 07+624 | 0.245 |
| 6 | 43.79913 | 12.18479 | 08+560 | 0.244 |
| 7 | 43.825422 | 12.160332 | 12+500 | 0.245 |
| 8 | 43.855764 | 12.169715 | 16+635 | 0.245 |
| 9 | 43.875972 | 12.164708 | 19+151 | 0.245 |
| 10 | 43.895056 | 12.169121 | 21+589 | 0.245 |
| 11 | 43.910677 | 12.158179 | 23+715 | 0.247 |
| 12 | 43.936782 | 12.177241 | 27+243 | 0.246 |
| 13 | 43.970462 | 12.202893 | 32+348 | 0.244 |
| 14 | 44.00362 | 12.204012 | 36+223 | 0.246 |
| 15 | 44.04578 | 12.189709 | 41+642 | 0.25 |
| 16 | 44.071806 | 12.191581 | 44+786 | 0.253 |
| 17 | 44.129213 | 12.191616 | 52+731 | 0.253 |
| 18 | 44.176631 | 12.185445 | 58+305 | 0.251 |
| 19 | 44.256942 | 12.133526 | 68+509 | 0.243 |
| 20 | 44.338594 | 12.103099 | 78+195 | 0.236 |
| 21 | 44.386133 | 12.059998 | 84+962 | 0.231 |
| 22 | 44.457618 | 12.018136 | 94+278 | 0.220 |
| 23 | 44.506061 | 11.963625 | 101+311 | 0.216 |
| 24 | 44.528082 | 11.849426 | 110+747 | 0.220 |
| 25 | 44.548527 | 11.734929 | 120+346 | 0.224 |
| 26 | 44.592353 | 11.572537 | 135+000 | 0.219 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 52 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-4: Zonazione tracciato sulla base dei valori di a_g su suolo rigido (SLV)

| Comune | Progressiva | | a_g suolo rigido |
|----------------------|-------------|---------|--------------------|
| | da [km] | a [km] | |
| Sestino | 0+000 | 2+649 | 0.249 |
| Pennabilli | 2+649 | 4+510 | |
| Casteldelci | 4+510 | 4+863 | |
| Badia Tedalda | 4+863 | 6+000 | |
| | 6+000 | 9+982 | 0.245 |
| Sant'Agata Feltria | 9+982 | 10+264 | |
| Casteldelci | 10+264 | 12+676 | |
| Sant'Agata Feltria | 12+676 | 21+780 | 0.247 |
| Sarsina | 21+780 | 24+071 | |
| Sant'Agata Feltria | 24+071 | 25+055 | |
| Sarsina | 25+055 | 26+347 | |
| Sogliano al Rubicone | 26+347 | 27+727 | |
| Mercato Saraceno | 27+727 | 30+885 | |
| Sogliano al Rubicone | 30+885 | 31+858 | |
| Mercato Saraceno | 31+858 | 36+179 | |
| Sogliano al Rubicone | 36+179 | 37+947 | |
| Roncofreddo | 37+947 | 39+424 | |
| Mercato Saraceno | 39+424 | 40+201 | |
| Cesena | 40+201 | 59+550 | |
| Bertinoro | 59+550 | 61+827 | |
| Forlimpopoli | 61+827 | 63+214 | 0.243 |
| Forlì | 63+214 | 68+767 | |
| Ravenna | 68+767 | 81+080 | |
| Russi | 81+080 | 81+704 | |
| Ravenna | 81+704 | 82+980 | 0.231 |
| Russi | 82+980 | 84+900 | |
| Russi | 84+900 | 87+287 | 0.220 |
| Ravenna | 87+287 | 90+780 | |
| Bagnacavallo | 90+780 | 97+073 | |
| Fusignano | 97+073 | 101+311 | 0.224 |
| Alfonsine | 101+311 | 105+000 | |
| Lugo | 105+000 | 111+780 | 0.224 |
| Conselice | 111+780 | 116+113 | |
| Imola | 116+113 | 117+538 | |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 53 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

| Comune | Progressiva | | a_g suolo rigido |
|-----------|-------------|---------|--------------------|
| | da [km] | a [km] | |
| Medicina | 117+538 | 124+917 | 0.219 |
| Molinella | 124+917 | 134+700 | |
| Budrio | 134+700 | 135+560 | |
| | 135+560 | 137+698 | |
| Minerbio | 137+698 | 140+691 | |

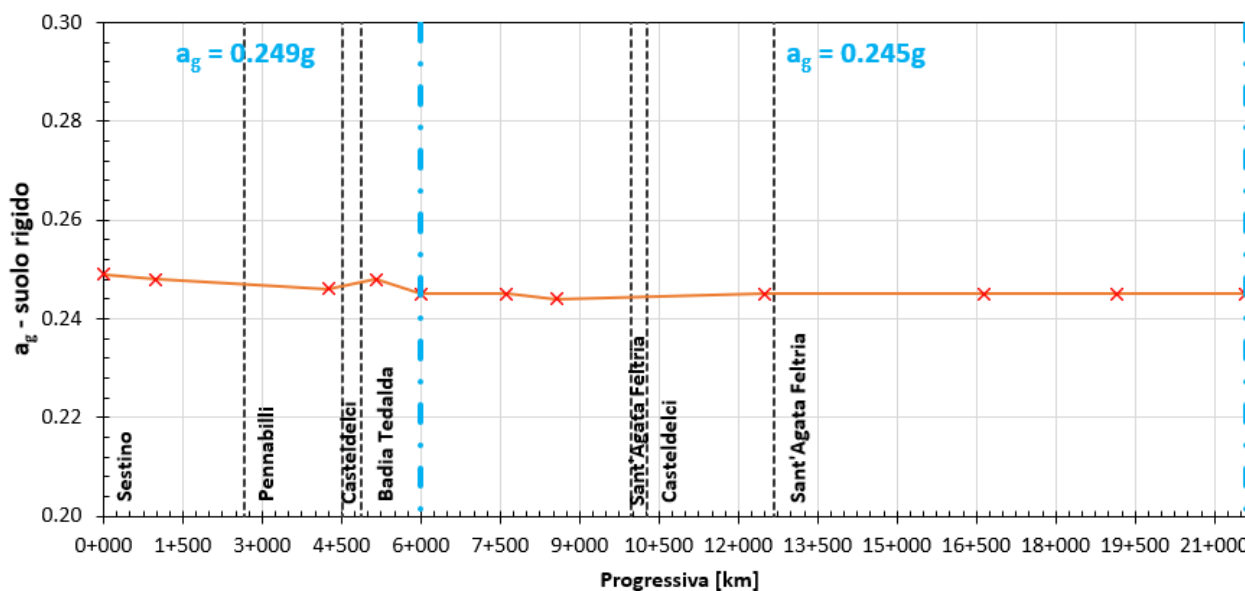


Figura 5-1: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 0+000 ÷ 21+780). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido con superficie topografica orizzontale, la linea azzurra la zonazione sulla base di a_g , mentre le linee tratteggiate nere individuano i confini comunali.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 54 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

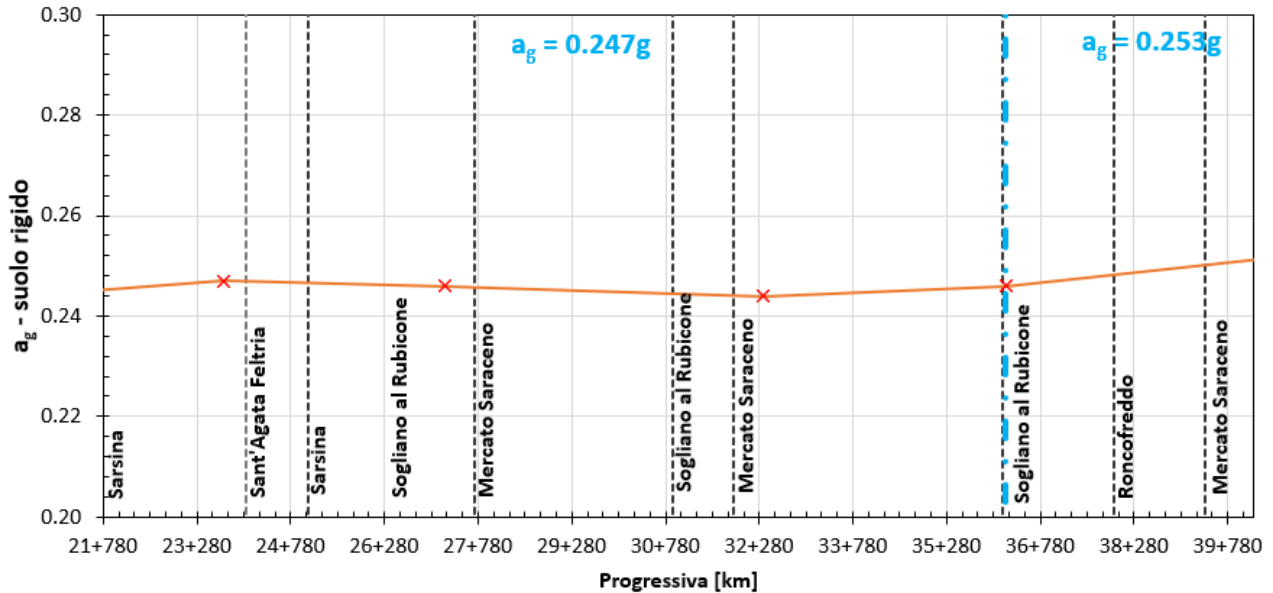


Figura 5-2: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 21+780 ÷ 40+201). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido con superficie topografica orizzontale, la linea azzurra la zonazione sulla base di a_g , mentre le linee tratteggiate nere individuano i confini comunali.

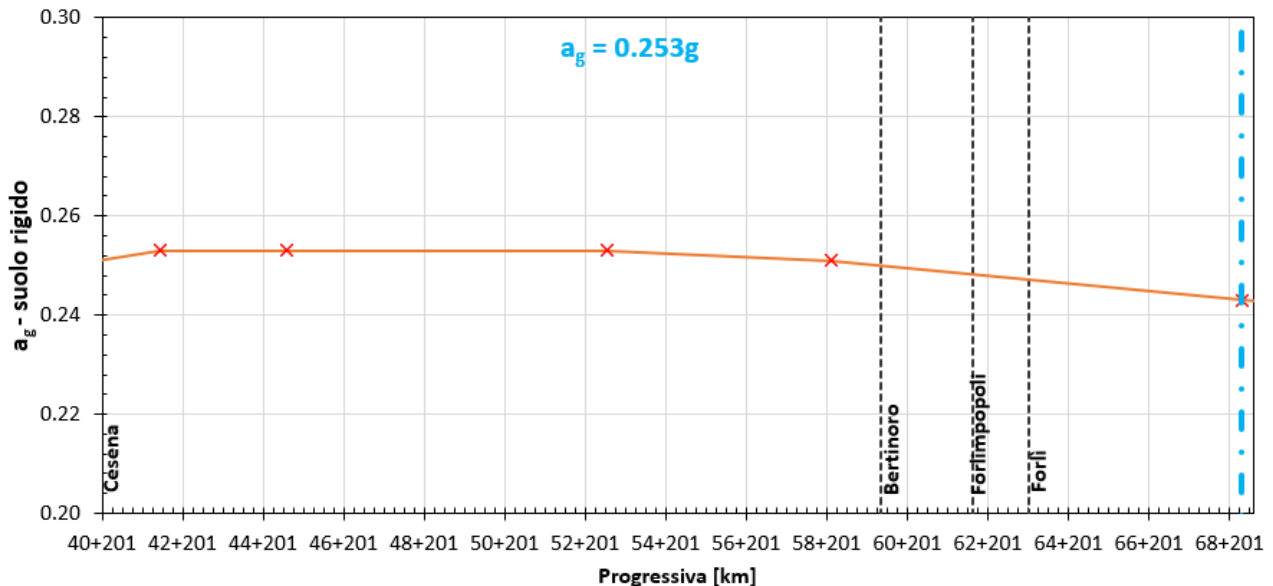


Figura 5-3: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 40+201 ÷ 68+780). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale, la linea azzurra la zonazione sulla base di a_g , mentre le linee tratteggiate nere individuano i confini comunali.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 55 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

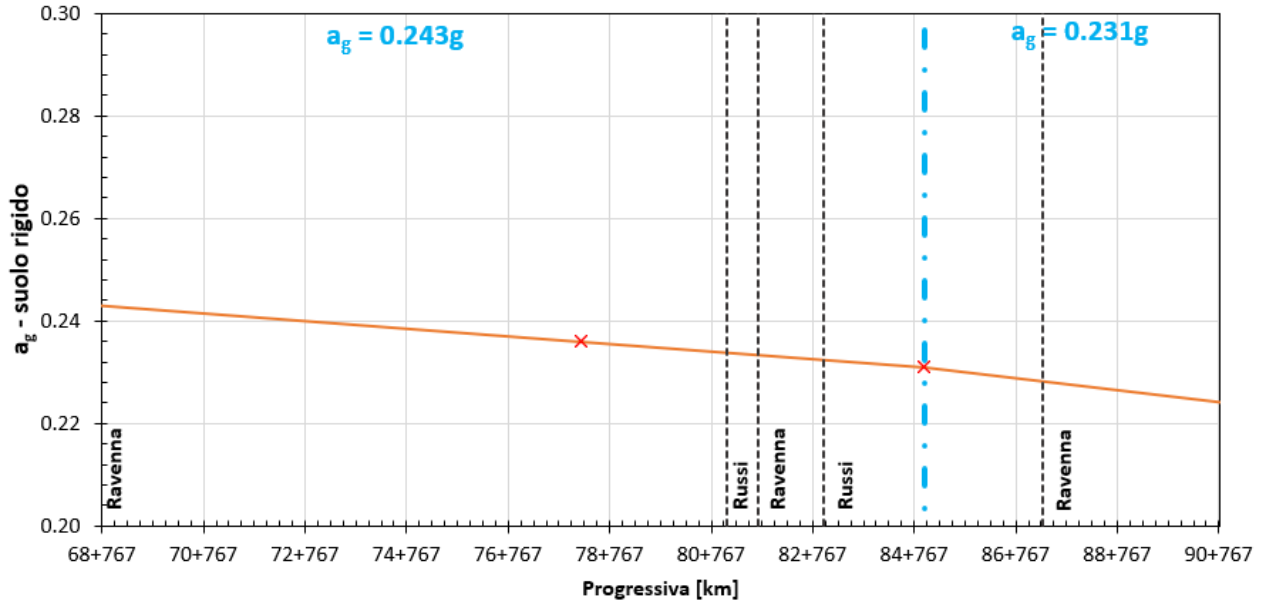


Figura 5-4: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 68+780 ÷ 90+780). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale, la linea azzurra la zonazione sulla base di a_g , mentre le linee tratteggiate nere individuano i confini comunali.

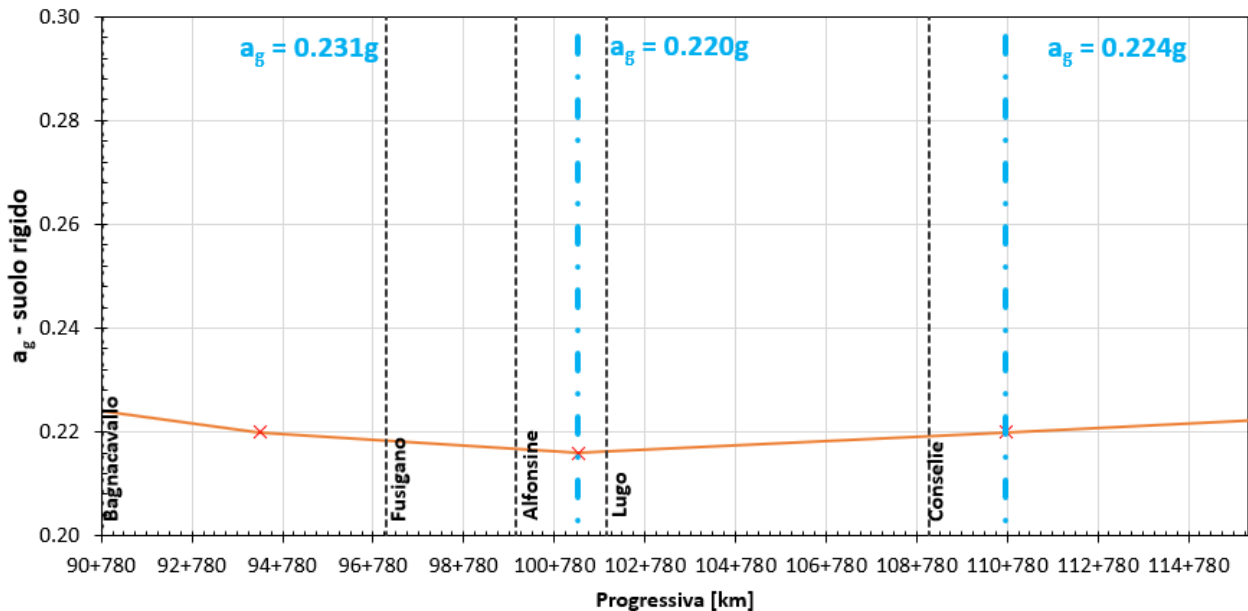


Figura 5-5: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 90+780 ÷ 116+113). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale, la linea azzurra la zonazione sulla base di a_g , mentre le linee tratteggiate nere individuano i confini comunali.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 56 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

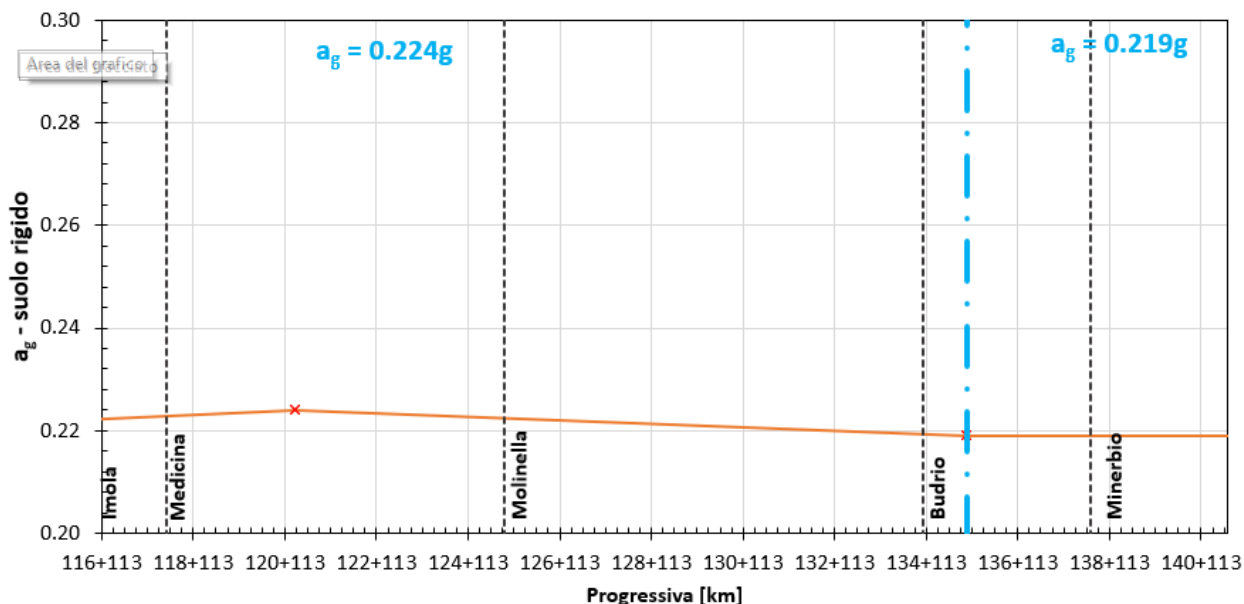


Figura 5-6: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 116+113 ÷ 140+691). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale, la linea azzurra la zonazione sulla base di a_g , mentre le linee tratteggiate nere individuano i confini comunali.

5.4.1 Risposta Sismica Locale su base NTC2018

Le NTC2018 definiscono il fattore di sito S come funzione sia della categoria di sottosuolo (S_s), sia dell'andamento della superficie topografica (S_T), come segue:

$$S = S_s \cdot S_T$$

La zonazione del tracciato di progetto rispetto alla risposta sismica locale dei terreni presenti è stata condotta innanzitutto identificando la Categoria di Sottosuolo sulla base dei dati delle indagini condotte in sito, con particolare riferimento alle indagini geofisiche (cfr. 5). In particolare, la determinazione della categoria di sottosuolo è stata condotta in funzione del valore medio della velocità di propagazione delle onde di taglio. ($V_{S,eq}$):

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} [m/s]$$

dove:

- H = profondità del tetto del bedrock sismico (i.e. strato con $V_s \geq 800$ m/s)
- h_i = spessore (in metri) dell' i -esimo strato.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 57 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

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

Qualora non si riscontri nei primi 30 m di profondità la presenza di un bedrock sismico vero e proprio, la determinazione della categoria di sottosuolo è stata condotta sempre in accordo alle NTC2018 in funzione del valore medio calcolato sui primi 30 m di profondità.

I profili di V_S di riferimento per ogni tratto sono stati determinati per via diretta dai risultati delle prove geofisiche di tipo MASW, disponibili lungo il tracciato. Inoltre, è stata eseguita una prospezione sismica in foro Down-Hole in corrispondenza del sondaggio S_023_SM_L allo scopo di verificare il dato della MASW 7.

Da Tabella 5-5 a Tabella 5-36 si riportano i valori di V_S riferiti ai profili delle prospezioni geofisiche ed il corrispettivo valore $V_{S,eq}$ per le prove eseguite lungo il tracciato. Si noti che al bedrock sismico è stato associato un valore di V_S pari a 800 m/s. Nei successivi paragrafi sono presentati gli approfondimenti relativi alla risposta sismica locale (e quindi all'azione sismica di progetto).

Sulla base delle informazioni disponibili, il tracciato può essere classificato generalmente in categoria B, C, D ed E. Nel dettaglio (NTC2018):

- Cat. B: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s."
- Cat. C: "Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s."
- Cat. D: "Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s."
- Cat. E: "Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m."

In Tabella 5-38 si riportano i coefficienti di amplificazione stratigrafica S_s da NTC2018 per i diversi tratti individuati.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 58 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-5: MASW1 – pk 0+850. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|----------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 259$ m/s |
| 0.0 | 3.40 | 213 |
| 3.40 | 7.00 | 324 |
| 7.00 | 30.00 | 800 |

Tabella 5-6: MASW2 – pk 1+150. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|----------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 498$ m/s |
| 0.0 | 3.80 | 366 |
| 3.80 | 10.00 | 640 |
| 10.00 | 30.00 | 800 |

Tabella 5-7: MASW3 – pk 7+325. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|----------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 460$ m/s |
| 0.0 | 7.60 | 380 |
| 7.60 | 14.00 | 613 |
| 14.00 | 30.00 | 800 |

Tabella 5-8: MASW4 – pk 7+730. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|----------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 488$ m/s |
| 0.0 | 3.60 | 350 |
| 3.60 | 4.80 | 455 |
| 4.80 | 9.20 | 760 |
| 9.20 | 30.00 | 800 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 59 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-9: MASW5 – 16+100. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 316 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 2.00 | 182 |
| 2.00 | 2.80 | 170 |
| 2.80 | 6.00 | 309 |
| 6.00 | 12.00 | 504 |
| 12.00 | 800 | 800 |

Tabella 5-10: MASW6 – 11+100. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 432 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 4.80 | 375 |
| 4.80 | 7.20 | 400 |
| 7.20 | 12.20 | 534 |
| 12.20 | 30.00 | 800 |

Tabella 5-11: MASW7 – 19+150. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 463 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 3.60 | 379 |
| 3.60 | 5.60 | 463 |
| 5.60 | 10.00 | 565 |
| 10.00 | 30.00 | 800 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 60 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-12: MASW8 – 21+600. Profilo di riferimento Valori di V_s per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | V_s (m/s) |
|----------------|-------|----------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 382$ m/s |
| 0.0 | 2.80 | 245 |
| 2.80 | 5.00 | 272 |
| 5.00 | 8.20 | 380 |
| 8.20 | 15.20 | 598 |
| 15.20 | 30.00 | 800 |

Tabella 5-13: MASW9 – 27+260. Profilo di riferimento Valori di V_s per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | V_s (m/s) |
|----------------|-------|----------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 344$ m/s |
| 0.0 | 2.00 | 270 |
| 2.00 | 5.40 | 410 |
| 5.40 | 11.40 | 860 |
| 11.40 | 30.00 | ≥ 860 |

Tabella 5-14: MASW10 – 36+200. Profilo di riferimento Valori di V_s per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | V_s (m/s) |
|----------------|-------|----------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 324$ m/s |
| 0.0 | 4.00 | 217 |
| 4.00 | 9.60 | 291 |
| 9.60 | 14.40 | 346 |
| 14.40 | 22.40 | 462 |
| 22.40 | 30.00 | 800 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 61 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-15 :MASW11 – 44+770. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 454 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 4.00 | 302 |
| 4.00 | 7.50 | 444 |
| 7.50 | 13.00 | 652 |
| 13.00 | 30.00 | 800 |

Tabella 5-16: MASW12 – pk. 57+550km. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità.

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 238 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 4.30 | 146 |
| 4.30 | 8.30 | 176 |
| 8.30 | 21.50 | 270 |
| 21.50 | 30.0 | 351 |

Tabella 5-17: MASW13 – pk. 59+220km. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità.

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 201 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 6.50 | 141 |
| 6.50 | 11.50 | 158 |
| 11.50 | 16.50 | 203 |
| 16.50 | 30.0 | 290 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 62 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-18: MASW14 – pk. 68+525km. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità.

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 210 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 4.00 | 166 |
| 4.00 | 6.00 | 120 |
| 6.00 | 11.20 | 165 |
| 11.20 | 22.10 | 243 |
| 22.10 | 30.0 | 308 |

Tabella 5-19: MASW15 – pk. 78+160km. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità.

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 183 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 2.00 | 136 |
| 2.00 | 13.00 | 146 |
| 13.00 | 28.00 | 224 |
| 28.00 | 30.0 | 298 |

Tabella 5-20: MASW16 – pk. 84+620km. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità.

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 189 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 2.20 | 137 |
| 2.20 | 6.70 | 140 |
| 6.70 | 11.90 | 159 |
| 11.90 | 18.30 | 192 |
| 18.30 | 30.0 | 261 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 63 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-21: MASW17 – pk. 85+280km. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità.

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 191 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 3.50 | 140 |
| 3.50 | 14.50 | 155 |
| 14.50 | 19.00 | 218 |
| 19.00 | 30.0 | 270 |

Tabella 5-22: MASW18 – pk. 94+250km. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità.

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 167 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 5.00 | 105 |
| 5.00 | 10.50 | 123 |
| 10.50 | 23.00 | 210 |
| 23.00 | 30.0 | 250 |

Tabella 5-23: MASW19 – pk. 101+265km. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità.

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 206 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 4.50 | 107 |
| 4.50 | 9.50 | 175 |
| 9.50 | 16.00 | 219 |
| 16.00 | 26.50 | 300 |
| 26.50 | 30.0 | 351 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 64 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-24: MASW20 – pk. 110+580km. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità.

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 174 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 5.50 | 106 |
| 5.50 | 11.50 | 147 |
| 11.50 | 19.00 | 187 |
| 19.00 | 30.0 | 280 |

Tabella 5-25: MASW21 – pk. 110+900km. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità.

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 194 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 2.00 | 106 |
| 2.00 | 7.50 | 116 |
| 7.50 | 22.50 | 232 |
| 22.50 | 30.00 | 313 |

Tabella 5-26: MASW22 – 120+230. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità.

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 175 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 2.50 | 118 |
| 2.50 | 6.50 | 121 |
| 6.50 | 12.50 | 150 |
| 12.50 | 22.00 | 201 |
| 22.00 | 29.00 | 258 |
| 29.00 | 30.0 | 358 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 65 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-27: MASW23 – pk. 134+730km. Profilo di rifer5-28imento Valori di Vs per intervallo di profondità.

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 246 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 2.00 | 150 |
| 2.00 | 9.00 | 192 |
| 9.00 | 16.00 | 237 |
| 16.00 | 22.00 | 291 |
| 22.00 | 30.0 | 360 |

Tabella 5-29: MASW24 – pk. 135+220km. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità.

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 198 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 3.00 | 134 |
| 3.00 | 16.00 | 170 |
| 16.00 | 28.00 | 260 |
| 28.00 | 30.0 | 300 |

Tabella 5-30: MASW25 – 4+240 Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|-------------------|
| da | a | |
| | | 355 m/s |
| 0.0 | 4.00 | 285 |
| 4.00 | 6.40 | 408 |
| 6.40 | 8.80 | 463 |
| 8.80 | 30.00 | 800 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 66 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-31: MASW26 – 6+100. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 400 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 8.30 | 301 |
| 8.30 | 16.30 | 437 |
| 16.30 | 23.30 | 577 |
| 23.30 | 30.00 | 800 |

Tabella 5-32: MASW27 – 12+640. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 465 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 2.60 | 285 |
| 2.60 | 6.90 | 600 |
| 6.90 | 9.00 | 685 |
| 9.00 | 30.00 | 800 |

Tabella 5-33: MASW28 – 23+810. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | Vs (m/s) |
|----------------|-------|------------------------------|
| da | a | |
| | | $V_{S,30} = 224 \text{ m/s}$ |
| 0.0 | 2.80 | 134 |
| 2.80 | 9.00 | 203 |
| 9.00 | 19.00 | 298 |
| 19.00 | 30.00 | 800 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 67 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-34: MASW29 – 32+340. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | V _s (m/s) |
|----------------|-------|-----------------------------|
| da | a | V _{S,30} = 333 m/s |
| 0.0 | 2.40 | 266 |
| 2.40 | 5.60 | 306 |
| 5.60 | 8.10 | 525 |
| 8.10 | 30.00 | 800 |

Tabella 5-35: MASW30 – 41+630. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | V _s (m/s) |
|----------------|-------|-----------------------------|
| da | a | V _{S,30} = 305 m/s |
| 0.0 | 5.40 | 250 |
| 5.40 | 9.40 | 339 |
| 9.40 | 11.90 | 305 |
| 11.90 | 15.10 | 407 |
| 15.10 | 30.00 | 800 |

Tabella 5-36: MASW31 – pk 52+720km. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | V _s (m/s) |
|----------------|-------|-----------------------------|
| da | a | V _{S,30} = 245 m/s |
| 0.0 | 9.90 | 170 |
| 9.90 | 14.40 | 249 |
| 14.40 | 26.40 | 324 |
| 26.40 | 30.0 | 388 |

Tabella 5-37: DH S_023_SM_L – pk 19+150km. Profilo di riferimento Valori di Vs per intervallo di profondità

| Profondità (m) | | V _s (m/s) |
|----------------|-------|--------------------------------|
| da | a | V _{S,30} = 552,48 m/s |
| 0.0 | 7.00 | 338 |
| 7.00 | 29.00 | 669 |

| | | | | |
|---|--|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | | Pag. 68 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-38: Coefficienti di amplificazione stratigrafica S_s lungo il tracciato.

| Comune | Progressiva | | Punto di riferimento | Categoria di Sottosuolo | Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s |
|----------------------|-------------|---------|----------------------|-------------------------|--|
| | da [km] | a [km] | | | |
| Sestino | 0+000 | 2+649 | 2 | E | 1.324 |
| Pennabilli | 2+649 | 4+510 | | | |
| Castel delci | 4+510 | 4+863 | | | |
| Badia Tedalda | 4+863 | 6+000 | | | |
| | 6+000 | 9+982 | 7 | B | 1.156 |
| Sant'Agata Feltria | 9+982 | 12+676 | | | |
| Castel delci | 12+250 | 12+500 | 9 | B | 1.155 |
| | 12+500 | 12+676 | | | |
| Sant'Agata Feltria | 12+676 | 21+780 | 15 | E | 1.316 |
| Sarsina | 21+780 | 23+715 | | | |
| | 23+715 | 24+071 | | | |
| Sant'Agata Feltria | 24+071 | 25+055 | | | |
| Sarsina | 25+055 | 26+347 | 17 | C | 1.330 |
| Sogliano al Rubicone | 26+347 | 27+727 | | | |
| Sogliano al Rubicone | 30+885 | 31+858 | | | |
| Mercato Saraceno | 31+858 | 36+465 | | | |
| Sogliano al Rubicone | 36+465 | 37+492 | 19 | C | 1.346 |
| Roncofreddo | 37+947 | 39+424 | | | |
| Mercato Saraceno | 39+424 | 40+201 | | | |
| Cesena | 40+201 | 41+642 | | | |
| | 41+642 | 59+550 | 21 | D | 1.561 |
| Bertinoro | 59+550 | 61+827 | | | |
| Forlimpopoli | 61+827 | 63+214 | 24 | D | 1.581 |
| Forlì | 63+214 | 68+767 | | | |
| Ravenna | 68+767 | 81+080 | 21 | D | 1.561 |
| Russi | 81+080 | 81+704 | | | |
| Ravenna | 81+704 | 82+980 | | | |
| Russi | 82+980 | 84+900 | | | |
| | 84+900 | 87+287 | 21 | D | 1.561 |
| Ravenna | 87+287 | 90+780 | | | |
| Bagnacavallo | 90+780 | 97+073 | 24 | D | 1.581 |
| Fusignano | 97+073 | 101+311 | | | |
| Alfonsine | 101+311 | 105+000 | 24 | D | 1.581 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 69 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

| Comune | Progressiva | | Punto di riferimento | Categoria di Sottosuolo | Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s |
|-----------|-------------|---------|----------------------|-------------------------|--|
| | da [km] | a [km] | | | |
| Lugo | 105+000 | 111+780 | 25 | D | 1.573 |
| Conselice | 111+780 | 116+113 | | | |
| Imola | 116+113 | 117+538 | | | |
| Medicina | 117+538 | 124+917 | | | |
| Molinella | 124+917 | 134+700 | | | |
| Budrio | 134+700 | 135+560 | 26 | C | 1.374 |
| | 135+560 | 137+698 | | | |
| Minerbio | 137+698 | 140+691 | | | |

Per quanto riguarda le modifiche all'azione sismica conseguenti a effetti di natura topografica, con riferimento alle prescrizioni di NTC2018 riportate in Tabella 5-39 ed in funzione dei siti attraversati dal tracciato di progetto, sono stati valutati i coefficienti di amplificazione S_T per i diversi tratti. In particolare, nel primo tratto del metanodotto dal km 0+000 al km 23+715 la morfologia del territorio richiede di tenere in conto gli effetti di amplificazione topografica con i fattori riportati di seguito. Per la parte di opera da pk 23+201 sino a fine tratta, settore in cui l'opera passa da fondovalle a pianura, si è generalmente in condizioni di categoria topografica T1 con S_T pari a 1.

Sulla base di quanto sopra in Tabella 5-40 si riportano i fattori S_s , S_T e l'azione sismica di progetto a_{max} per il periodo di ritorno di SLV ($V_R=100$ anni, $T_R=949$ anni) per ciascun tratto individuato.

Quale riassunto, da Figura 5-9 a Figura 5-12 viene mostrato, oltre alla variazione del parametro a_g su suolo rigido, le categorie di suolo e le categorie topografiche per ciascun punto di interesse, fino al valore di a_{max} calcolato su base NTC2018 per ciascun tratto.

Tabella 5-39: Valori coefficiente di amplificazione topografica S_T , da Tab.3.2.V NTC2018.

| Categoria Topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento | S_T |
|-----------------------|---|-------|
| T1 | - | 1.0 |
| T2 | In corrispondenza della sommità del pendio | 1.2 |
| T3 | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30° | 1.2 |
| T4 | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore a 30° | 1.4 |

| | | | | |
|---|--|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | | Pag. 70 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-40: Coefficienti di sito S e accelerazione di progetto a_{max} per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV ($V_R = 100$ anni, $T_R = 949$ anni).

| Comune | Progressiva | | Punto di riferimento | Categoria di Sottosuolo | a_g (g) su suolo rigido | S_s | S_T | a_{max} (g) |
|----------------------|-------------|--------|----------------------|-------------------------|---------------------------|-------|-------|---------------|
| | da [km] | a [km] | | | | | | |
| Sestino | 0+000 | 2+649 | 2 | E | 0.249 | 1.324 | T3 | 0.391 |
| Pennabilli | 2+649 | 4+510 | | | | | | |
| Casteldelci | 4+510 | 4+863 | | | | | | |
| Badia Tedalda | 4+863 | 6+000 | | | | | | |
| | 6+000 | 9+982 | 7 | B | 0.245 | 1.156 | T3 | 0.340 |
| Sant'Agata Feltria | 9+982 | 12+676 | | | | | | |
| Casteldelci | 12+250 | 12+500 | | | | | | |
| | 12+500 | 12+676 | 9 | B | 0.245 | 1.155 | T4 | 0.396 |
| Sant'Agata Feltria | 12+676 | 21+780 | | | | | | |
| Sarsina | 21+780 | 23+715 | | | | | | |
| | 23+715 | 24+071 | | | | | | |
| Sant'Agata Feltria | 24+071 | 25+055 | 15 | E | 0.247 | 1.316 | T1 | 0.333 |
| Sarsina | 25+055 | 26+347 | | | | | | |
| Sogliano al Rubicone | 26+347 | 27+727 | | | | | | |
| Sogliano al Rubicone | 30+885 | 31+858 | | | | | | |
| Mercato Saraceno | 31+858 | 36+465 | | | | | | |
| Sogliano al Rubicone | 36+465 | 37+492 | | | | | | |
| | 37+947 | 39+424 | 17 | C | 0.253 | 1.330 | T1 | 0.336 |
| Mercato Saraceno | 39+424 | 40+201 | | | | | | |
| Cesena | 40+201 | 41+642 | | | | | | |
| | 41+642 | 59+550 | | | | | | |
| Bertinoro | 59+550 | 61+827 | | | | | | |
| Forlimpopoli | 61+827 | 63+214 | | | | | | |
| | 63+214 | 68+767 | 19 | C | 0.243 | 1.346 | T1 | 0.327 |
| Ravenna | 68+767 | 81+080 | | | | | | |
| Russi | 81+080 | 81+704 | | | | | | |
| Ravenna | 81+704 | 82+980 | | | | | | |
| | 82+980 | 84+900 | 21 | D | 0.213 | 1.561 | T1 | 0.361 |
| Russi | 84+900 | 87+287 | | | | | | |
| Ravenna | 87+287 | 90+780 | | | | | | |
| Bagnacavallo | 90+780 | 97+073 | | | | | | |

| | | | | |
|---|--|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | | Pag. 71 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-40: Coefficienti di sito S e accelerazione di progetto a_{max} per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV ($V_R = 100$ anni, $T_R = 949$ anni).

| Comune | Progressiva | | Punto di riferimento | Categoria di Sottosuolo | a_g (g) su suolo rigido | S_s | S_T | a_{max} (g) |
|-----------|-------------|---------|----------------------|-------------------------|---------------------------|-------|-------|---------------|
| | da [km] | a [km] | | | | | | |
| Fusignano | 97+073 | 101+311 | 24 | D | 0.220 | 1.581 | T1 | 0.348 |
| Alfonsine | 101+311 | 105+000 | | | | | | |
| Lugo | 105+000 | 111+780 | | | | | | |
| Conselice | 111+780 | 116+113 | 25 | D | 0.224 | 1.573 | T1 | 0.352 |
| Imola | 116+113 | 117+538 | | | | | | |
| Medicina | 117+538 | 124+917 | | | | | | |
| Molinella | 124+917 | 134+700 | | | | | | |
| Budrio | 134+700 | 135+560 | 26 | C | 0.219 | 1.374 | T1 | 0.301 |
| | | 135+560 | | | | | | |
| Minerbio | 137+698 | 140+691 | | | | | | |

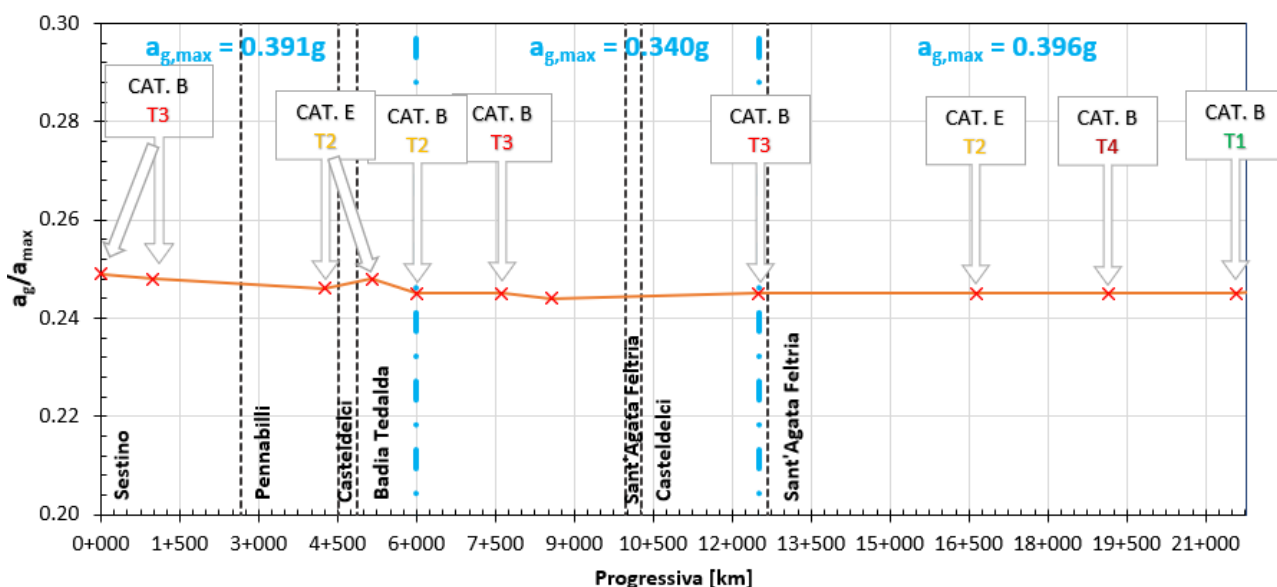


Figura 5-7: Andamento di a_{max} (NTC2018) lungo il tracciato (PK 0+000 ÷ 21+780). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le linee nere tratteggiate individuano i limiti comunali. Si riportano le categorie di sottosuolo e topografiche e, in azzurro, il valore di a_{max} di riferimento per il tratto calcolato su base NTC2018.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 72 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

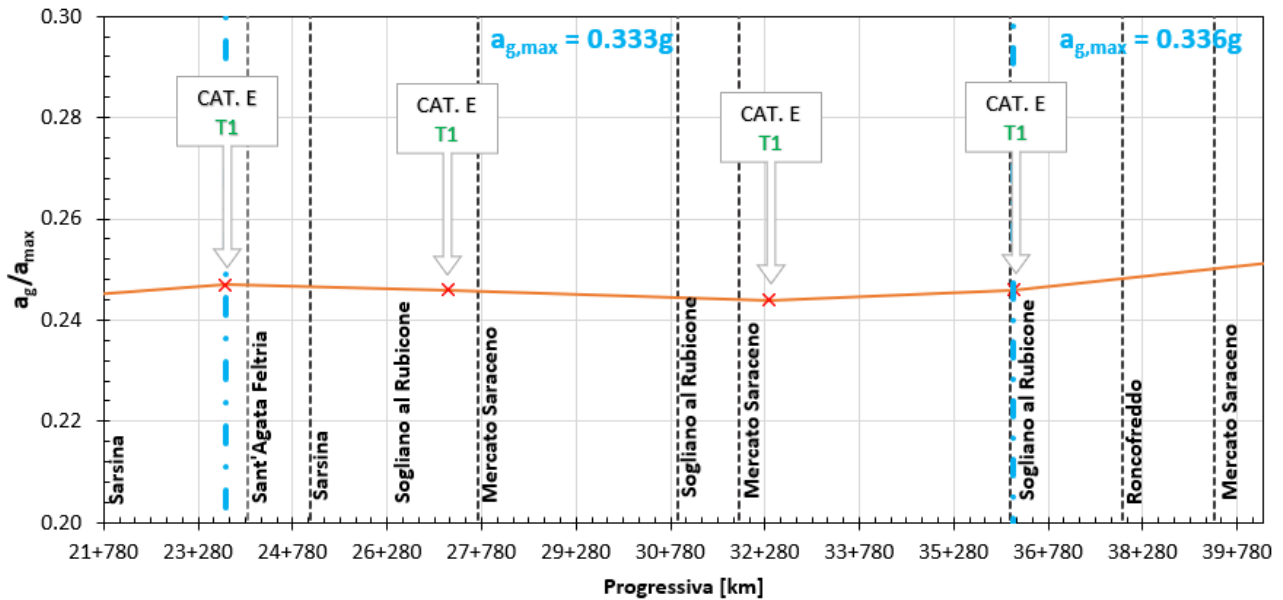


Figura 5-8: Andamento di a_{max} (NTC2018) lungo il tracciato (PK 21+780 ÷ 40+201). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le linee nere tratteggiate individuano i limiti comunali. Si riportano le categorie di sottosuolo e topografiche e, in azzurro, il valore di a_{max} di riferimento per il tratto calcolato su base NTC2018.

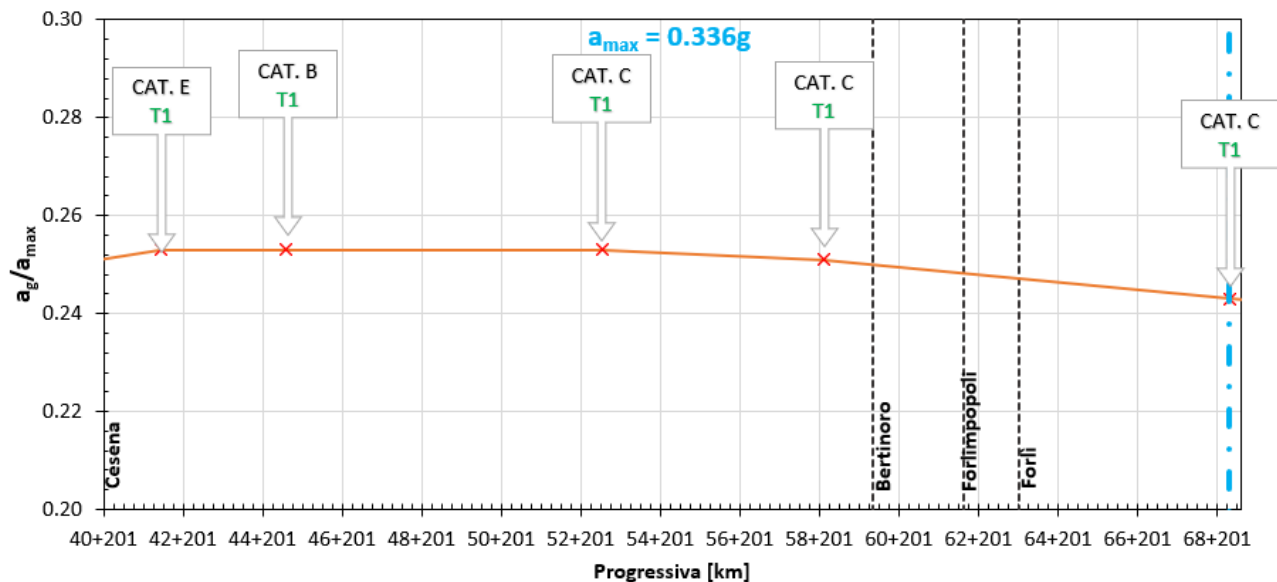


Figura 5-9: Andamento di a_{max} (NTC2018) lungo il tracciato (PK 40+201 ÷ 68+767). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le linee nere tratteggiate individuano i limiti comunali. Si riportano le categorie di sottosuolo e topografiche e, in azzurro, il valore di a_{max} di riferimento per il tratto calcolato su base NTC2018.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 73 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

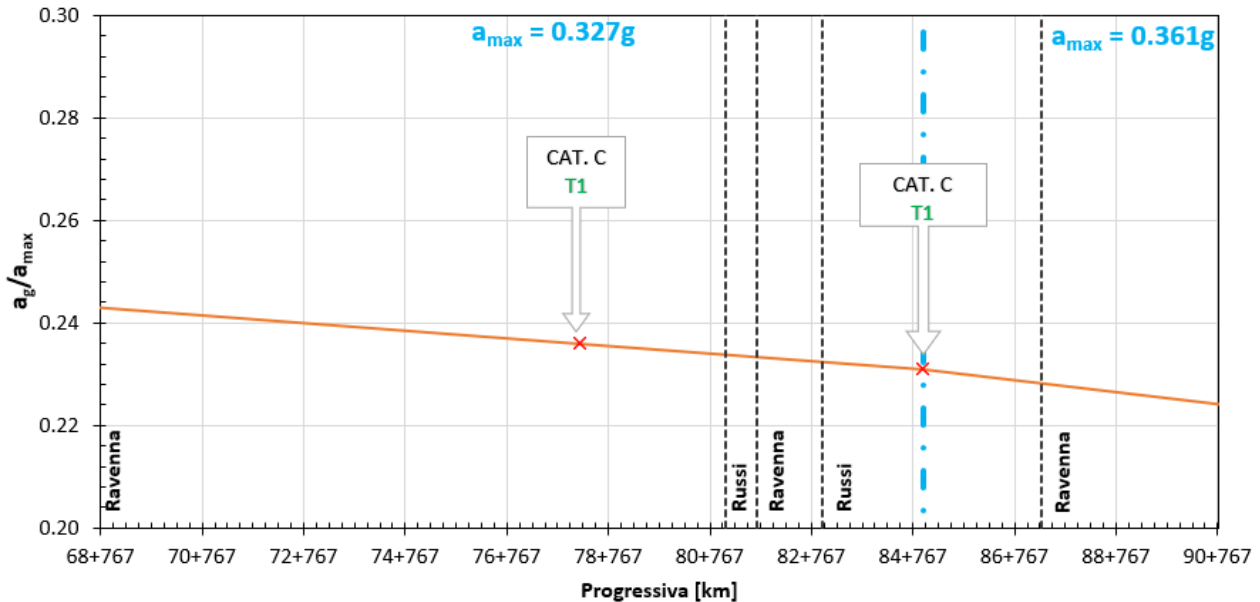


Figura 5-10: Andamento di a_{max} (NTC2018) lungo il tracciato (PK 68+767 ÷ 90+780). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le linee nere tratteggiate individuano i limiti comunali. Si riportano le categorie di sottosuolo e topografiche e, in azzurro, il valore di a_{max} di riferimento per il tratto calcolato su base NTC2018.

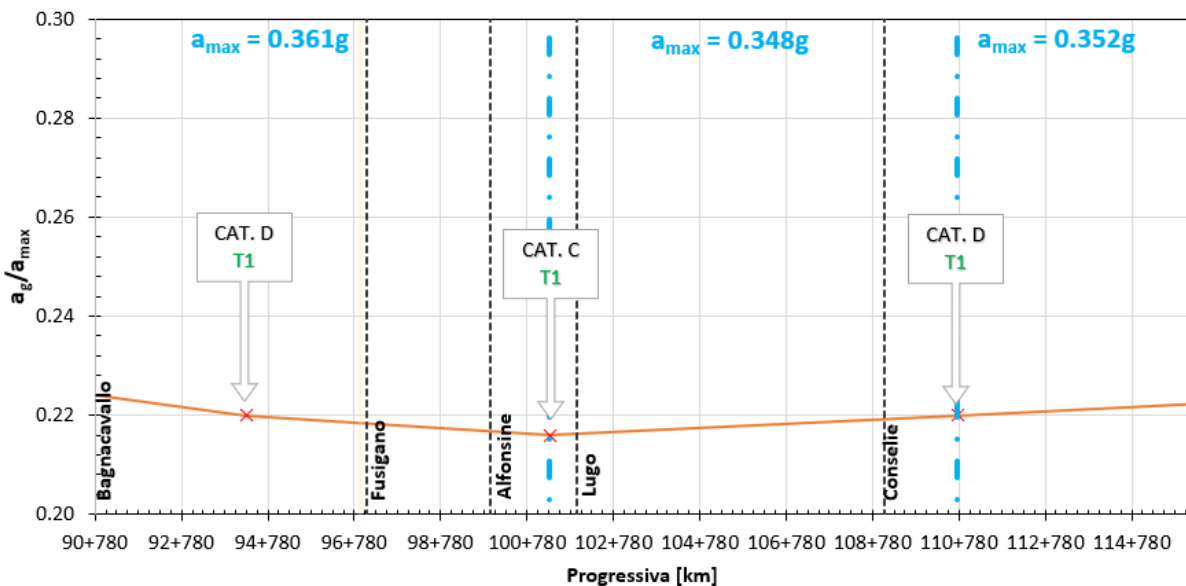


Figura 5-11: Andamento di a_{max} (NTC2018) lungo il tracciato (PK 90+780 ÷ 116+113). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le linee nere tratteggiate individuano i limiti comunali. Si riportano le categorie di sottosuolo e topografiche e, in azzurro, il valore di a_{max} di riferimento per il tratto calcolato su base NTC2018.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 74 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

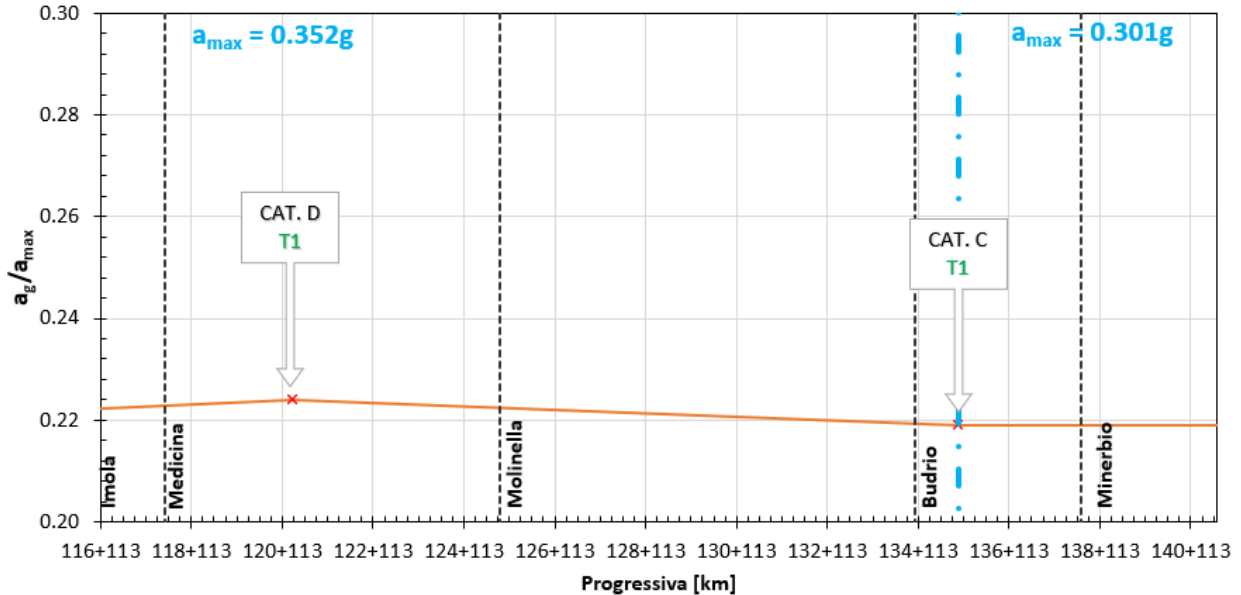


Figura 5-12: Andamento di a_{max} (NTC2018) lungo il tracciato (PK 116+113 ÷ 140+691). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le linee nere tratteggiate individuano i limiti comunali. Si riportano le categorie di sottosuolo e topografiche e, in azzurro, il valore di a_{max} di riferimento per il tratto calcolato su base NTC2018

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 75 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

5.5 Approfondimento RSL su base regionale

Nella valutazione dell'effetto della risposta sismica locale sulla azione sismica di progetto, oltre a quanto definito nel paragrafo precedente con riferimento alle NTC2018, deve essere fatto riferimento al corpo normativo delle Regioni Emilia Romagna e Toscana.

In particolare, per il tratto di opera transitante nel territorio della Regione Toscana, con Delibera di GRT n. 977 del 27 settembre 2021 [15] vengono definite le specifiche tecniche per l'elaborazione di indagini e studi di Microzonazione Sismica (MS) e prescrizione per le analisi della Condizione Limite per l'Emergenza e relative Appendici.

Per quanto riguarda il tratto di metanodotto afferente alla Regione Emilia-Romagna, va considerato il DGR 476/2021 e DGR integrativa n. 564/2021 [14], con i seguenti allegati:

- Allegato A1: Indicazioni per l'elaborazione della cartografia delle aree suscettibili di effetti locali (Livello I di approfondimento).
- Allegato A2: Tabelle e formule per la stima dei fattori di amplificazione sismica per la microzonazione sismica (Livello II di approfondimento).
- Allegato A3: Procedure di riferimento per le analisi di Livello III di approfondimento.
- Allegato A4: Segnali di riferimento per la stima della risposta sismica locale negli studi di microzonazione sismica di Livello III di approfondimento.

Generalmente, si identificano a livello normativo due fasi e tre livelli di approfondimento della risposta sismica locale da seguire nella predisposizione degli strumenti di governo del territorio, ma di fatto cogenti:

- La prima fase di analisi è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, ovvero a identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (Livello I). È basata su osservazioni geologiche, geomorfologiche e sismiche a scala territoriale. Viene attuata nell'ambito della pianificazione a scala di area vasta provinciale e recepita in maggior dettaglio a livello comunale;
- La seconda fase di analisi ha come obiettivo la microzonazione sismica (MS) del territorio indagato, secondo due ulteriori livelli di approfondimento:
 - Analisi semplificata (Livello II di approfondimento) applicabile nel caso di aree pianeggianti e sub-pianeggianti, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, ovvero in tutte le zone in cui il modello stratigrafico possa essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale. Questo livello di analisi prevede l'analisi della

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 76 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

pericolosità sismica locale attraverso prove geofisiche e geotecniche in sito. L'amplificazione del moto sismico viene determinata attraverso l'impiego di tabelle e formule;

- Analisi approfondita (Livello III di approfondimento), da applicare nelle zone in cui l'analisi semplificata non risulti sufficiente per la microzonazione sismica. L'analisi approfondita si basa sull'esecuzione di una analisi di risposta sismica locale attraverso metodi numerici.

In particolare, la Regione Emilia-Romagna (cfr. par. 2.1 della Rif. Doc. [14]) prevede i seguenti livelli di approfondimento:

- Livello II di approfondimento si applica a tutto il territorio (a scala provinciale o metropolitana) attraversato dall'infrastruttura (per la quale il livello II è obbligatorio).
- Livello III di approfondimento per:
 - Aree suscettibili di liquefazione o densificazione;
 - Aree di versante instabili o potenzialmente instabili (non presenti lungo il tracciato afferente il territorio della Regione Emilia-Romagna).

La Regione Toscana fa invece riferimento al DPC-CRPA 2008 [16] che prevede una valutazione di II livello con caratterizzazione quantitativa dei fenomeni di amplificazione attesa nella zone "stabili suscettibili di amplificazione", per le quali (genericamente) *un approccio semplificato possa avere significato (situazioni litostratigrafiche caratterizzate da alternanza di formazioni lungo superfici di discontinuità con buona approssimazione piane e orizzontali)*. Il Livello III di approfondimento viene applicato invece nelle *zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nei casi di situazioni geologiche e geotecniche complesse, non risolvibili con l'uso degli abachi, o qualora l'estensione della zona in studio renda conveniente un'analisi globale di dettaglio o, infine, per opere di particolare importanza e nelle zone suscettibili di instabilità particolarmente gravose per complessità del fenomeno e/o diffusione areale, non risolvibili con l'uso di metodologie speditive*.

Nel seguito si entra nel merito dei suddetti approfondimenti.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 77 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

5.5.1 Approfondimento di II livello

L'approfondimento di II livello è richiesto da tutti i comuni attraversati dall'opera in progetto, data la classe dell'opera. Innanzitutto, sono stati reperiti i seguenti documenti e informazioni dai Piani di Governo del Territorio emessi dai comuni:

- Carta delle velocità delle onde di taglio.
- Carta di microzonazione sismica, con stima dell'amplificazione sismica eseguita tramite procedure semplificate in termini di PGA, SA1, SA2, SA3, SA4, SI1, SI2 e SI3, associate all'amplificazione stratigrafica.
- Carta della distribuzione sul territorio dei valori di HSM, che esprime lo scuotimento atteso al sito.
- Perimetrazione di dettaglio delle aree da assoggettare a approfondimenti di III livello.

Per i tratti attraversati dall'infrastruttura prive della suddetta documentazione, è stata eseguita nel presente studio una analisi di II livello mediante approccio semplificato, in accordo alle indicazioni delle Norme Regionali in vigore. Le due regioni interessate dal metanodotto adottano una procedura affine che è descritta nel dettaglio nei seguenti documenti:

- Emilia-Romagna: par. 4.1 della Rif. Doc. [14], assieme a tabelle, formule e procedure indicate in Allegato A2.
- Toscana: si fa riferimento al Rif. Doc. [15], assieme agli abachi regionali riportati in Appendice 5.

Le tabelle riportate negli allegati sopra citati permettono di calcolare i fattori di amplificazione sismica (FA) rispetto al suolo rigido di riferimento. I valori di FA rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A ($V_{s,eq} \geq 800$ m/s) per diverse ordinate spettrali. Qui si farà diretto riferimento al fattore di amplificazione dell'accelerazione di picco orizzontale (FA_{PGA}).

Regione Emilia-Romagna

La regione Emilia-Romagna ha prodotto le tabelle con i valori FA considerando un periodo di ritorno $T_R = 475$ anni (corrispondente ad una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) ed uno smorzamento $\zeta = 5\%$. Si considera qui l'utilizzo di tali tabelle cautelativo per periodi di ritorno più lunghi.

La scelta delle tabelle per la stima dell'amplificazione sismica non dipende dalle sole caratteristiche litologiche e morfologiche dell'area, ma deve essere attentamente valutata sulla base delle

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 78 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo come profondità e tipo di substrato. Per l'utilizzo di tali tabelle è stato necessario determinare la stratigrafia del sottosuolo, con particolare riferimento allo spessore H del deposito di copertura e quindi alla profondità del *bedrock* sismico, e alla velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_{sH} e V_{s30}) del deposito di copertura. Determinati i due valori, è immediato ricavare il fattore di amplificazione da applicare.

È richiesta inoltre la valutazione degli effetti topografici, secondo quanto indicato nell'Allegato A2, punto A2.2.

Regione Toscana

La regione Toscana ha realizzato nell'ambito degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica [16] degli abachi finalizzati alla caratterizzazione quantitativa dei fenomeni di amplificazione attesa nelle zone "stabili suscettibili di amplificazione". In tali tabelle vengono indicati i valori attesi dell'amplificazione del moto sismico (FA, ovvero "Fattore di Amplificazione"), relativi ad un periodo di ritorno $T_R = 475$ anni, associati alla macroarea in cui è stato suddiviso il territorio regionale ed alla profondità del basamento sismico, distinguendo le zone con *bedrock* sismico di riferimento a profondità maggiore o minore a 30m. Gli abachi, inoltre, tengono in considerazione della tipologia di input sismico, con riferimento a differenti classi di accelerazione di picco media.

I comuni attraversati dall'infrastruttura rientrano nella cosiddetta area "Toscana Appenninica".

La scelta dell'abaco più idoneo al contesto sismo-stratigrafico necessita di due parametri di input: il periodo fondamentale di vibrazione del sito (T_0 , o la corrispondente frequenza fondamentale f_0) e il valore della velocità media delle Onde S nei primi 30 metri di sottosuolo ($V_{s,30}$), o il valore della velocità media delle onde S fino al tetto del *bedrock* sismico (V_{sH}), se questo è riscontrato a meno di 30 m dalla superficie.

I valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica estratti dalle carte di microzonazione di II livello in termini di $F_{a,PGA}$ (fattore di amplificazione della accelerazione di picco) o calcolati secondo la procedura indicata dalle normative regionali sono riportati in Tabella 5-41. Il coefficiente di amplificazione topografica varia lungo il tracciato di progetto per le caratteristiche morfologiche e topografiche del sito attraversato.

Da Figura 5-15 a Figura 5-18 è riportato l'andamento di a_{max} calcolato sulla base dell'analisi di II livello per il tracciato.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 79 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-41: Valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica
 $F_{A,PGA}$

| Comune | da | a | $F_{A,PGA}$ | $a_{g,max}$ Il livello |
|----------------------|--------|--------|-------------|---------------------------|
| | [km] | | | |
| Sestino | 0+000 | 1+000 | 1.9 | 0.568 |
| | 1+000 | 2+649 | 1.7 | 0.508 |
| Pennabilli | 2+649 | 4+000 | 1.5 | 0.448 |
| | 4+000 | 4+200 | 2.1 | 0.627 |
| | 4+200 | 4+510 | 1.5 | 0.448 |
| Casteldelci | 4+510 | 4+863 | 1.4 | 0.418 |
| Badia Tedalda | 4+863 | 5+000 | 1.7 | 0.508 |
| | 5+000 | 5+360 | 1.7 | 0.508 |
| | 5+360 | 7+000 | 1.7 | 0.508 |
| | 7+000 | 9+982 | 1.7 | 0.500 |
| Sant'Agata Feltria | 9+982 | 12+676 | 1.2 | 0.353 |
| Casteldelci | 12+250 | 12+500 | 1.2 | 0.353 |
| | 12+500 | 12+676 | 1.2 | 0.353 |
| Sant'Agata Feltria | 12+676 | 15+260 | 1.2 | 0.353 |
| | 15+260 | 16+360 | 1.8 | 0.529 |
| | 16+360 | 18+000 | 1.4 | 0.412 |
| | 18+000 | 20+700 | 1.2 | 0.412 |
| | 20+700 | 21+780 | 1.6 | 0.392 |
| Sarsina | 21+780 | 23+000 | 1.6 | 0.395 |
| | 23+000 | 23+715 | 2.0 | 0.494 |
| Sarsina | 23+715 | 24+071 | 2.0 | 0.494 |
| Sant'Agata Feltria | 24+071 | 25+000 | 2.0 | 0.490 |
| | 25+000 | 25+055 | 1.4 | 0.346 |
| Sarsina | 25+055 | 25+720 | 2.0 | 0.494 |
| | 25+720 | 26+347 | 1.4 | 0.346 |
| Sogliano al Rubicone | 26+347 | 27+727 | 2.2 | 0.543 |
| Mercato Saraceno | 27+727 | 28+410 | 1.8 | 0.445 |
| | 28+410 | 28+830 | 1.6 | 0.395 |
| | 28+830 | 29+280 | 1.8 | 0.445 |
| | 29+280 | 29+530 | 2.0 | 0.494 |
| | 29+530 | 30+000 | 1.8 | 0.445 |
| | 30+000 | 30+885 | 2.0 | 0.494 |
| Sogliano al Rubicone | 30+885 | 31+858 | 2.2 | 0.543 |
| Mercato Saraceno | 31+858 | 32+660 | 1.7 | 0.420 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 80 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-41: Valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica
 $F_{a,PGA}$

| Comune | da | a | $F_{a,PGA}$ | $a_{g,max}$ Il livello |
|----------------------|---------|---------|-------------|---------------------------|
| | [km] | | | |
| | 32+660 | 35+980 | 2.2 | 0.543 |
| | 35+980 | 36+465 | 1.9 | 0.469 |
| Sogliano al Rubicone | 36+465 | 36+940 | 2.2 | 0.557 |
| | 36+940 | 37+250 | 1.6 | 0.405 |
| | 37+250 | 37+480 | 2.2 | 0.557 |
| | 37+947 | 37+492 | 1.6 | 0.405 |
| Roncofreddo | 37+947 | 39+424 | 2.2 | 0.557 |
| Mercato Saraceno | 39+424 | 40+201 | 2.0 | 0.506 |
| Cesena | 40+201 | 41+642 | 1.6 | 0.405 |
| | 40+201 | 55+141 | 1.6 | 0.405 |
| | 55+141 | 55+481 | 1.8 | 0.455 |
| | 55+481 | 59+550 | 1.6 | 0.405 |
| Bertinoro | 59+550 | 61+827 | 1.7 | 0.430 |
| Forlimpopoli | 61+827 | 63+214 | 1.6 | 0.405 |
| Forlì | 63+214 | 68+767 | 1.5 | 0.380 |
| Ravenna | 68+767 | 69+518 | 1.3 | 0.316 |
| | 69+518 | 70+300 | 1.7 | 0.413 |
| | 70+300 | 73+740 | 1.3 | 0.316 |
| | 73+740 | 76+700 | 1.7 | 0.413 |
| | 76+700 | 81+080 | 1.3 | 0.316 |
| Russi | 81+080 | 81+704 | 1.3 | 0.316 |
| Ravenna | 81+704 | 82+980 | 1.3 | 0.316 |
| Russi | 82+980 | 84+000 | 1.3 | 0.316 |
| | 84+000 | 84+900 | 1.8 | 0.437 |
| | 84+900 | 86+000 | 1.8 | 0.416 |
| | 86+000 | 87+287 | 1.3 | 0.300 |
| Ravenna | 87+287 | 90+780 | 1.3 | 0.300 |
| Bagnacavallo | 90+780 | 91+000 | 1.4 | 0.323 |
| | 91+000 | 92+523 | 1.3 | 0.300 |
| | 92+523 | 93+000 | 1.4 | 0.323 |
| | 93+000 | 97+073 | 1.3 | 0.300 |
| Fusignano | 97+073 | 97+193 | 1.3 | 0.300 |
| | 97+193 | 101+311 | 1.3 | 0.300 |
| Alfonsine | 101+311 | 105+000 | 1.7 | 0.374 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 81 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-41: Valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica $F_{A,PGA}$.

| Comune | da [km] | a [km] | $F_{A,PGA}$ | $a_{g,max}$ Il livello |
|-----------|------------|-----------|-------------|---------------------------|
| Lugo | 105+000 | 107+735 | 1.4 | 0.308 |
| | 107+735 | 111+780 | 1.7 | 0.374 |
| Conselice | 111+780 | 116+113 | 1.7 | 0.381 |
| Imola | 116+113 | 117+538 | 1.7 | 0.381 |
| Medicina | 117+538 | 124+917 | 1.7 | 0.381 |
| Molinella | 124+917 | 127+000 | 1.7 | 0.381 |
| | 127+000 | 127+830 | 1.8 | 0.403 |
| | 127+830 | 134+700 | 1.7 | 0.381 |
| Budrio | 134+700 | 135+560 | 1.8 | 0.403 |
| | 135+560 | 137+698 | 1.7 | 0.372 |
| Minerbio | 137+698 | 139+470 | 1.7 | 0.372 |
| | 139+470 | 140+180 | 1.4 | 0.307 |
| | 140+180 | 140+691 | 1.7 | 0.372 |

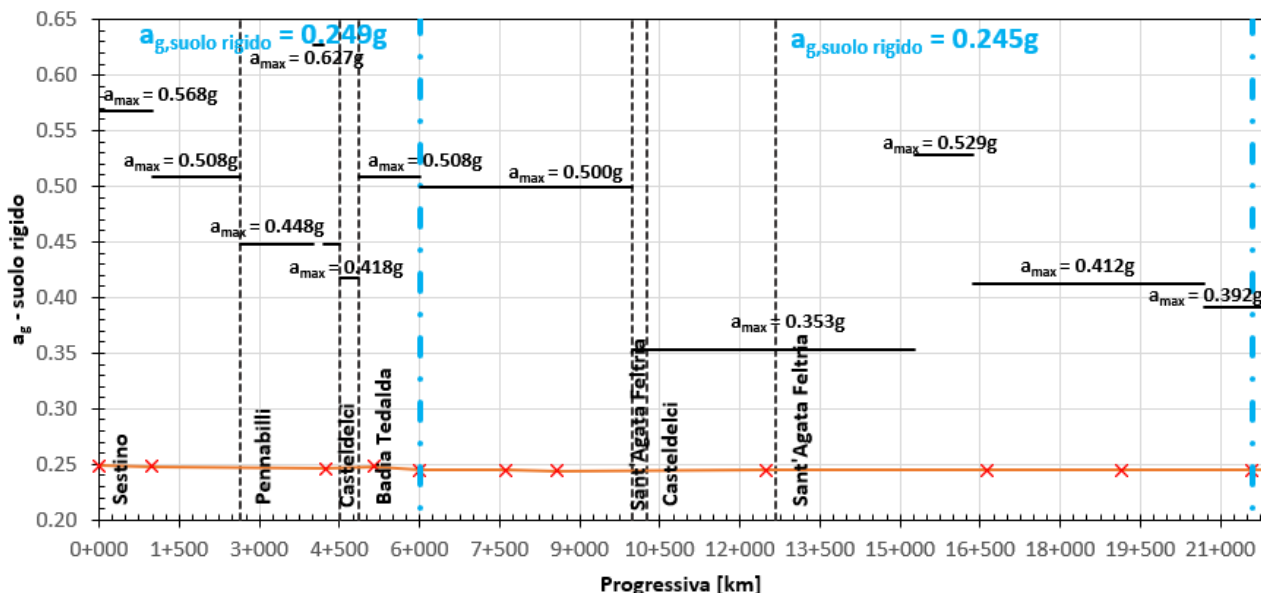


Figura 5-13: Andamento di a_{max} (Il livello) lungo il tracciato (PK 0+000 ÷ 21+720). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . I tratti orizzontali neri rappresentano la a_{max} calcolata sulla base dell'analisi di Il livello. Con linea tratteggiata la suddivisione dei territori comunali attraversati.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 82 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

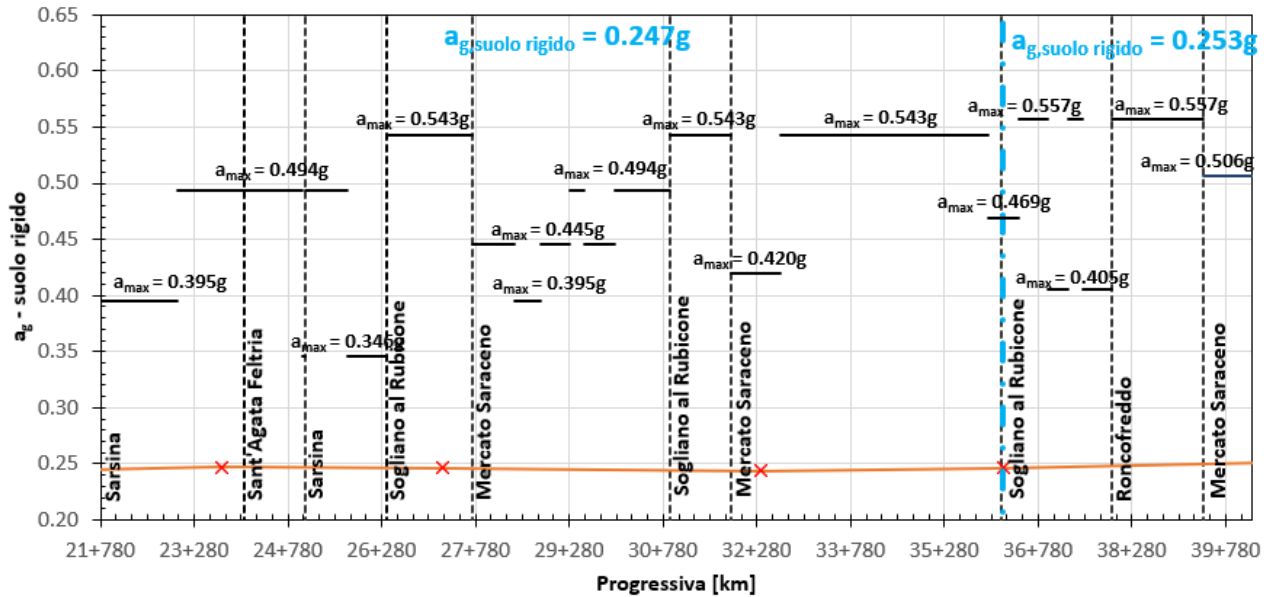


Figura 5-14: Andamento di a_{max} (Il livello) lungo il tracciato (PK 24+720 ÷ 40+201). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . I tratti orizzontali neri rappresentano la a_{max} calcolata sulla base dell'analisi di Il livello. Con linea tratteggiata la suddivisione dei territori comunali attraversati.

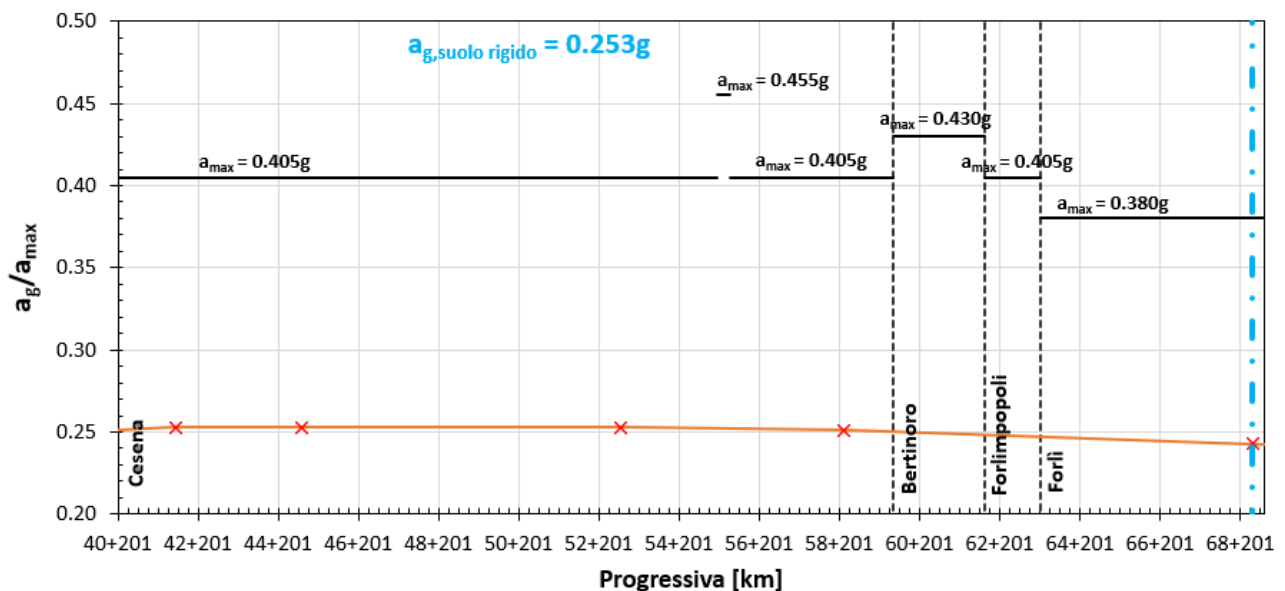


Figura 5-15: Andamento di a_{max} (Il livello) lungo il tracciato (PK 40+201 ÷ 68+767). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . I tratti orizzontali neri rappresentano la a_{max} calcolata sulla base dell'analisi di Il livello. Con linea tratteggiata la suddivisione dei territori comunali attraversati.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 83 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

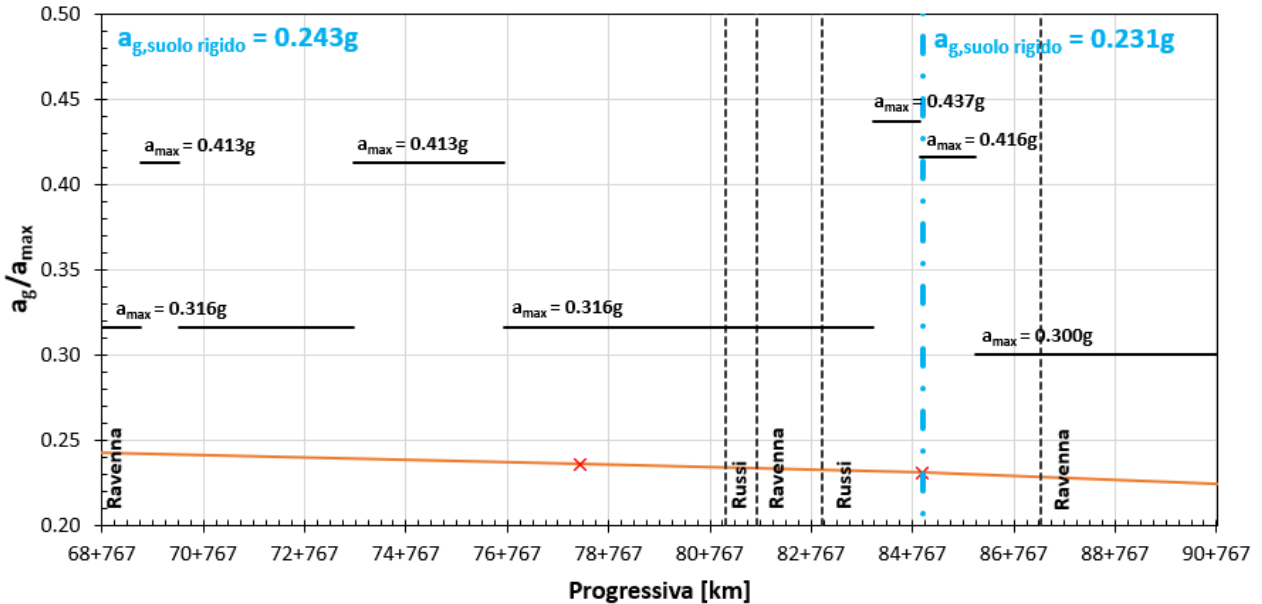


Figura 5-16: Andamento di a_{max} (II livello) lungo il tracciato (PK 68+767 ÷90+780). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . I tratti orizzontali neri rappresentano la a_{max} calcolata sulla base dell'analisi di II livello. Con linea tratteggiata la suddivisione dei territori comunali attraversati.

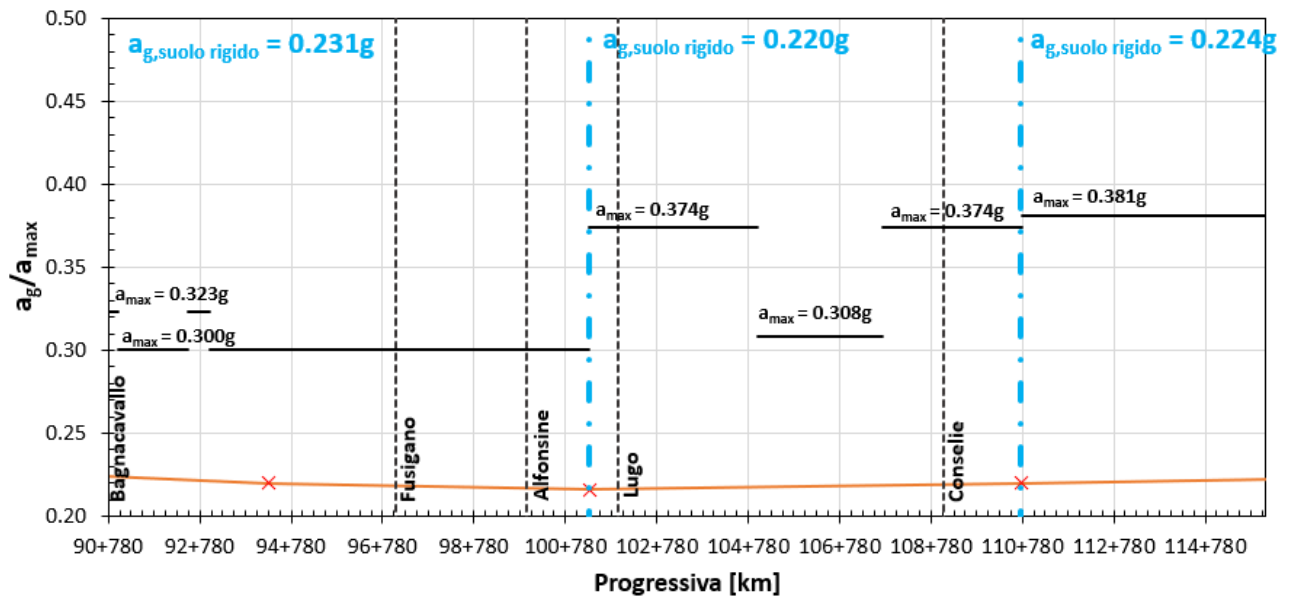


Figura 5-17: Andamento di a_{max} (II livello) lungo il tracciato (PK 90+780 ÷116+113). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . I tratti orizzontali neri rappresentano la a_{max} calcolata sulla base dell'analisi di II livello. Con linea tratteggiata la suddivisione dei territori comunali attraversati.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 84 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

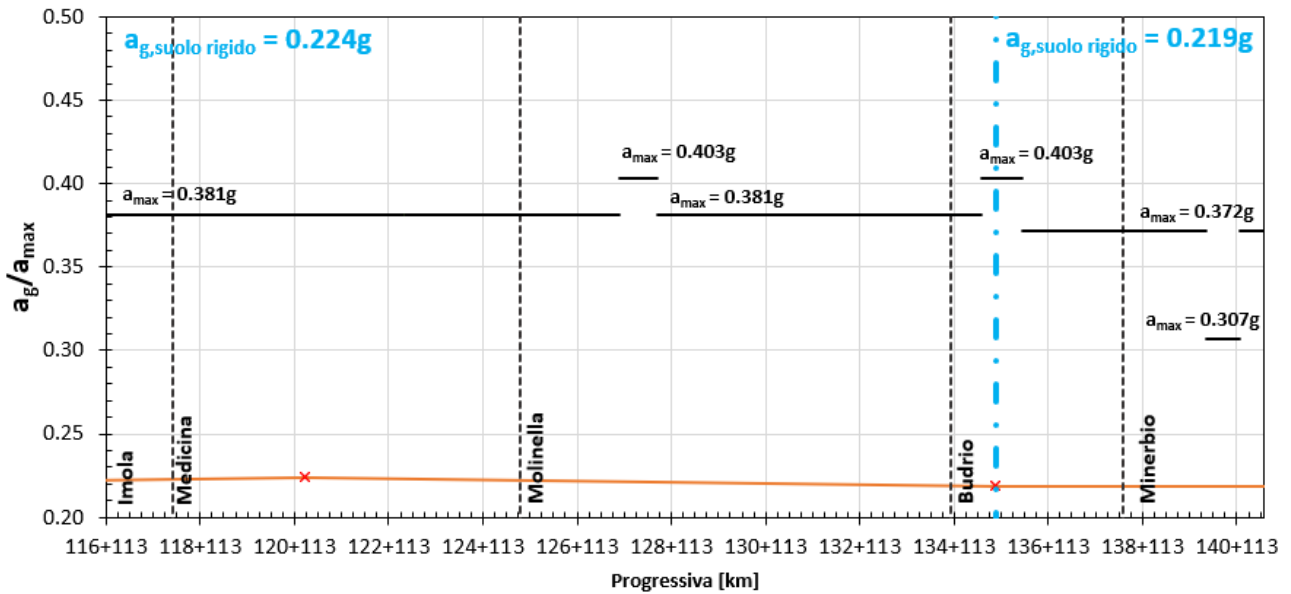


Figura 5-18: Andamento di a_{max} (Il livello) lungo il tracciato (PK 116+113÷140+691). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . I tratti orizzontali neri rappresentano la a_{max} calcolata sulla base dell'analisi di Il livello. Con linea tratteggiata la suddivisione dei territori comunali attraversati.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 85 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

5.5.2 Approfondimento di III livello

L'approfondimento di III livello della risposta sismica locale (RSL) è lo strumento che consente la valutazione della pericolosità sismica al sito per le aree soggette a instabilità e/o prone a liquefazione/densificazione, così come individuate a seguito degli approfondimenti di I e II livello, direttamente come requisito di Norma (per particolari categorie di opere) oppure nei siti identificati lungo il tracciato come soggetti a instabilità dei pendii (Ref.[11]). Per le aree soggette all'approfondimento di III livello, all'interno del presente studio sono state eseguite analisi numeriche di risposta sismica locale 1D con metodo lineare equivalente.

Da Figura 5-19 a Figura 5-24 vengono indicati i punti suscettibili ad instabilità di versante con linee magenta, oggetto di analisi di risposta sismica locale 1D. L'eventuale estensione dell'area soggetta ad instabilità del pendio è evidenziata con un campo rosa. Con un campo giallo invece vengono evidenziati i tratti per i quali, a partire dagli strumenti urbanistici vigenti, risulta necessario un approfondimento di III livello, essendo individuate come aree suscettibili a liquefazione. Nelle stesse figure, con le linee verdi sono indicate le progressive in corrispondenza delle quali sono stati eseguiti all'interno del presente studio i relativi approfondimenti di III livello (RSL).

Ove risultato possibile (Figura 5-19), si individuano, con riquadri in testa al grafico, possibili estensioni (su base geolitologica e geofisica) dell'applicabilità dei risultati delle analisi RSL condotte. In particolare, i riquadri rosa ed i riquadri verdi indicano estensioni delle RSL implementate nell'ambito del presente studio, mentre con riquadri blu si estendono i risultati delle analisi di III livello condotte all'interno della redazione dei Piani di Governo del Territorio. L'estendibilità dei risultati locali è stata valutata sulla base dell'analisi dei sondaggi e delle prove CPT disponibili, individuando aree ragionevolmente omogenee dal punto di vista stratigrafico e di presunto comportamento sotto azione sismica.

Quanto ottenuto nell'ambito dell'approfondimento di III livello nei termini di azione sismica di progetto è stato confrontato in termini di ampiezze dello spettro elastico in accelerazione con il corrispondente risultato da analisi di II livello e dalle indicazioni di NTC2018. Sulla base di tale confronto, si procede con l'approccio più cautelativo in termini di azione sismica di progetto, come descritto ai sottoparagrafi seguenti.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 86 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

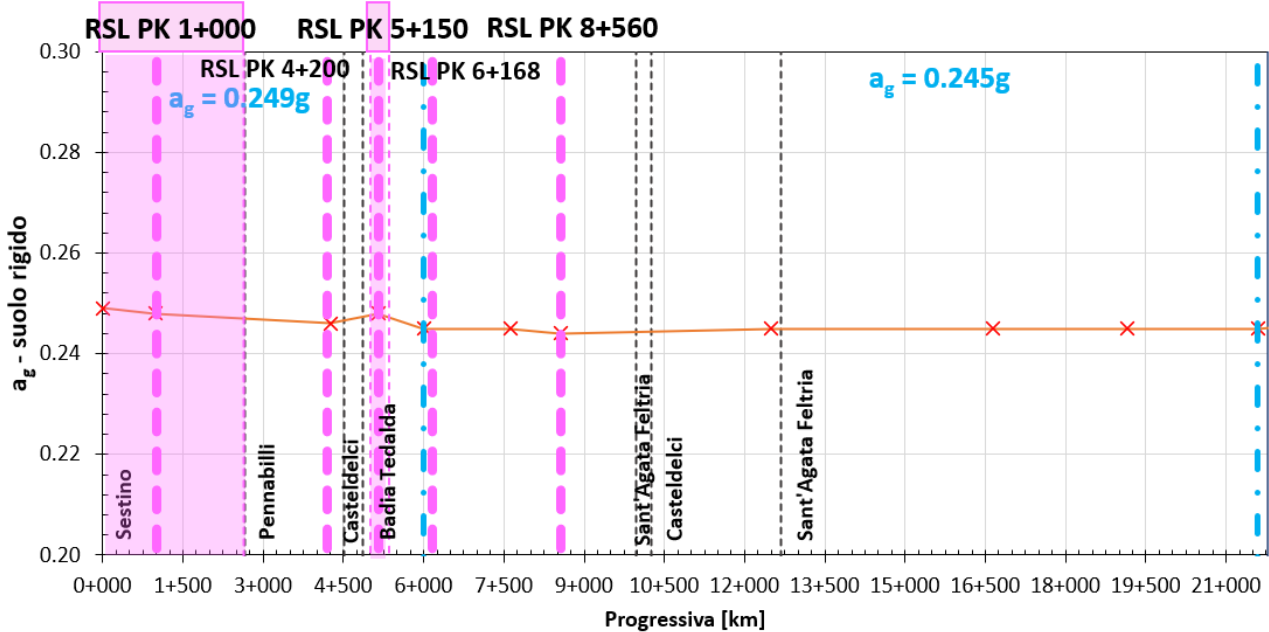


Figura 5-19: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 0+000 ÷ 21+780). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le linee magenta localizzano i punti suscettibili di instabilità di versante in cui è stata analizzata la risposta sismica locale e l'area di estensione della stessa è evidenziata in rosa. Le aree evidenziate in giallo rappresentano le zone di attenzione per effetti locali di liquefazione: le linee verdi indicano il punto in cui è stata analizzata la risposta sismica locale ed i riquadri in rosa sopra i grafici rappresentano l'intervallo di applicabilità delle RSL.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 87 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

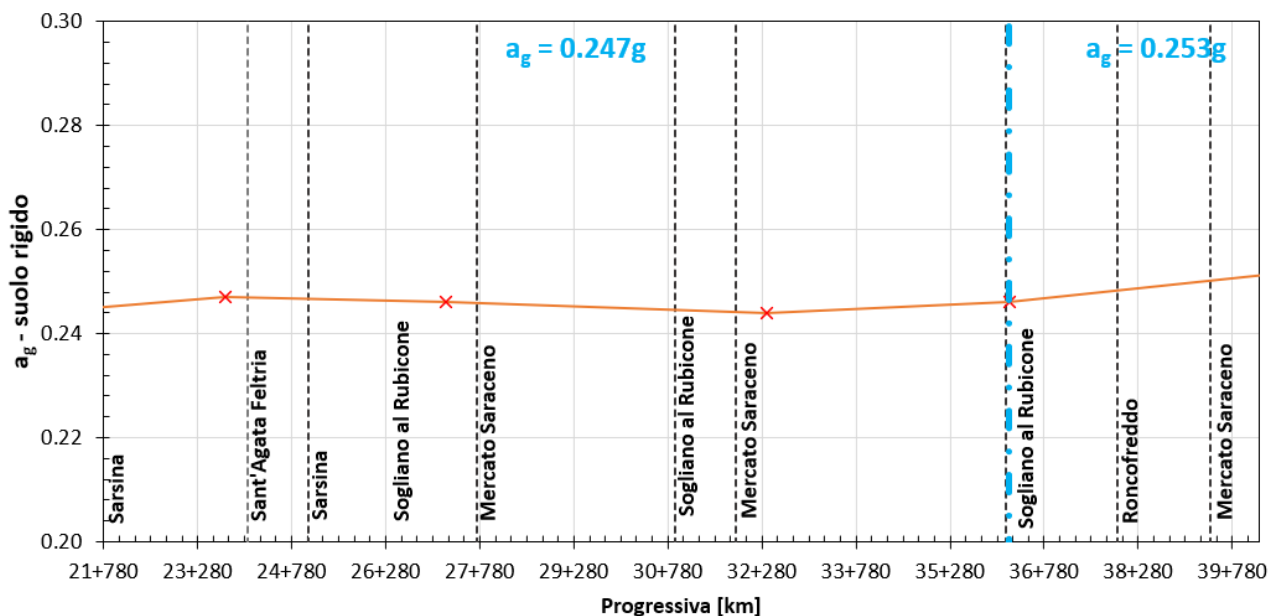


Figura 5-20: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 21+780 ÷ 40+201). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le linee magenta localizzano i punti suscettibili di instabilità di versante in cui è stata analizzata la risposta sismica locale e l'area di estensione della stessa è evidenziata in rosa. Le aree evidenziate in giallo rappresentano le zone di attenzione per effetti locali di liquefazione: le linee verdi indicano il punto in cui è stata analizzata la risposta sismica locale ed i riquadri in rosa sopra i grafici rappresentano l'intervallo di applicabilità delle RSL.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 88 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

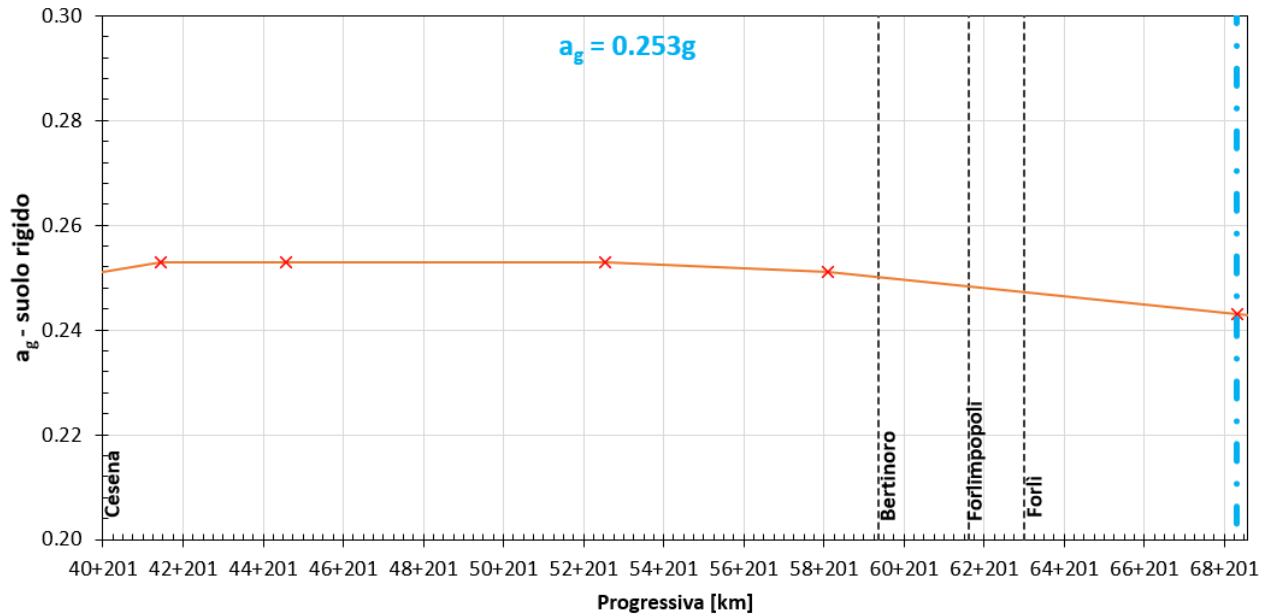


Figura 5-21: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 40+201 ÷ 68+767). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g .

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 89 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

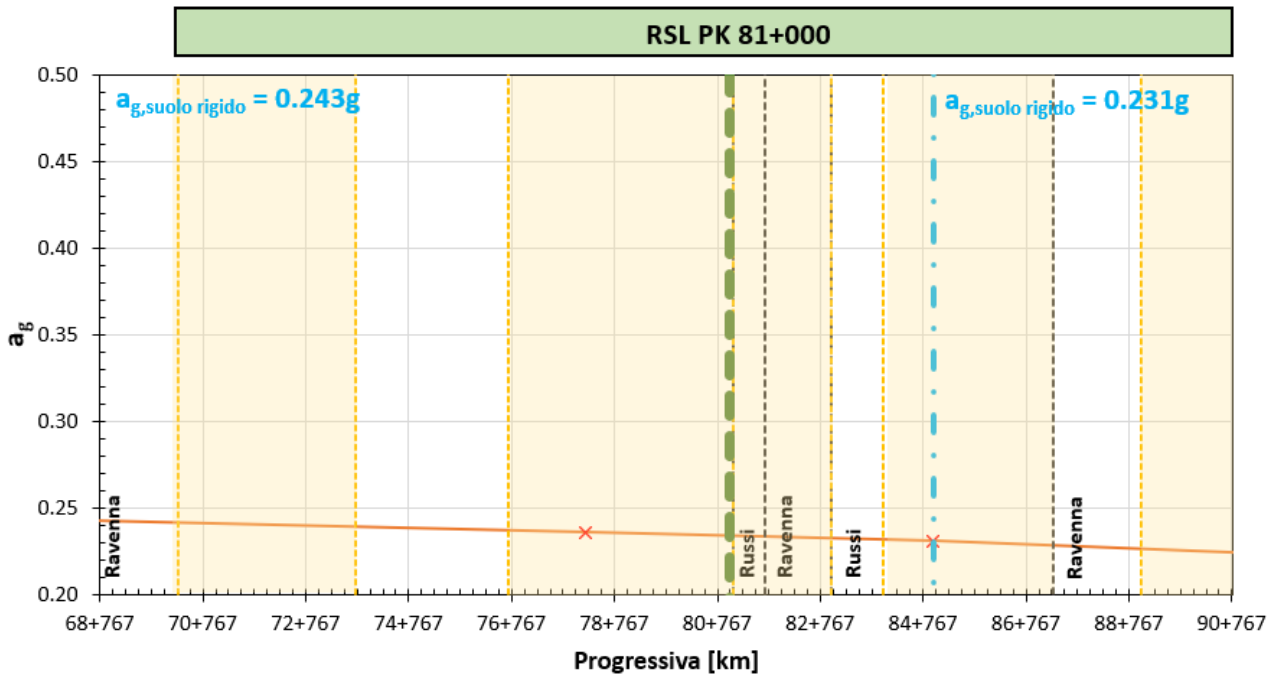


Figura 5-22: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 68+767 ÷ 90+780). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le aree evidenziate in giallo rappresentano le zone di attenzione per effetti locali di liquefazione: le linee verdi indicano il punto in cui è stata analizzata la risposta sismica locale.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 90 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

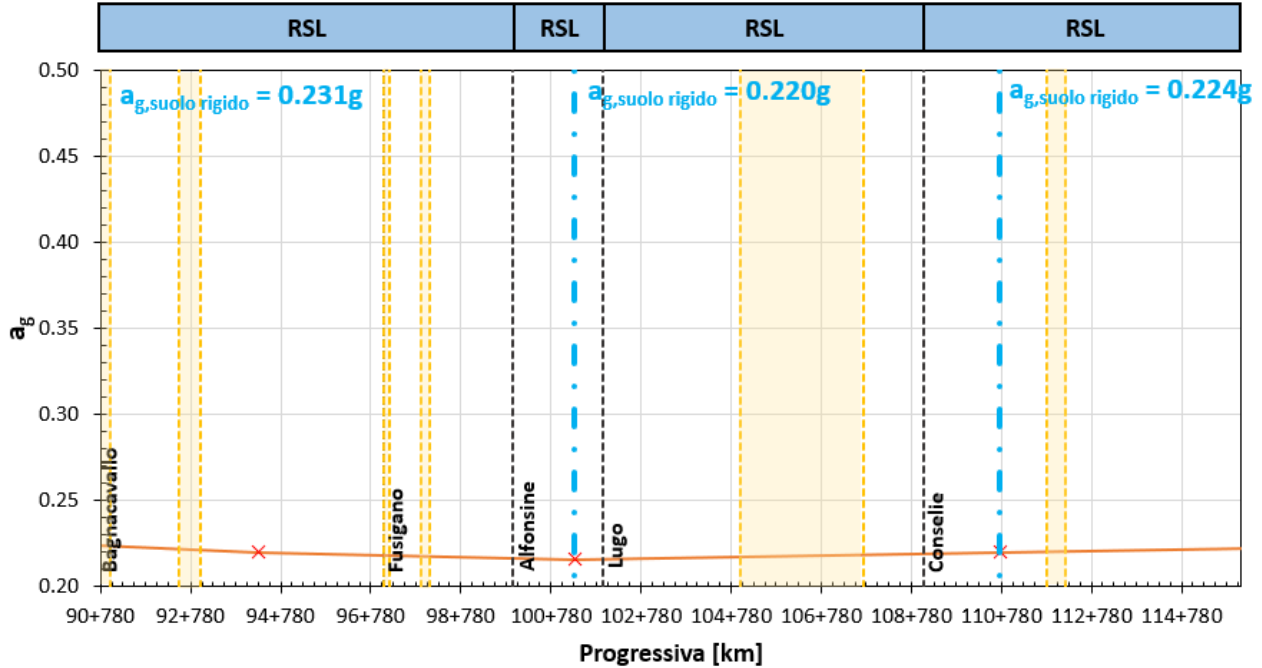


Figura 5-23: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 90+780 ÷ 116+113). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le linee magenta localizzano i punti suscettibili di instabilità di versante in cui è stata analizzata la risposta sismica locale e l'area di estensione della stessa è evidenziata in rosa. Le aree evidenziate in giallo rappresentano le zone di attenzione per effetti locali di liquefazione: le linee verdi indicano il punto in cui è stata analizzata la risposta sismica locale ed i riquadri sopra i grafici rappresentano l'intervallo di applicabilità delle RSL.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 91 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

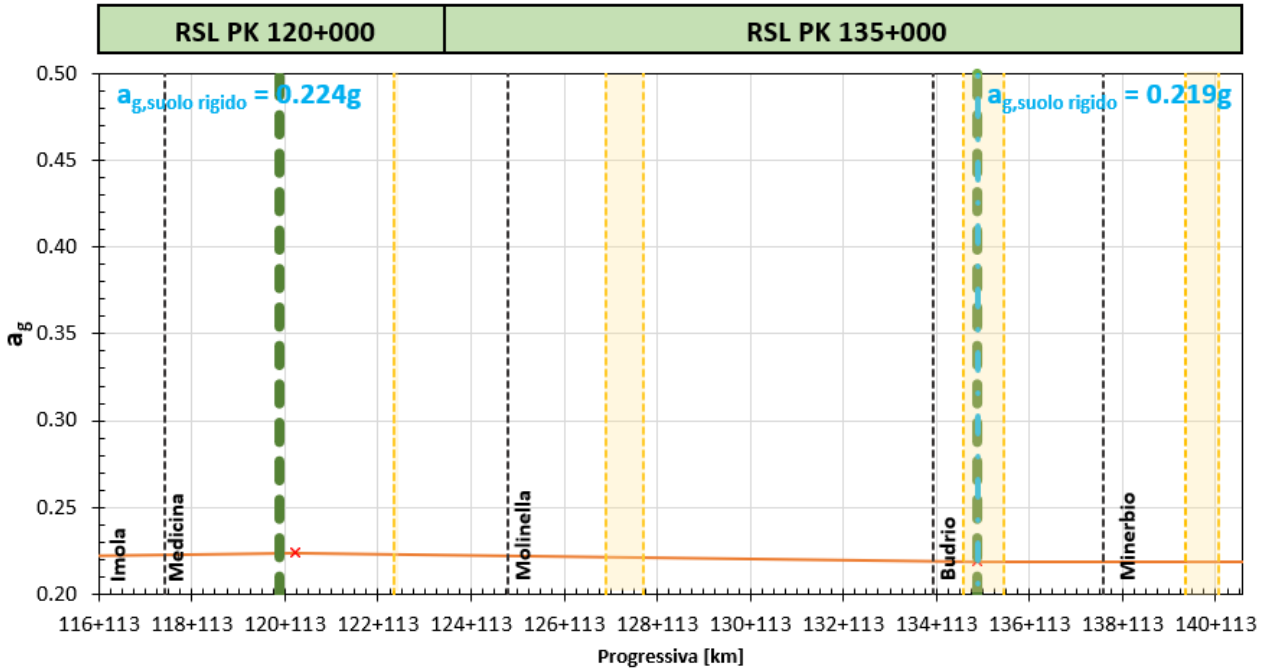


Figura 5-24: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 116+113 ÷ 140+691). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le linee magenta localizzano i punti suscettibili di instabilità di versante in cui è stata analizzata la risposta sismica locale e l'area di estensione della stessa è evidenziata in rosa. Le aree evidenziate in giallo rappresentano le zone di attenzione per effetti locali di liquefazione: le linee verdi indicano il punto in cui è stata analizzata la risposta sismica locale ed i riquadri sopra i grafici rappresentano l'intervallo di applicabilità delle RSL.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 92 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Di seguito si riportano gli approfondimenti di III livello (RSL) eseguiti sul tracciato.

Al fine di eseguire analisi di risposta sismica locale è stato necessario ottenere un set accelerogrammi formato da 7 registrazioni di terremoti reali in corrispondenza di stazioni su suolo di Categoria A, in media compatibili con gli spettri elastici in accelerazione definiti dalle NTC2008/2018.

La Regione Toscana mette a disposizione il software SCALCONA-3.0 che consente di ottenere un set di 7 accelerogrammi che soddisfano i requisiti di sito (categoria di terreno A secondo le NTC2018) e di spettro-compatibilità allo spettro di risposta di normativa (NTC2018) per un qualsiasi sito ricadente all'interno dei confini regionali per il periodo di ritorno di 50, 75, 101, 475, 712 e 949 anni, secondo quanto indicato nelle specifiche tecniche regionali di cui alla Del. GRT n. 977 del 27 Settembre 2021 [15].

Per quanto riguarda la Regione Emilia Romagna, il set è fornito in allegato al DGR 476/2021 e DGR integrativa n. 564/2021 per ogni nodo del reticolo di riferimento della mappa di definizione della pericolosità sismica di base (NTC2008/2018) ed NTC18 (D.M. 17.01.2018), per due valori di periodo di ritorno (475 e 975 anni).

5.5.2.1 TRATTO RSL km 1+000

L'analisi RSL è stata eseguita al km 1+000 in corrispondenza del punto identificato per la verifica della stabilità del pendio nel comune di Sestino, dal km 0+820 e 1+130; il risultato della risposta sismica viene esteso dal km 0+000 al km 2+649. Le indagini eseguite all'interno dell'area sono le seguenti:

- MASW 1 e 2 (campagna 2023);
- Sondaggi S_001_SM_L e S_002_SM_L della campagna d'indagine 2023.

Il set di accelerogrammi è stato selezionato mediante l'utilizzo del software SCALCONA 3.0 fornito dalla Regione Toscana, in funzione delle coordinate del sito di interesse. Data la vicinanza del punto al confine tra le due Regioni, il dataset accelerometrico è stato integrato attraverso l'estrazione degli accelerogrammi riferibili al nodo del reticolo ID20295 ottenuti dal portale Eucentre indicato quale riferimento dalla Regione Emilia-Romagna.

In Figura 5-25 viene mostrato il profilo di velocità delle onde di taglio di calcolo costruito sull'insieme delle prove geofisiche rappresentative della zona di interesse (dal profilo si ottiene $V_{s,eq} = 412$ m/s).

In base ai risultati delle prove geofisiche e dalla stratigrafia ottenuta dai sondaggi eseguiti nell'area di interesse, il bedrock sismico risulta localizzabile a 10m di profondità.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 93 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

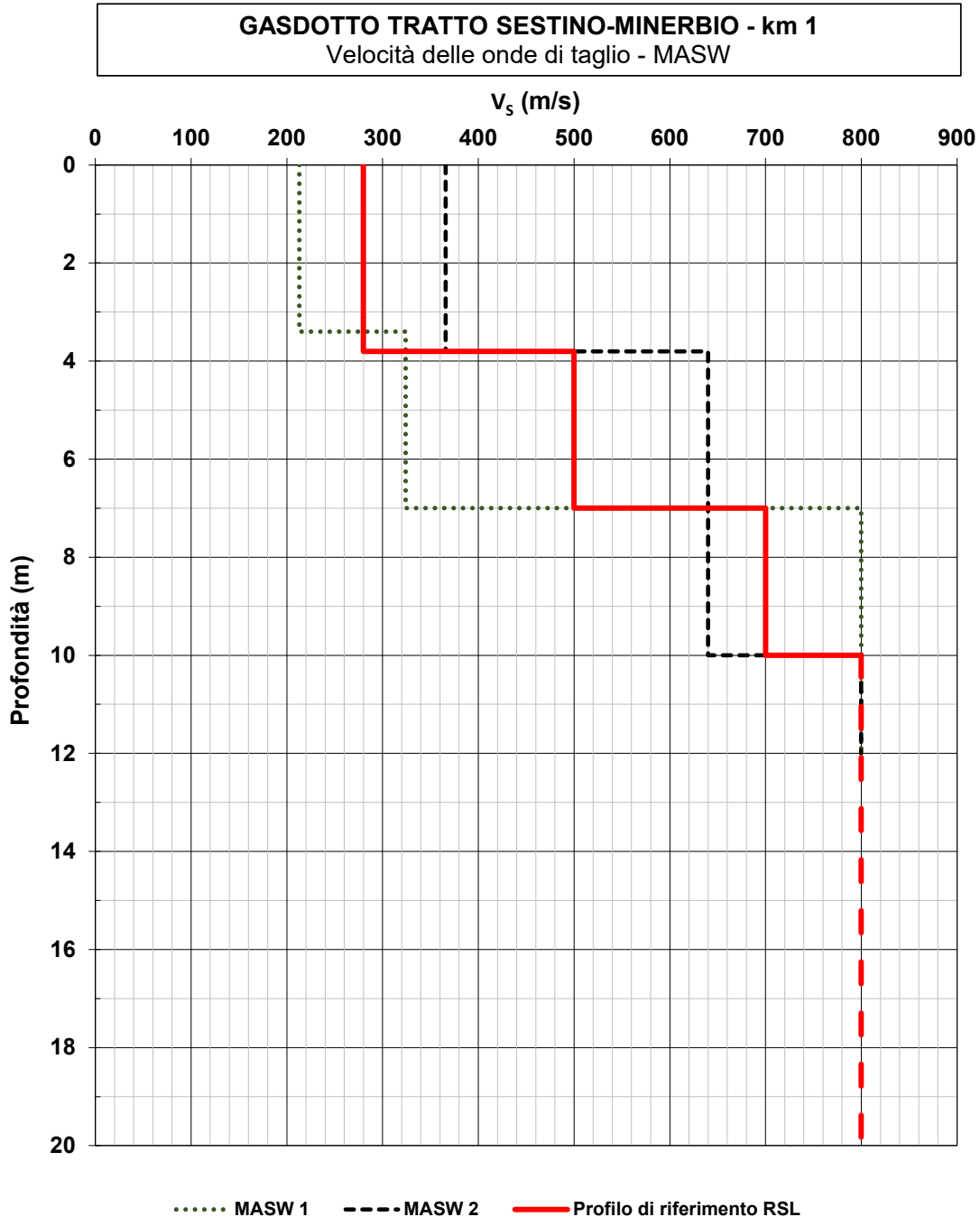


Figura 5-25: Profilo di V_s di calcolo individuato sulla base delle indagini eseguite all'interno dell'area di riferimento.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 94 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Sulla base di quanto sopra delineato, il modello stratigrafico ed i valori del profilo di V_s di riferimento per l'analisi di risposta sismica locale sono riportati in Tabella 5-42. La litologia e le curve di degrado del modulo di taglio e smorzamento di letteratura (EPRI (93)) associate ad ogni formazione sono riportate in Tabella 5-43.

Tabella 5-42: Modello stratigrafico – RSL km 1+000.

| Profondità (m) | | V_s (m/s) | Tipo di terreno |
|----------------|-------|-------------|------------------|
| Da | a | | |
| 0 | 3.8 | 280 | Argilla |
| 3.8 | 7.00 | 500 | Argilla |
| 7.00 | 10.00 | 700 | Argilla Profonda |
| 10.00 | - | 800 | Bedrock |

Tabella 5-43: Curve di degrado ciclico – RSL km km 1+000.

| Tipo di terreno | G/G_{max} | Damping |
|------------------|------------------|------------------|
| Argilla | EPRI(93), 0-6 m | EPRI(93), 0-6 m |
| Argilla profonda | EPRI(93), 6-15 m | EPRI(93), 6-15 m |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 95 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Il software utilizzato, la procedura di analisi e le curve di degrado adottate nel modello sono dettagliati in **Appendice A**. Il risultato delle analisi RSL è mostrato in Figura 5-27 in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione (smorzamento 5%) ottenuto come media delle risposte in superficie ottenute sulla base dell'input fornito dall'intero set di accelerogrammi scelto. Si osserva in Figura 5-27 il confronto tra spettro medio RSL e lo spettro NTC2018 per suolo di classe B ($a_{max} = 0.248g$). In particolare, si nota come lo spettro di RSL risulti superiore per alte frequenze a quello ottenuto di NTC, mentre è ben al di sotto dello stesso aumentando il periodo.

Gli effetti topografici sulla risposta sismica locale sono stati tenuti in conto applicando allo spettro di risposta elastico il fattore di amplificazione calcolato in accordo alle NTC2018. In particolare, il sito ricade in categoria T3 della classificazione da NTC2018 ed il punto di interesse si trova in cresta al pendio come mostra Figura 5-26. Pertanto, il coefficiente di amplificazione risulta pari a 1.2.

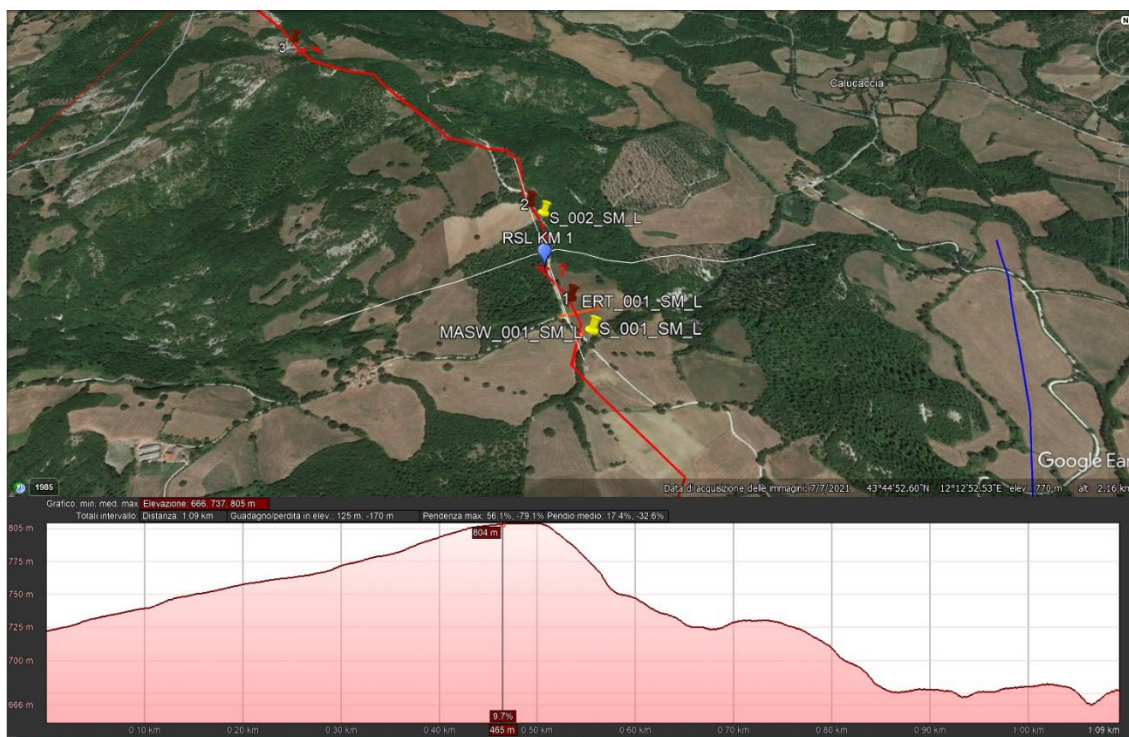


Figura 5-26: RSL km 1+000 – Profilo elevazione del pendio in corrispondenza del punto di analisi.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 96 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

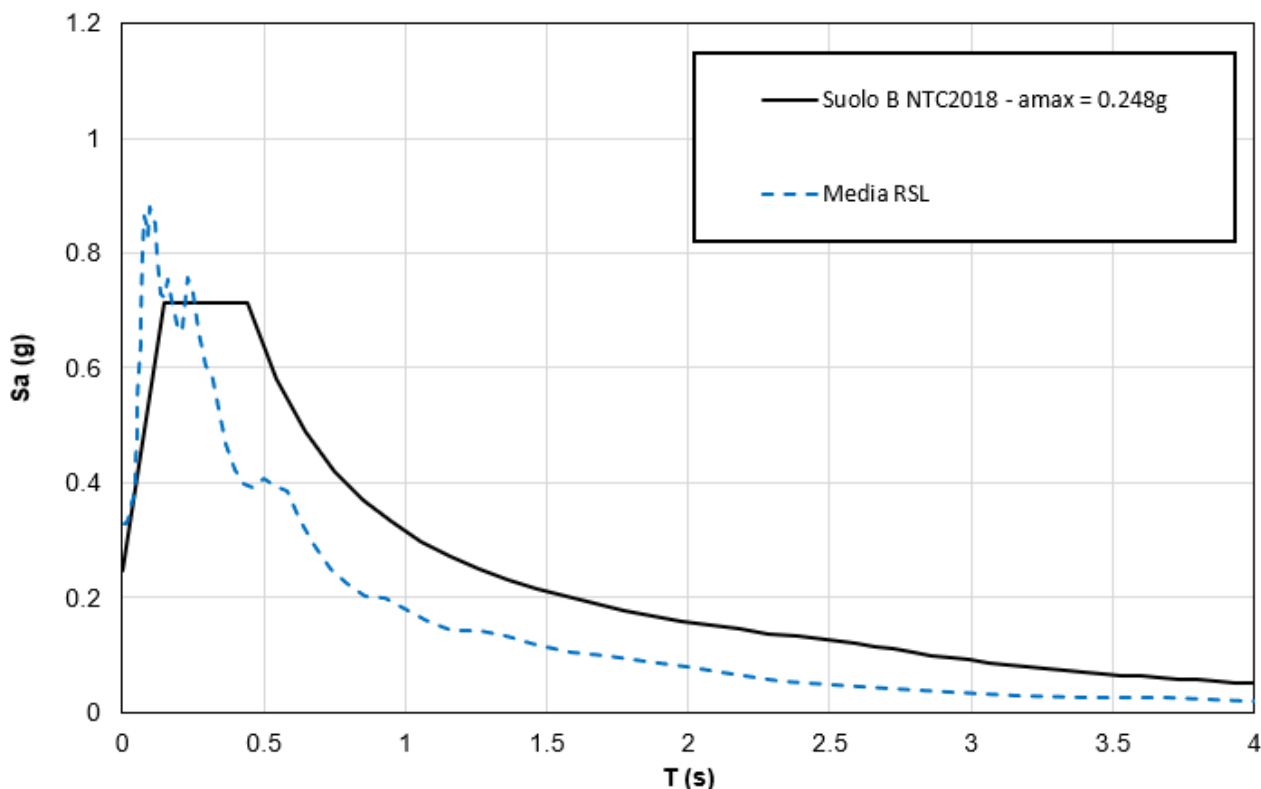


Figura 5-27: RSL km 1+000 – Spettro medio risultato dell’analisi di risposta sismica locale, a confronto con lo spettro di risposta NTC2018 calcolato per Categoria di suolo C ($a_{max} = 0.248g$).

A partire dallo spettro medio risultato dall’analisi di Risposta Sismica Locale è stato costruito lo spettro elastico di progetto. Lo spettro elastico di progetto è stato determinato adottando una forma spettrale da NTC2018 compatibile con il risultato RSL. In Figura 5-28 si riporta il confronto tra lo spettro NTC2018 e i risultati dell’analisi RSL, e lo spettro calibrato su questi ultimi utilizzando i seguenti parametri:

- a_{max} = 0.33 g
- T_B = 0.08 s
- T_C = 0.25 s
- T_D = 2.91 s
- F_0 = 2.30

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 97 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

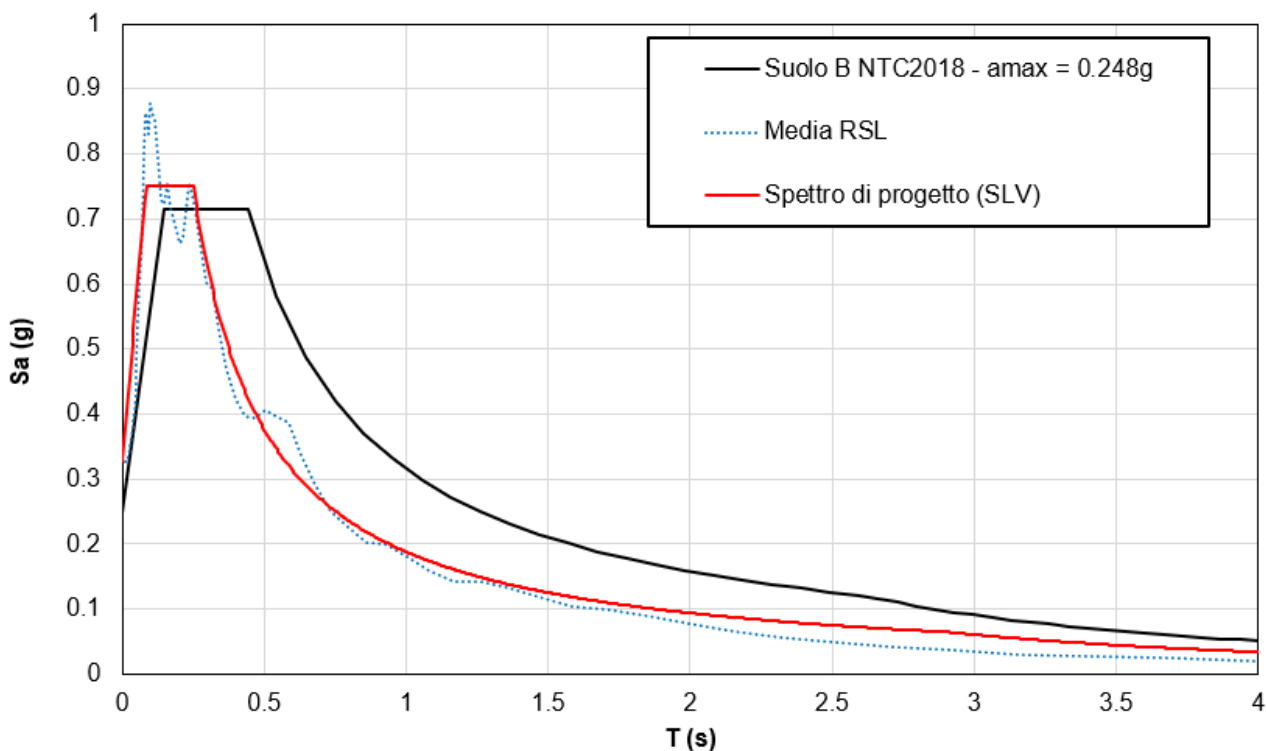


Figura 5-28: RSL km 1+000 – Spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%) a confronto con media RLS e spettro NTC per suoli di tipo B.

In conclusione, in Figura 5-29 viene rappresentato lo spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%) definito al passo precedente, applicando il fattore di amplificazione topografica. I parametri dello spettro di progetto sono i seguenti:

- a_{max} = 0.39 g
- T_B = 0.08 s
- T_C = 0.25 s
- T_D = 3.17 s
- F_0 = 2.30

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 98 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

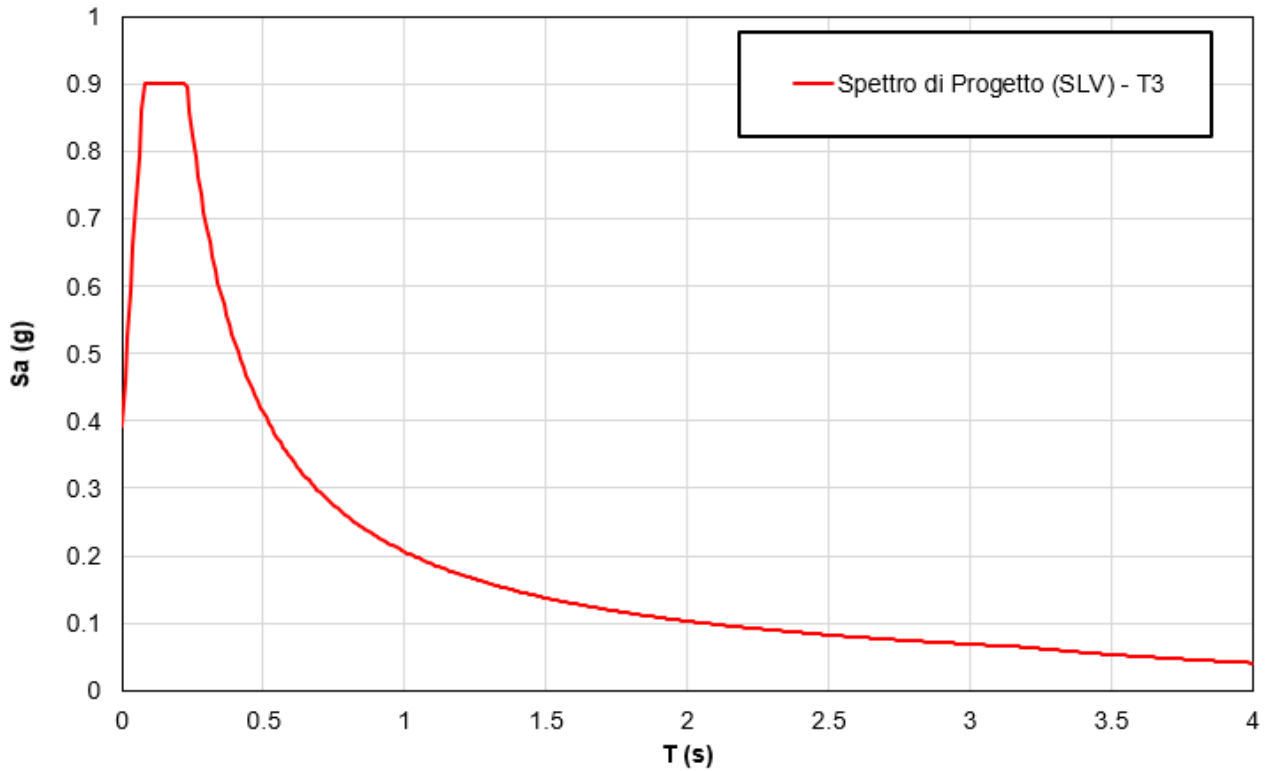


Figura 5-29: RSL km 1+000 – Spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%), incluso il fattore di amplificazione topografica.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 99 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

5.5.2.2 TRATTO RSL km 4+200

L'analisi RSL è stata eseguita al km 4+200 in corrispondenza del punto identificato per la verifica della stabilità del pendio nel comune di Pennabilli. Le indagini all'interno dell'area sono le seguenti:

- MASW 25 (campagna 2023).
- I sondaggi S_007_SM_L della campagna d'indagine 2023 e S3 della campagna indagini pregressa del 2008.

Il set di accelerogrammi è stato selezionato mediante l'utilizzo del software SCALCONA 3.0 fornito dalla Regione Toscana, in funzione delle coordinate del sito di interesse, unitamente all'estrazione degli accelerogrammi dal nodo del reticolo ID20072 del portale Eucentre fornito dalla Regione Emilia-Romagna, data la vicinanza del punto al confine tra le due regioni.

In Figura 5-30 viene mostrato il profilo di velocità delle onde di taglio di calcolo costruito sull'insieme delle prove geofisiche rappresentative della zona di interesse (dal profilo si ottiene $V_{S,eq} = 351$ m/s).

Il bedrock sismico è posizionato a 8.8 m di profondità sulla base ai risultati delle prove geofisiche e dalla stratigrafia ottenuta dai sondaggi eseguiti nell'area di interesse.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 100 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

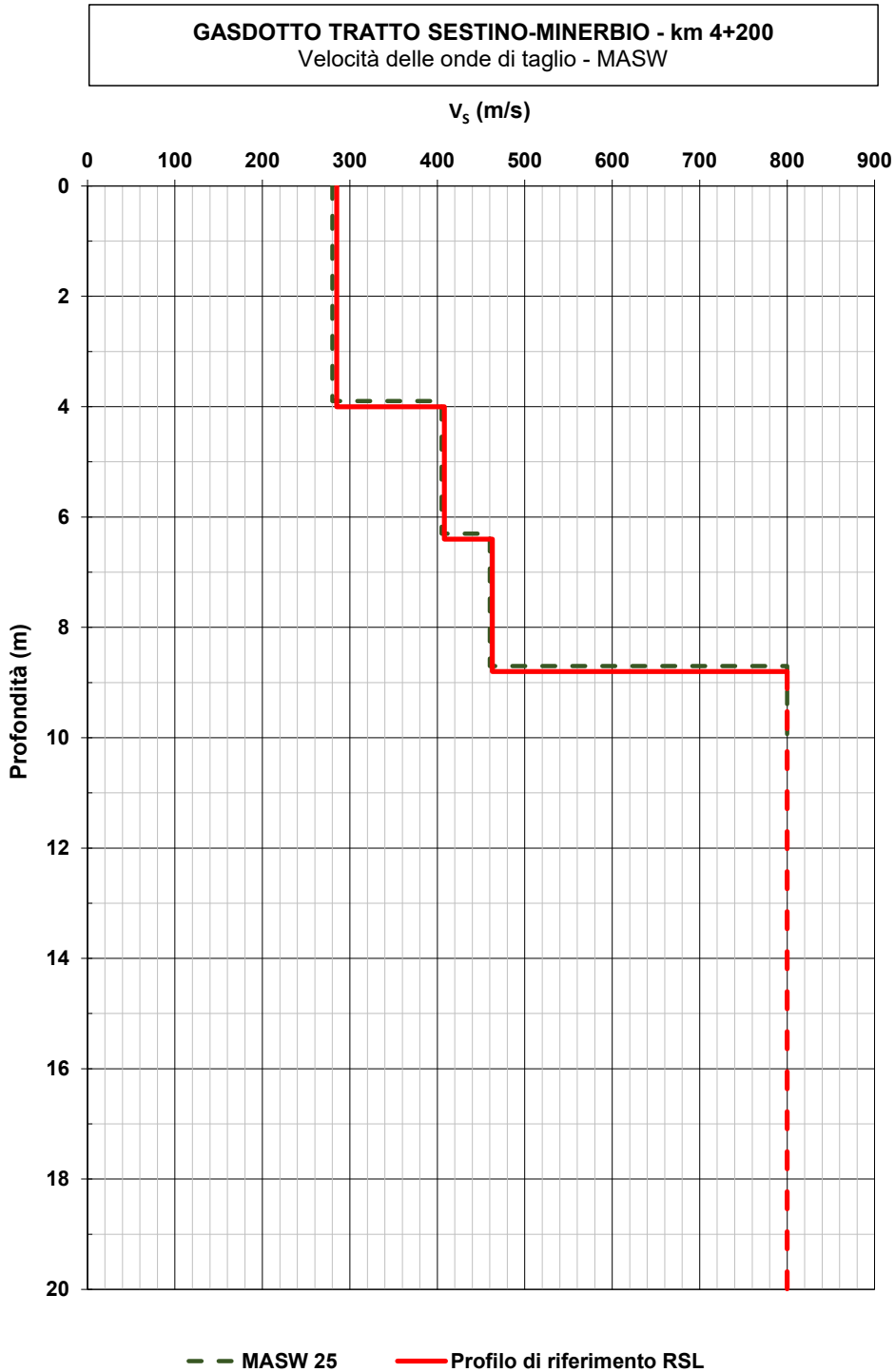


Figura 5-30: Profilo caratteristico individuato sulla base delle prove in sito all'interno dell'area di riferimento.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 101 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Sulla base di quanto sopra delineato, il modello stratigrafico ed i valori del profilo di V_s di riferimento per l'analisi di risposta sismica locale sono indicati in Tabella 5-44. La litologia e le curve di degrado del modulo di taglio e smorzamento di letteratura (EPRI (93)) associate ad ogni formazione sono riportate in Tabella 5-45.

Tabella 5-44: Modello stratigrafico – RSL km 4+200.

| Profondità (m) | | V_s (m/s) | Tipo di terreno |
|----------------|------|----------------------------|-----------------|
| Da | a | | |
| 0 | 4.00 | $V_{s,H} = 351$ m/s 285 | Argilla, limo |
| 4.00 | 6.40 | 408 | Argilla, limo |
| 6.40 | 8.80 | 463 | Argilla, limo |
| 8.80 | - | 800 | Bedrock |

Tabella 5-45: Curve di degrado ciclico – RSL km 4+200.

| Tipo di terreno | G/G_{max} | Damping |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| Argilla, limo | EPRI(93), 0-6 m | EPRI(93), 0-6 m |

Il software utilizzato, la procedura di analisi e le curve di degrado adottate nel modello sono dettagliati in **Appendice A**.

Il risultato delle analisi RSL è mostrato in Figura 5-32 in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione (smorzamento 5%) ottenuto come media della risposta in superficie calcolata sull'intero set di accelerogrammi scelto. Si osserva il confronto in figura tra lo spettro medio RSL e lo spettro NTC per suolo di classe E ($a_{max} = 0.326g$). In particolare, si nota come lo spettro RSL risulti superiore per alte frequenze rispetto a quello di Norma, mentre è ben al di sotto dello stesso per periodi crescenti.

Gli effetti morfologici di sito sulla risposta sismica locale sono stati tenuti in conto applicando allo spettro di risposta elastico il fattore di amplificazione calcolato in accordo alle norme tecniche. In particolare, il sito ricade in categoria T2 della classificazione da NTC2018 ed il punto di interesse si trova a metà al pendio come mostra Figura 5-31, pertanto è stata considerata una riduzione del 50% del coefficiente indicato che risulta pari a 1.1.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 102 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

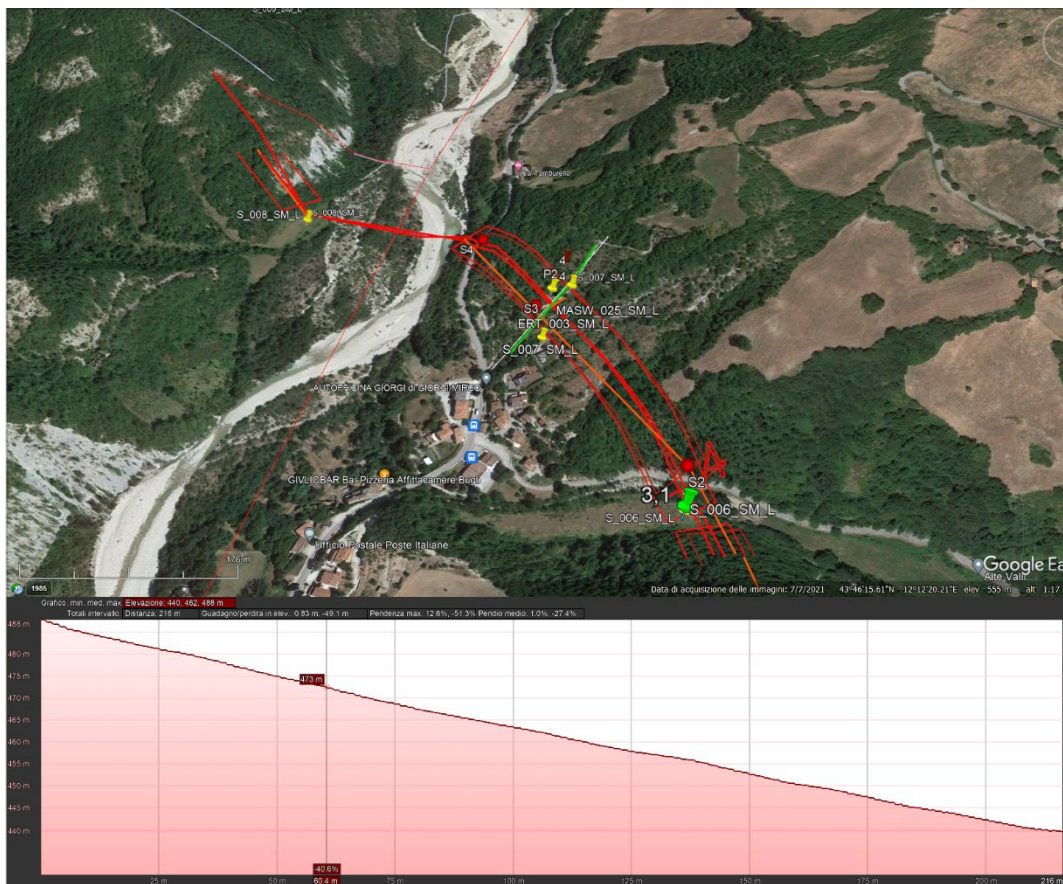


Figura 5-31: RSL km 4+200 – Profilo elevazione del pendio in corrispondenza del punto di analisi.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 103 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

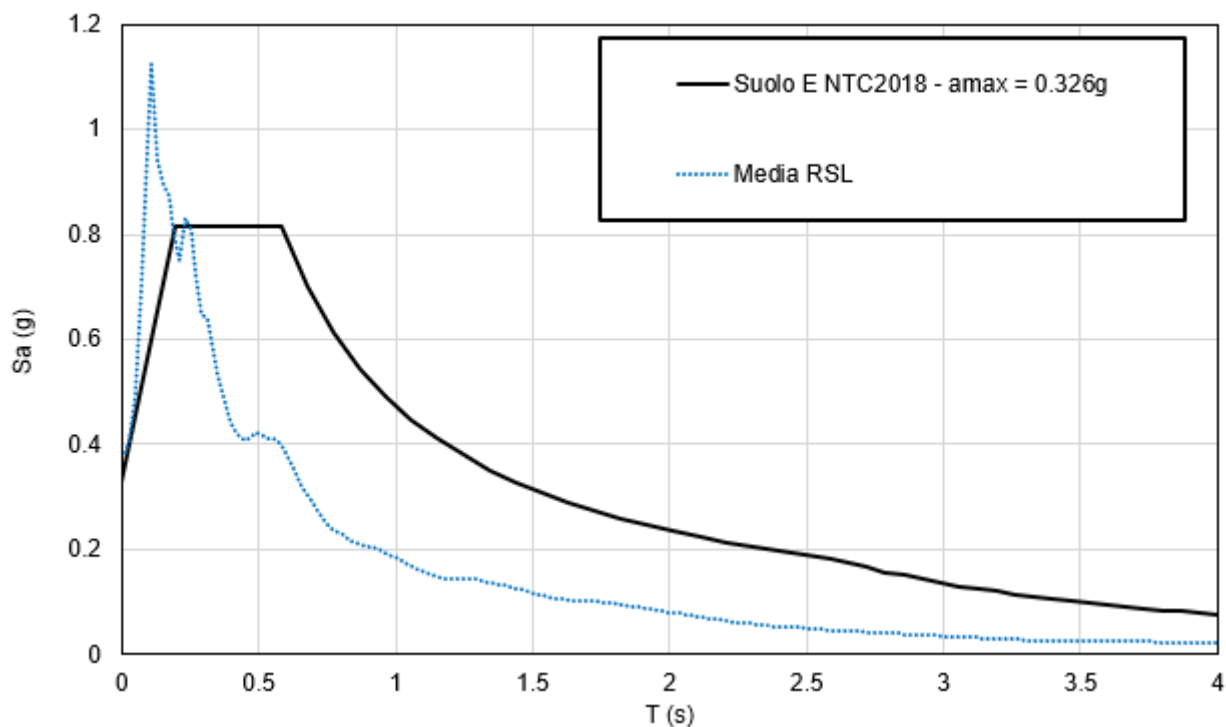


Figura 5-32: RSL km 4+200 – Spettro medio risultato dell’analisi di risposta sismica locale, a confronto con lo spettro di risposta NTC2018 calcolato per Categoria di suolo E ($a_{max} = 0.326g$).

A partire dallo spettro medio risultato dall’analisi di Risposta Sismica Locale è stato costruito lo spettro elastico di progetto. Lo spettro elastico di progetto è stato determinato adottando una forma spettrale da NTC2018, come mostrato in Figura 5-33 a confronto con i dati NTC2018 e i risultati dell’analisi RSL, utilizzando i seguenti parametri:

- a_{max} = 0.38 g
- T_B = 0.06 s
- T_C = 0.19 s
- T_D = 3.14 s
- F_0 = 2.70

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 104 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

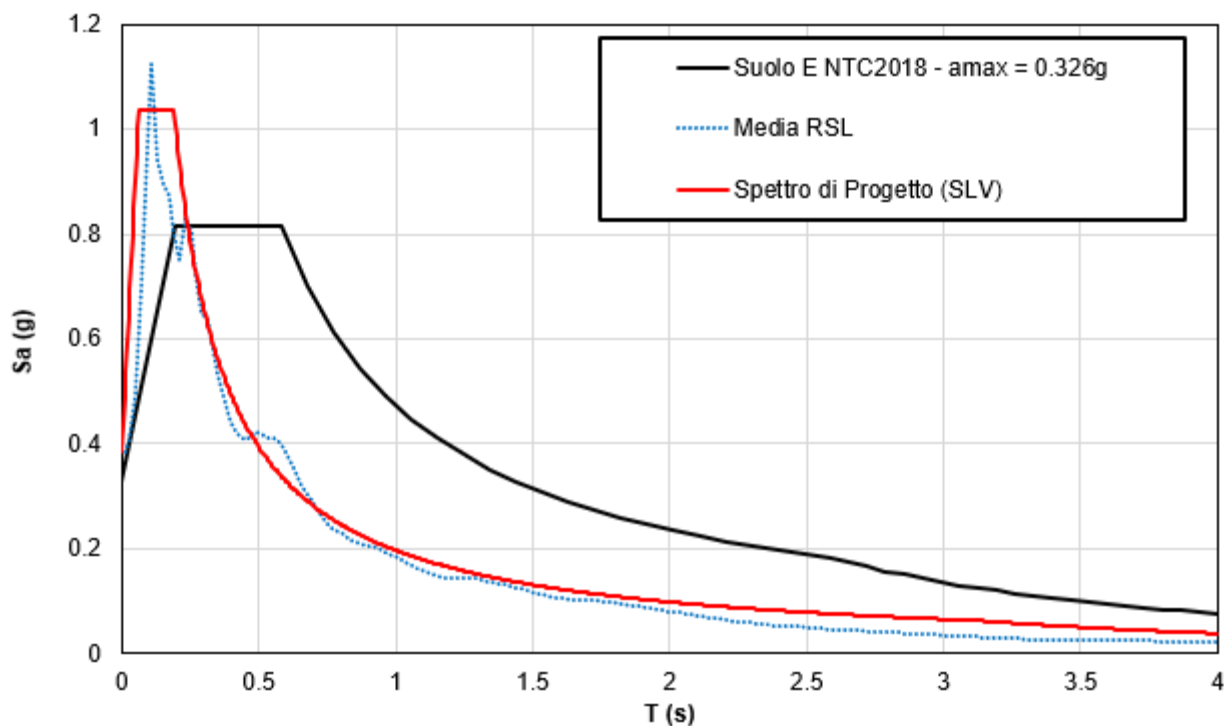


Figura 5-33: RSL km 4+200 – Spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%) a confronto con media RLS e spettro NTC per suoli di tipo E.

In conclusione, in Figura 5-34 viene rappresentato lo spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%) con fattore di amplificazione topografica applicato. I parametri dello spettro di progetto sono i seguenti:

- a_{max} = 0.42 g
- T_B = 0.06 s
- T_C = 0.19 s
- T_D = 3.29 s
- F_0 = 2.70

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 105 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

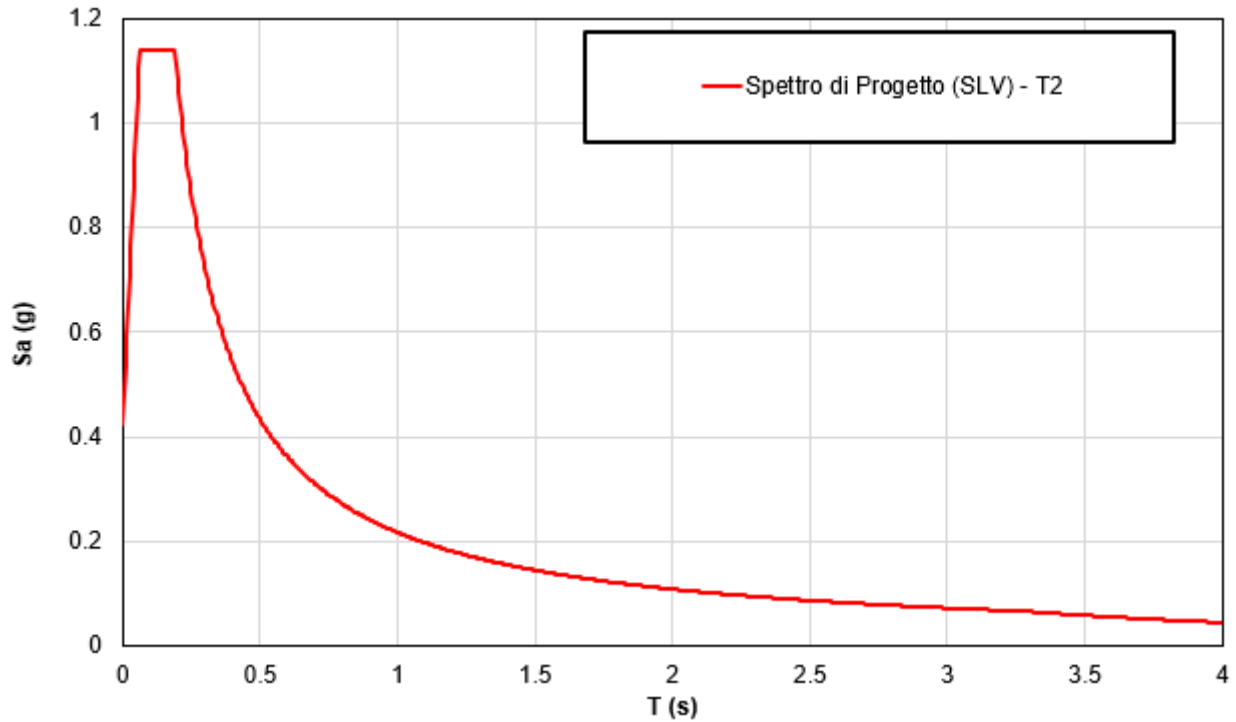


Figura 5-34: RSL km 4+200 – Spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%) con fattore di amplificazione topografica.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 106 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

5.5.2.3 TRATTO RSL km 5+150

L'analisi RSL è stata eseguita al km 5+150 in corrispondenza di una zona identificata per la verifica della stabilità del pendio nel comune di Pennabilli che comprende il tratto del metanodotto dal km 5+000 al km 5+360. Le indagini all'interno dell'area sono le seguenti:

- Sondaggi S_009_SM_L della campagna d'indagine 2023 e S6 della campagna indagini pregressa del 2008.

Il set di accelerogrammi è stato selezionato mediante l'utilizzo del software SCALCONA 3.0 fornito dalla Regione Toscana, in funzione delle coordinate del sito di interesse, unitamente all'estrazione degli accelerogrammi dal nodo del reticolo ID20072 del portale Eucentre fornito dalla Regione Emilia-Romagna, data la vicinanza del punto al confine tra le due regioni.

In Figura 5-45 viene mostrato il profilo di velocità delle onde di taglio di calcolo ricostruito a partire dalla correlazione sui risultati delle prove SPT eseguite all'interno dei sondaggi localizzati nella zona di interesse (dal profilo di calcolo si ottiene $V_{S,eq} = 275$ m/s).

Il bedrock sismico è posizionato a 12 m di profondità, in base alla stratigrafia ottenuta dai sondaggi eseguiti nell'area di interesse.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 107 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

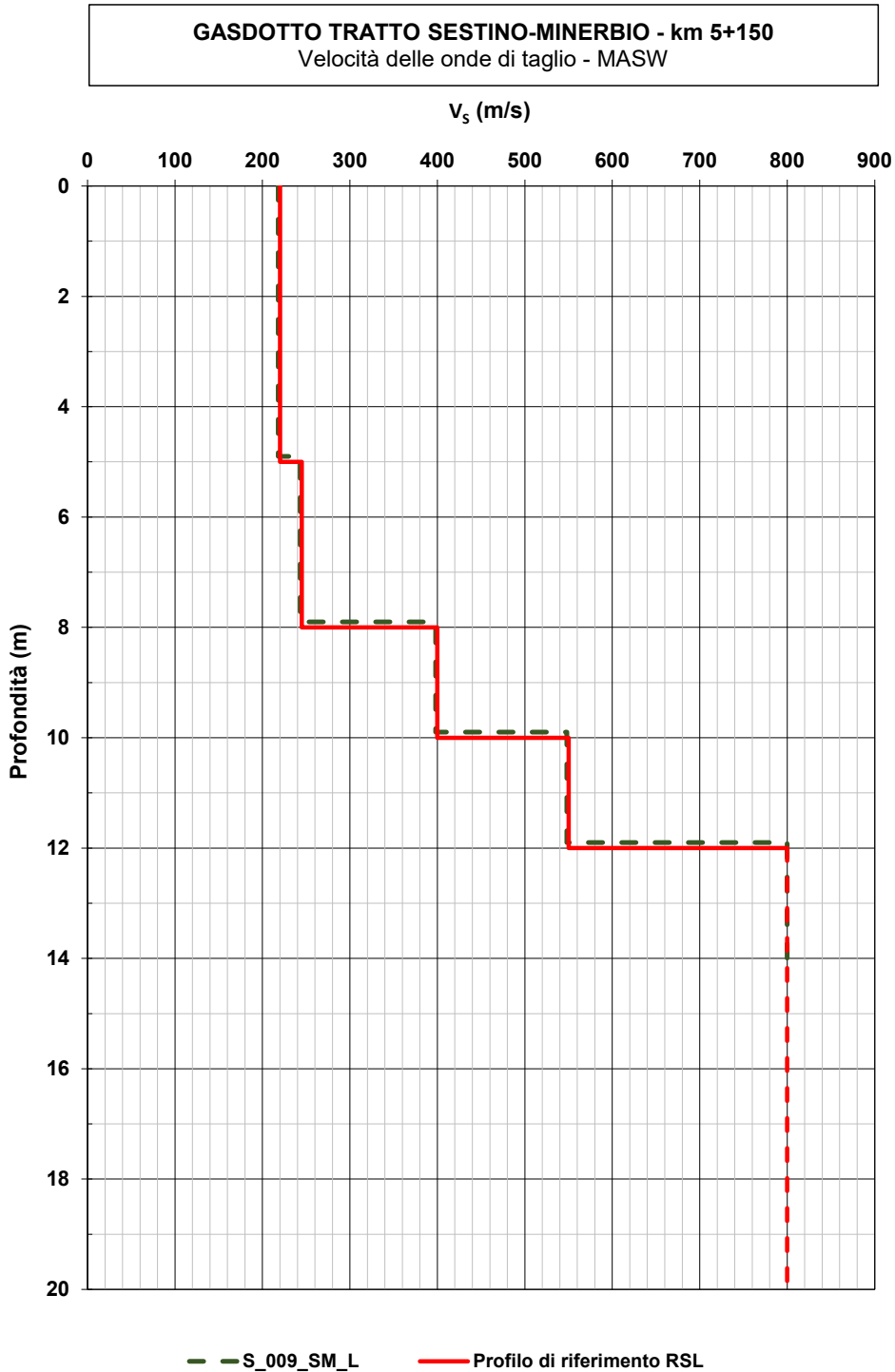


Figura 5-35: Profilo di calcolo individuato sulla base delle prove in sito all'interno dell'area di riferimento.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 108 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Sulla base di quanto sopra, il modello stratigrafico ed i valori del profilo di V_s di riferimento per l'analisi di risposta sismica locale sono indicati in Tabella 5-44. La litologia e le curve di degrado del modulo di taglio e smorzamento di letteratura associate ad ogni formazione sono riportate in Tabella 5-45.

Tabella 5-46: Modello stratigrafico – RSL km 5+000 ÷ 5+360.

| Profondità (m) | | V_s (m/s) | Tipo di terreno |
|----------------|-------|-------------|-------------------|
| Da | a | | |
| 0 | 5.00 | 220 | Argilla |
| 5.00 | 8.00 | 245 | Argilla |
| 8.00 | 10.00 | 400 | Argilla |
| 10.00 | 12.00 | 550 | Roccia fratturata |
| 12.00 | - | 800 | Bedrock |

Tabella 5-47: Curve di degrado ciclico – RSL km 5+000 ÷ 5+360.

| Tipo di terreno | G/G_{max} | Damping |
|-------------------|---------------------|---------------------|
| Argilla | Idriss (1990), Clay | Idriss (1990), Clay |
| Roccia fratturata | Weathered rock | Weathered rock |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 109 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Il software utilizzato, la procedura di analisi e le curve di degrado adottate nel modello sono dettagliati in **Appendice A**.

Il risultato delle analisi RSL è mostrato in Figura 5-47 in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione (smorzamento 5%) ottenuto come media della risposta in superficie calcolata sull'intero set di accelerogrammi scelto. Si osserva il confronto in figura tra spettro medio RSL e lo spettro NTC per suolo di classe E ($a_{max} = 0.326g$). In particolare, si nota come lo spettro RSL risulti superiore per alte frequenze a quello di Norma, mentre è ben al di sotto dello stesso aumentando il periodo.

Gli effetti morfologici di sito sulla risposta sismica locale sono stati presi in conto applicando allo spettro di risposta elastico il fattore di amplificazione calcolato in accordo alle norme tecniche. In particolare, il sito ricade in categoria T2 della classificazione da NTC2018 ed il punto di interesse si trova a metà al pendio come mostra Figura 5-36, pertanto è stata considerata una riduzione del 50% del coefficiente ivi indicato, che risulta pari a 1.1.

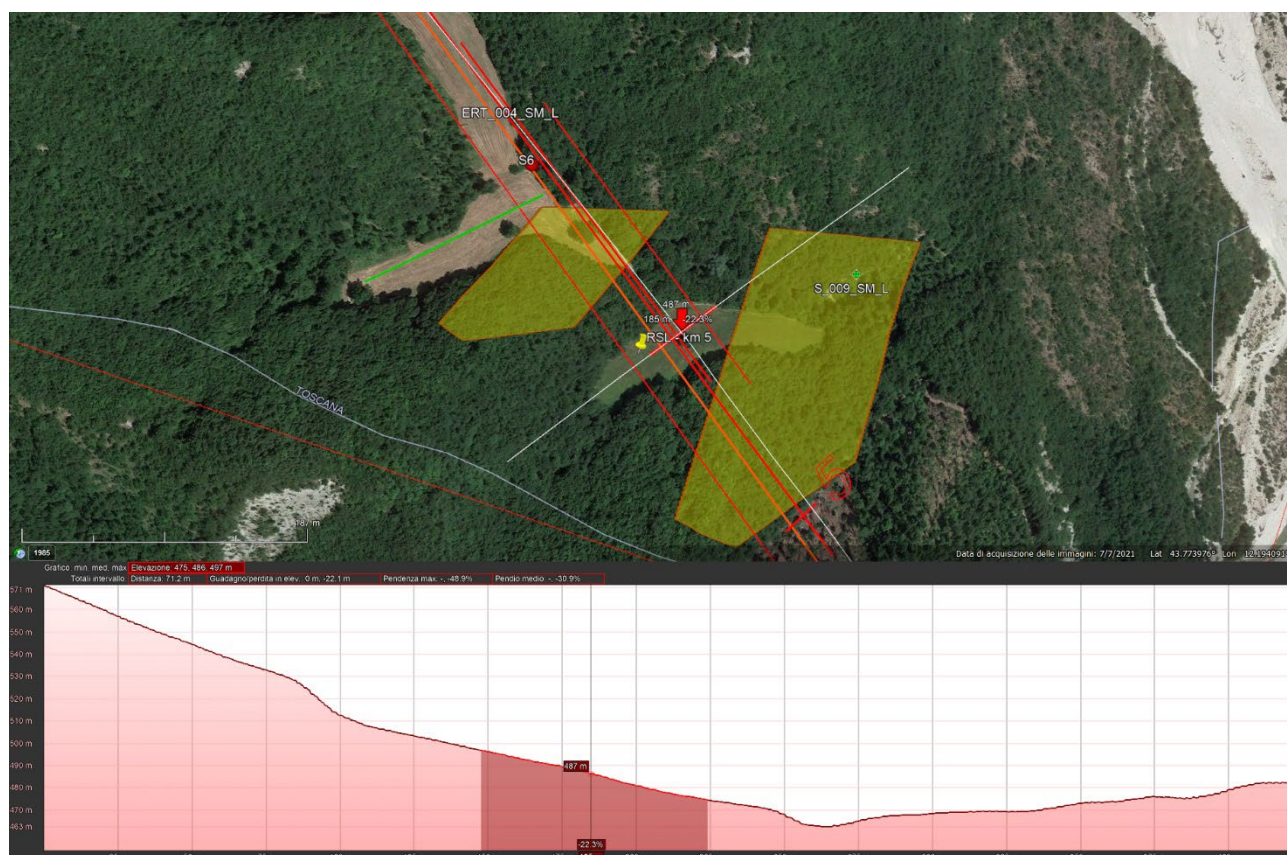


Figura 5-36: RSL km 5+000 ÷ 5+360 Profilo elevazione del pendio in corrispondenza del punto di analisi.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 110 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

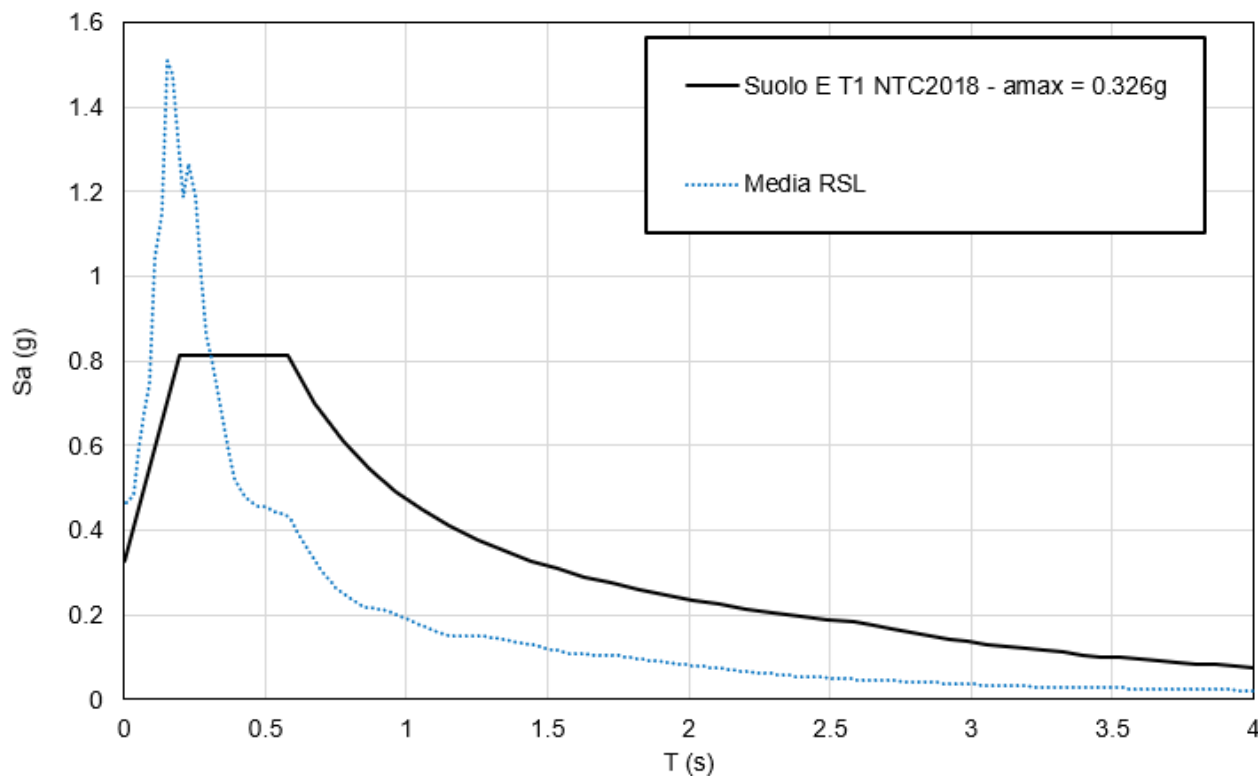


Figura 5-37: RSL km 5+000 ÷ 5+360 – Spettro medio risultato dell’analisi di risposta sismica locale, a confronto con lo spettro di risposta NTC2018 calcolato per Categoria di suolo E ($a_{max} = 0.326g$).

A partire dallo spettro medio risultato dall’analisi di Risposta Sismica Locale è stato costruito lo spettro elastico di progetto. Lo spettro elastico di progetto è stato determinato adottando una forma spettrale da NTC2018, come mostrato in Figura 5-48 a confronto con i dati NTC2018 e i risultati dell’analisi RSL, utilizzando i seguenti parametri:

- a_{max} = 0.46 g
- T_B = 0.06 s
- T_C = 0.19 s
- T_D = 3.44 s
- F_0 = 3.05

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 111 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

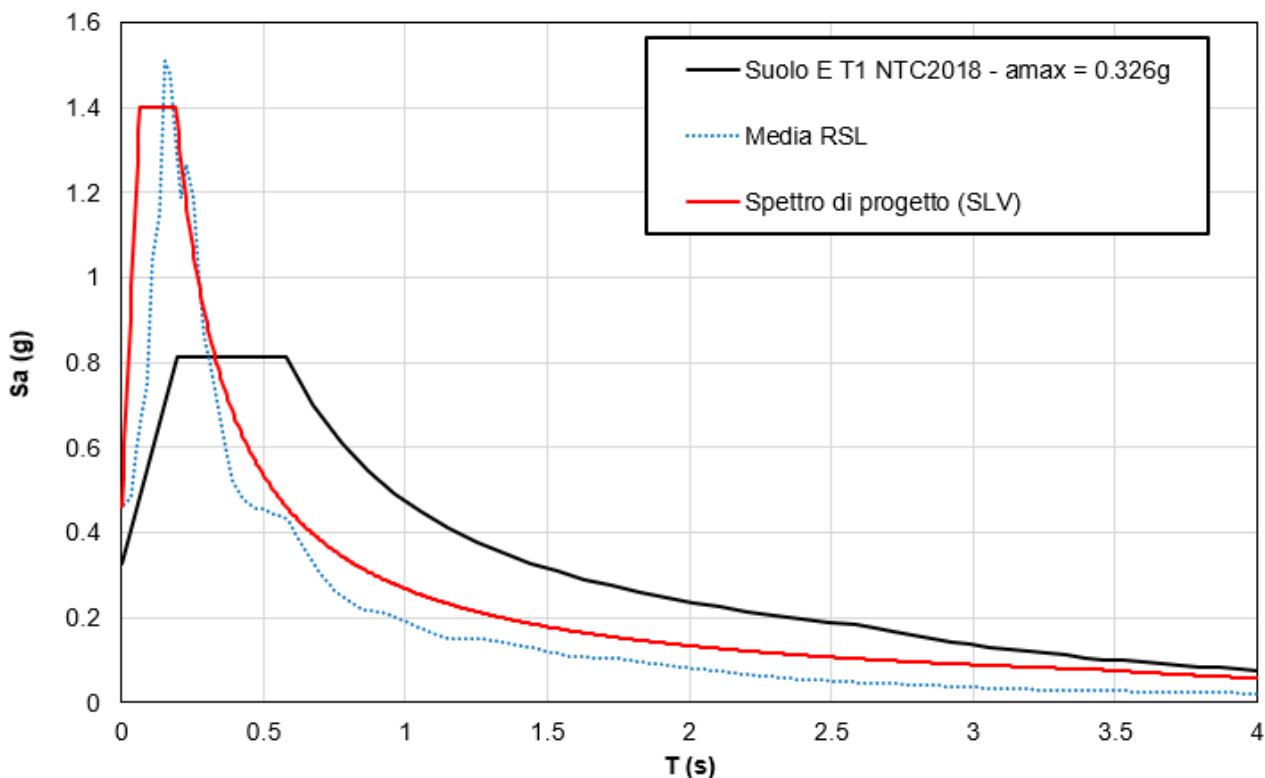


Figura 5-38: RSL km 5+000 ÷ 5+360 – Spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%) a confronto con media RLS e spettro NTC per suoli di tipo E.

In conclusione, in Figura 5-49 viene rappresentato lo spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%) con fattore di amplificazione topografica applicato. I parametri dello spettro di progetto sono i seguenti:

- a_{max} = 0.50 g
- T_B = 0.06 s
- T_C = 0.19 s
- T_D = 3.44 s
- F_0 = 3.05

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 112 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

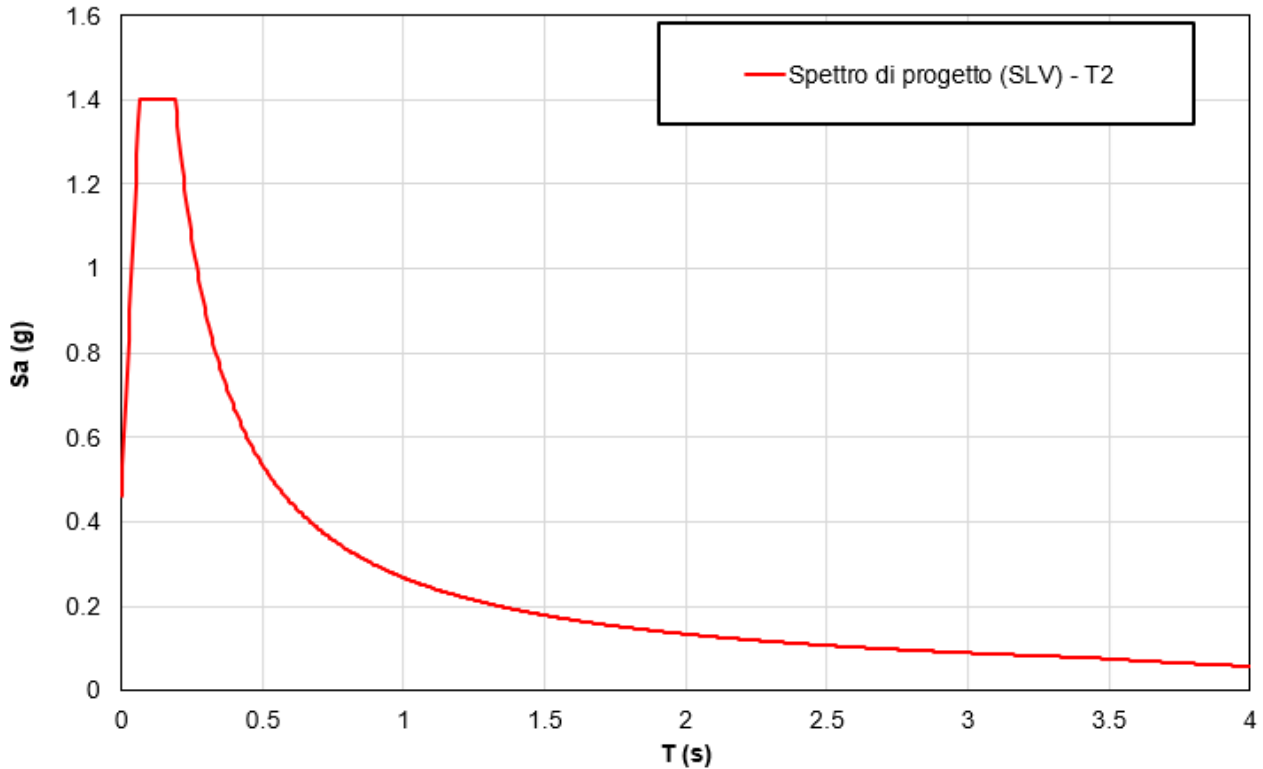


Figura 5-39: RSL km 5+000 ÷ 5+360 – Spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%) con fattore di amplificazione topografica.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 113 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

5.5.2.4 TRATTO RSL km 6+168

L'analisi RSL è stata eseguita al km 6+168 in corrispondenza del punto identificato per la verifica della stabilità del pendio nel comune di Badia Tedalda. L'indagine geofisica eseguita nei dintorni è la seguente:

- MASW 26 (campagna 2023);

La stratigrafia di riferimento per l'analisi è definita a partire da quanto indicato nel Doc. Rif. [10] ed è riportata in Tabella 5-48.

Tabella 5-48: Modello geotecnico – RSL km 6+168.

| <u>MODELLO GEOTECNICO pk 6+168 circa</u> | | |
|---|-----------------------|-----------------|
| Coordinate: (x: 273659, y: 4851260) | | |
| Livello | Profondità (m) | Vs (m/s) |
| Deposito di frana | 0,00 – 10,00 | 335 |
| Alternanza pelitico-sabbiosa | 10,00 – 25,00 | 495 |
| Alternanza arenacea-marnosa | 25,00 – 70,00 | 1100 |

Il set di accelerogrammi è stato selezionato mediante l'utilizzo del software SCALCONA 3.0 fornito dalla Regione Toscana, in funzione delle coordinate del sito di interesse, unitamente all'estrazione degli accelerogrammi dal nodo del reticolo ID20072 del portale Eucentre fornito dalla Regione Emilia-Romagna, data la vicinanza del punto al confine tra le due regioni.

In Figura 5-45 viene mostrato il profilo di velocità delle onde di taglio caratteristico costruito sull'insieme delle prove geofisiche rappresentative della zona di interesse (dal profilo si ottiene $V_{S,eq} = 398$ m/s).

Il bedrock sismico è posizionato a 25m di profondità, in base ai risultati delle prove geofisiche e dalla stratigrafia disponibile.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 114 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

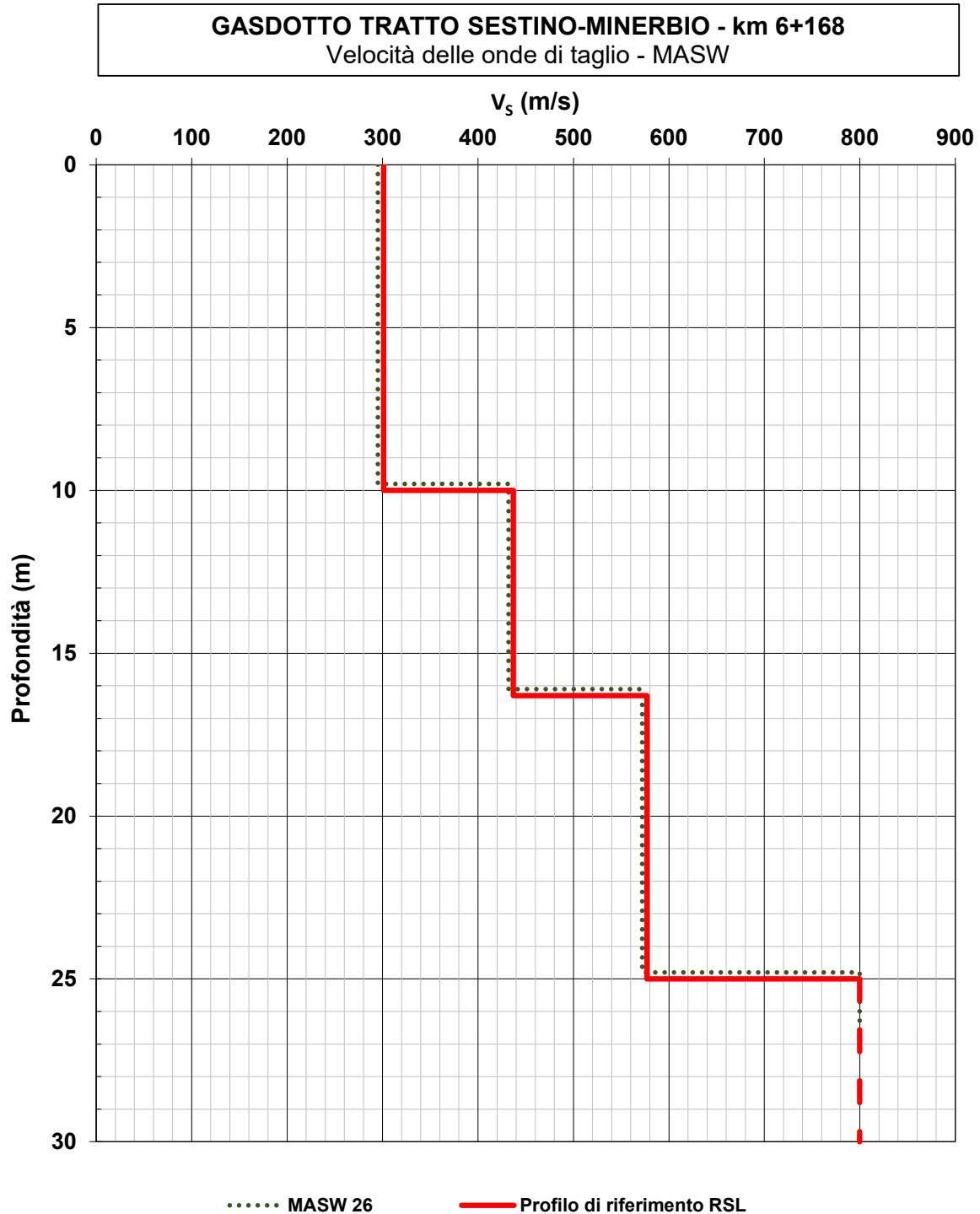


Figura 5-40: Profilo caratteristico individuato sulla base delle prove in sito all'interno dell'area di riferimento.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 115 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Sulla base di quanto sopra, il modello stratigrafico ed i valori del profilo di V_s di riferimento per l'analisi di risposta sismica locale sono indicati in Tabella 5-44. La litologia e le curve di degrado del modulo di taglio e smorzamento di letteratura (EPRI (93)) associate ad ogni formazione sono riportate in Tabella 5-45.

Tabella 5-49: Modello stratigrafico – RSL km 6+168.

| Profondità (m) | | V_s (m/s) | Tipo di terreno |
|----------------|-------|----------------------------|----------------------------------|
| Da | a | | |
| 0 | 10.00 | $V_{s,H} = 398$ m/s 301 | Deposito di frana |
| 10.00 | 16.30 | 437 | Alternanza pelitico-sabbiosa (1) |
| 16.30 | 25.00 | 577 | Alternanza pelitico-sabbiosa (2) |
| 25.00 | - | 800 | Bedrock |

Tabella 5-50: Curve di degrado ciclico – RSL km 6+168.

| Tipo di terreno | G/G_{max} | Damping |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|
| Deposito di frana | EPRI(93), 0-6 m | EPRI(93), 0-6 m |
| Alternanza pelitico-sabbiosa (1) | EPRI(93), 6-15 m | EPRI(93), 6-15 m |
| Alternanza pelitico-sabbiosa (2) | EPRI(93), 15-30 m | EPRI(93), 15-30 m |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 116 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Il software utilizzato, la procedura di analisi e le curve di degrado adottate nel modello sono dettagliati in **Appendice A**.

Il risultato delle analisi RSL è mostrato in Figura 5-42 in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione (smorzamento 5%) ottenuto come media della risposta in superficie calcolata sull'intero set di accelerogrammi scelto. Si osserva il confronto in figura tra spettro medio RSL e lo spettro NTC per suolo di classe B ($a_{max} = 0.245g$). In particolare, si nota come lo spettro RSL risulti superiore per alte frequenze a quello di Norma, mentre è al di sotto dello stesso aumentando il periodo.

Gli effetti morfologici di sito sulla risposta sismica locale sono stati tenuti in conto applicando allo spettro di risposta elastico il fattore di amplificazione calcolato in accordo alle norme tecniche. In particolare, il sito ricade in categoria T2 della classificazione da NTC2018 ed il punto di interesse si trova a metà al pendio come mostra Figura 5-41, pertanto è stata considerata una riduzione del 50% del coefficiente indicato che risulta pari a 1.1.

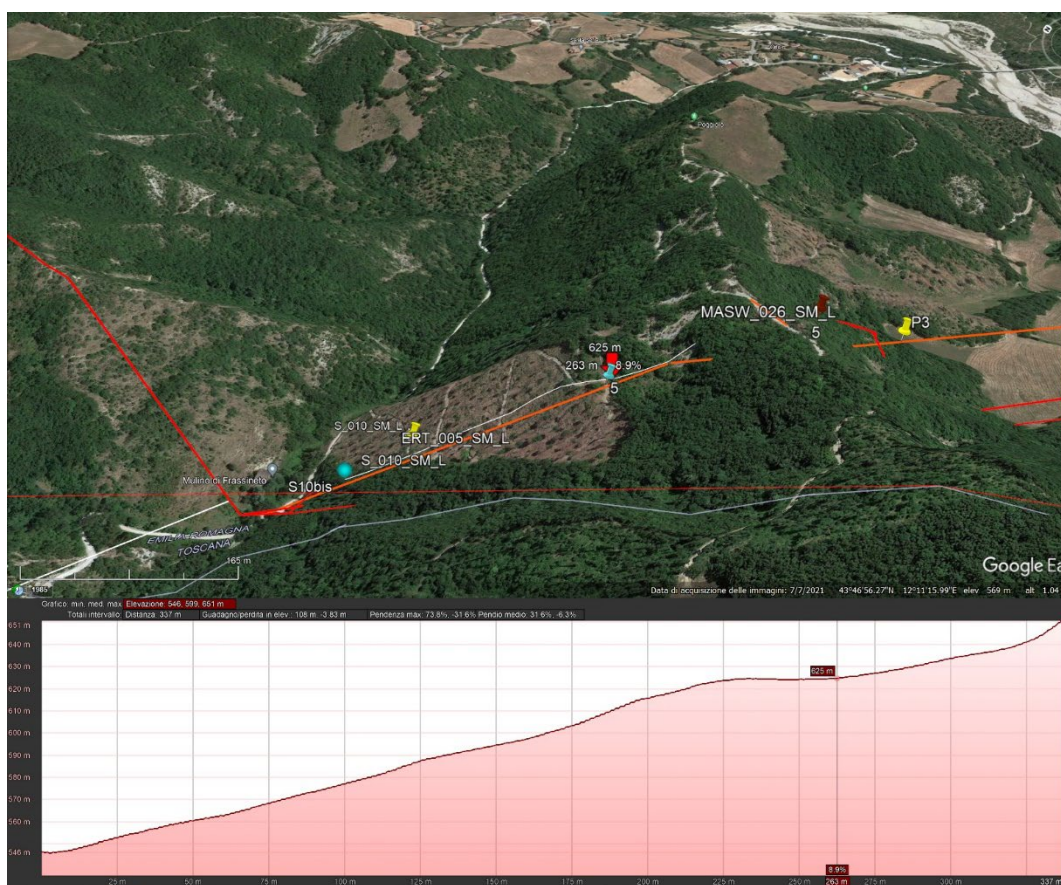


Figura 5-41: RSL km 6+168 – Profilo elevazione del pendio in corrispondenza del punto di analisi.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 117 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

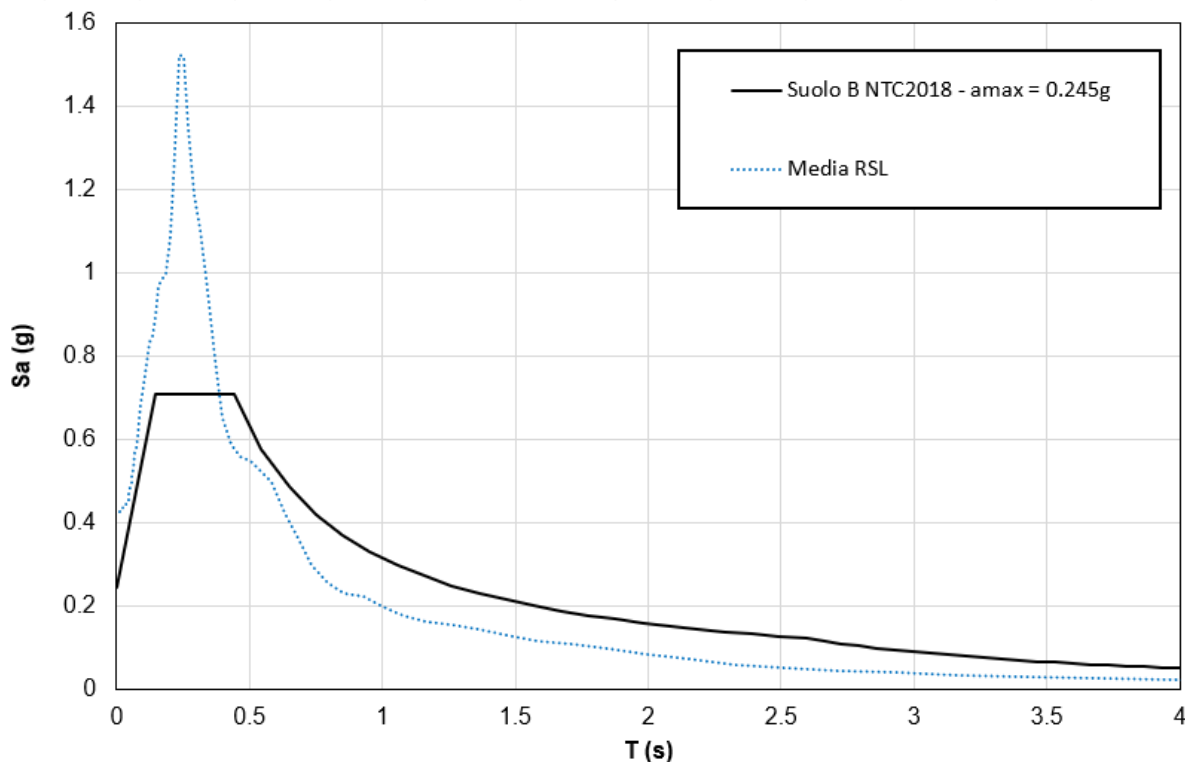


Figura 5-42: RSL km 6+168 – Spettro medio risultato dell’analisi di risposta sismica locale, a confronto con lo spettro di risposta NTC2018 calcolato per Categoria di suolo E ($a_{max} = 0.245g$).

A partire dallo spettro medio risultato dall’analisi di Risposta Sismica Locale è stato costruito lo spettro elastico di progetto. Lo spettro elastico di progetto è stato determinato adottando una forma spettrale da NTC2018, come mostrato in Figura 5-43 a confronto con i dati NTC2018 e i risultati dell’analisi RSL, utilizzando i seguenti parametri:

- $a_{max} = 0.42 g$
- $T_B = 0.09 s$
- $T_C = 0.28 s$
- $T_D = 3.28 s$
- $F_0 = 3.0$

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 118 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

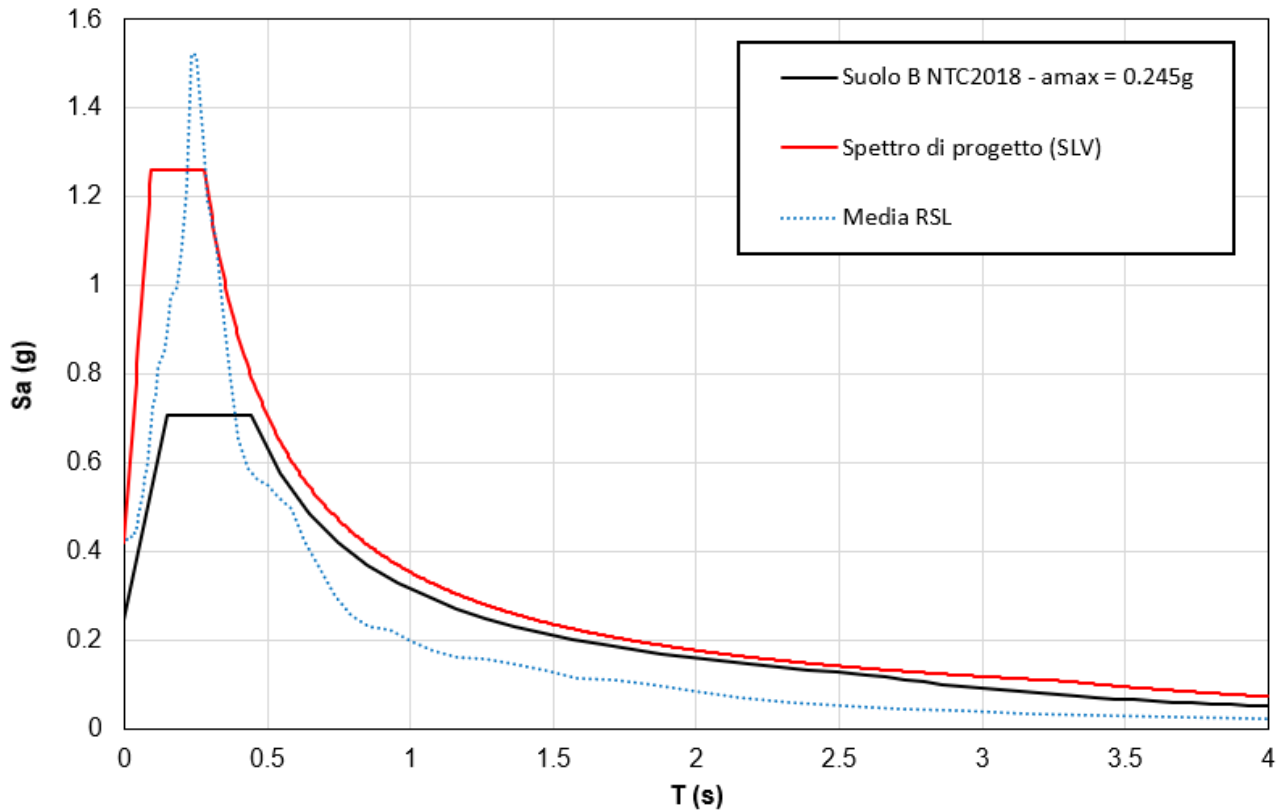


Figura 5-43: RSL km 6+168 – Spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%) a confronto con media RLS e spettro NTC per suoli di tipo B.

In conclusione, in Figura 5-44 viene rappresentato lo spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%) con fattore di amplificazione topografica applicato. I parametri dello spettro di progetto sono i seguenti:

- a_{max} = 0.46 g
- T_B = 0.09 s
- T_C = 0.28 s
- T_D = 3.45 s
- F_0 = 3.0

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 119 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

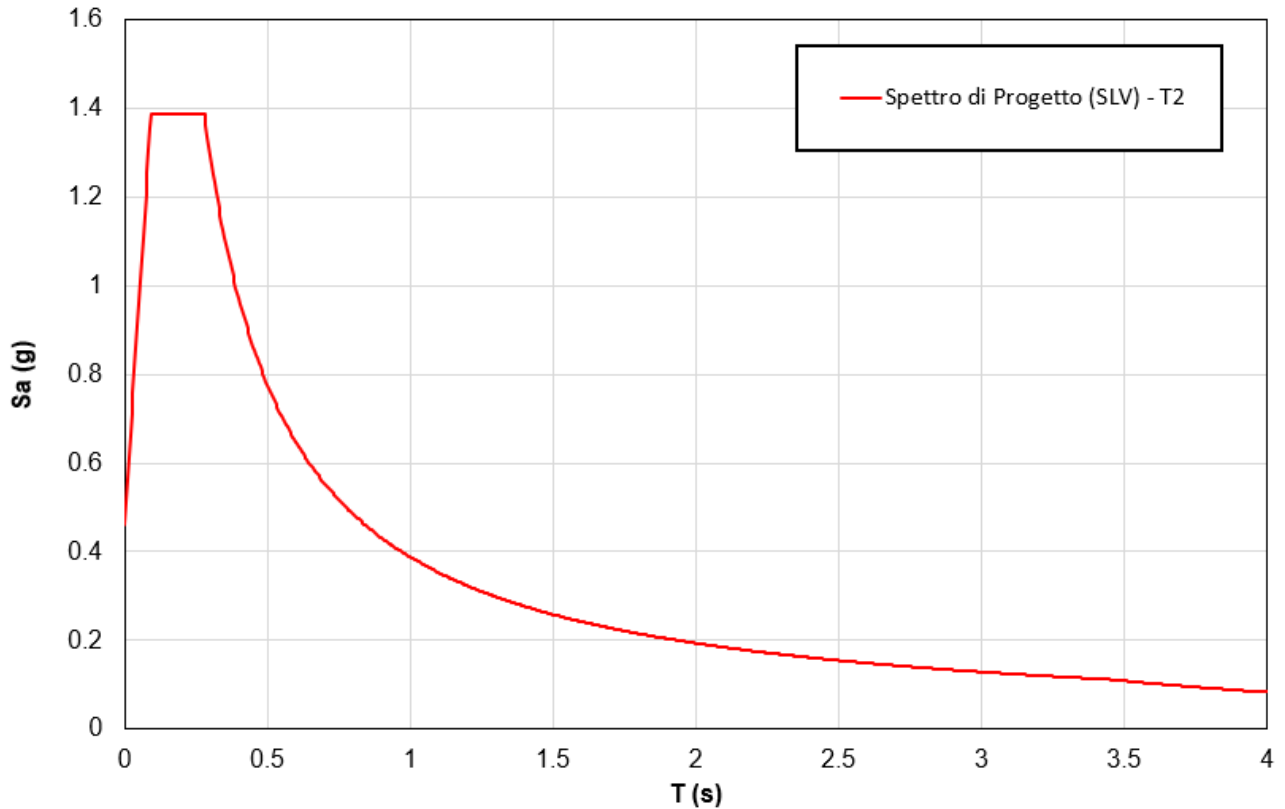


Figura 5-44: RSL km 6+168 – Spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%) con fattore di amplificazione topografica.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 120 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

5.5.2.5 TRATTO RSL km 8+560

L'analisi RSL è stata eseguita al km 8+560 in corrispondenza del punto identificato per la verifica della stabilità del pendio nel comune di Badia Tedalda. Le indagini all'interno dell'area sono le seguenti:

- I sondaggi S_97_GM_Z, S_013_SM_L e S_014_SM_L della campagna d'indagine 2023.

Il set di accelerogrammi è stato selezionato mediante l'utilizzo del software SCALCONA 3.0 fornito dalla Regione Toscana, in funzione delle coordinate del sito di interesse, unitamente all'estrazione degli accelerogrammi dal nodo del reticolo ID20072 del portale Eucentre fornito dalla Regione Emilia-Romagna, data la vicinanza del punto al confine tra le due regioni.

In Figura 5-45 viene mostrato il profilo di velocità delle onde di taglio caratteristico costruito a partire dalla correlazione dei risultati delle prove SPT eseguite nelle verticali presenti nella zona di interesse (dal profilo si ottiene $V_{S,eq} = 448$ m/s).

Il bedrock sismico è posizionato a 10m di profondità, come si evince dalla stratigrafia ottenuta dai sondaggi eseguiti nell'area di interesse.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 121 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

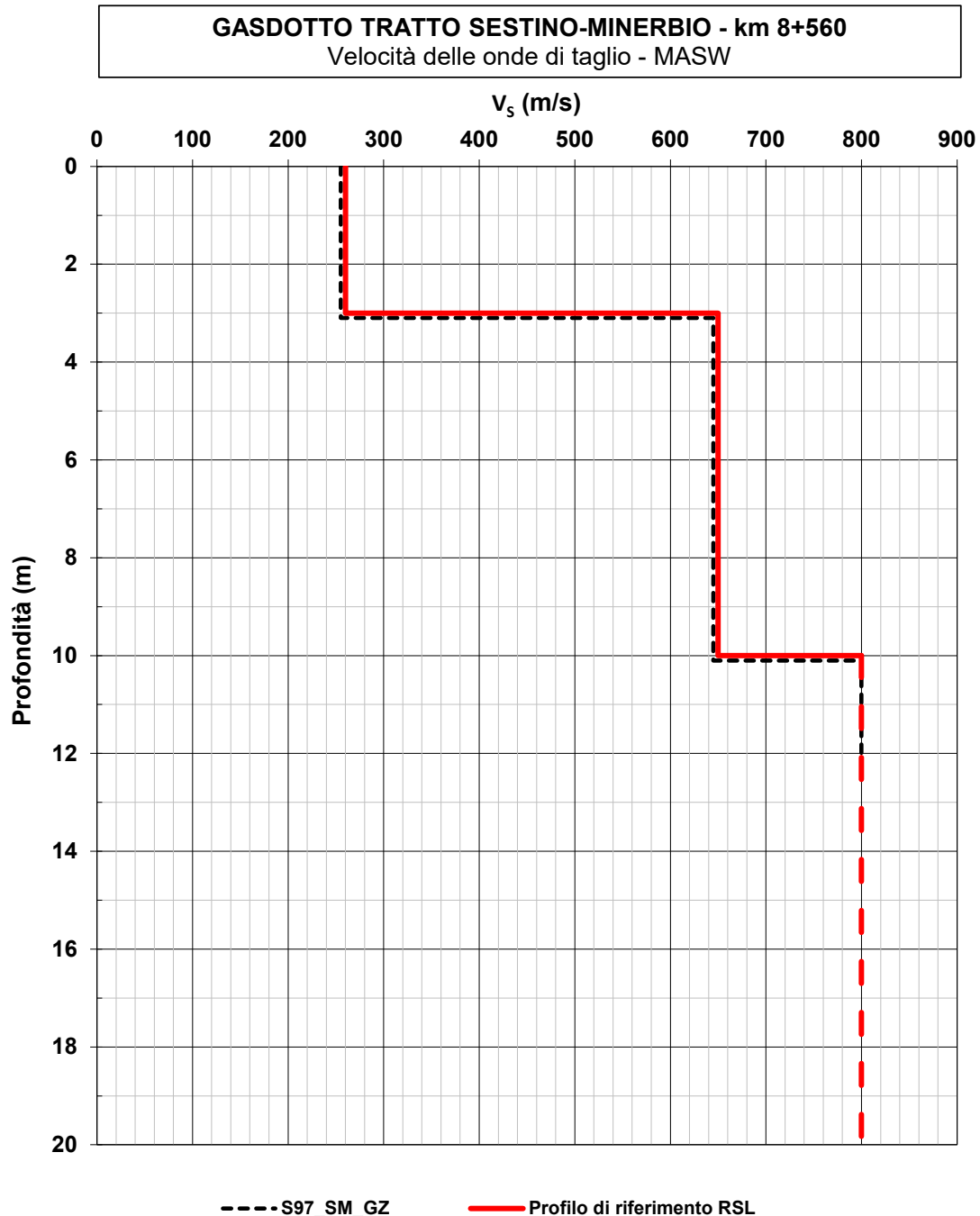


Figura 5-45: Profilo caratteristico individuato sulla base delle prove in sito all'interno dell'area di riferimento.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 122 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Sulla base di quanto sopra, il modello stratigrafico ed i valori del profilo di V_s di riferimento per l'analisi di risposta sismica locale sono indicati in Tabella 5-51. La litologia e le curve di degrado del modulo di taglio e smorzamento di letteratura (EPRI (93)) associate ad ogni formazione sono riportate in Tabella 5-52.

Tabella 5-51: Modello stratigrafico – RSL km 1+000.

| Profondità (m) | | V_s (m/s) | Tipo di terreno |
|----------------|-------|---------------------|-----------------|
| Da | a | $V_{s,H} = 448$ m/s | |
| 0 | 3.00 | 260 | Argilla |
| 3.00 | 10.00 | 650 | Argilla |
| 10.00 | - | 800 | Bedrock |

Tabella 5-52: Curve di degrado ciclico – RSL km km 1+000.

| Tipo di terreno | G/G_{max} | Damping |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| Argilla | EPRI(93), 0-6 m | EPRI(93), 0-6 m |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 123 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Il software utilizzato, la procedura di analisi e le curve di degrado adottate nel modello sono dettagliati in **Appendice A**.

Il risultato delle analisi RSL è mostrato in Figura 5-47 in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione (smorzamento 5%) ottenuto come media della risposta in superficie calcolata sull'intero set di accelerogrammi scelto. Si osserva il confronto in figura tra spettro medio RSL e lo spettro NTC per suolo di classe B ($a_{max} = 0.244g$). In particolare, si nota come lo spettro RSL risulti di poco superiore a quello di Norma per periodi inferiori a 0.2 secondi circa, mentre è ben al di sotto dello stesso aumentando il periodo.

Gli effetti morfologici di sito sulla risposta sismica locale sono stati tenuti in conto applicando allo spettro di risposta elastico il fattore di amplificazione calcolato in accordo alle norme tecniche. In particolare, il sito ricade in categoria T2 della classificazione da NTC2018 ed il punto di interesse si trova a metà al pendio come mostra Figura 5-46, pertanto è stata considerata una riduzione del 50% del coefficiente indicato che risulta pari a 1.1.

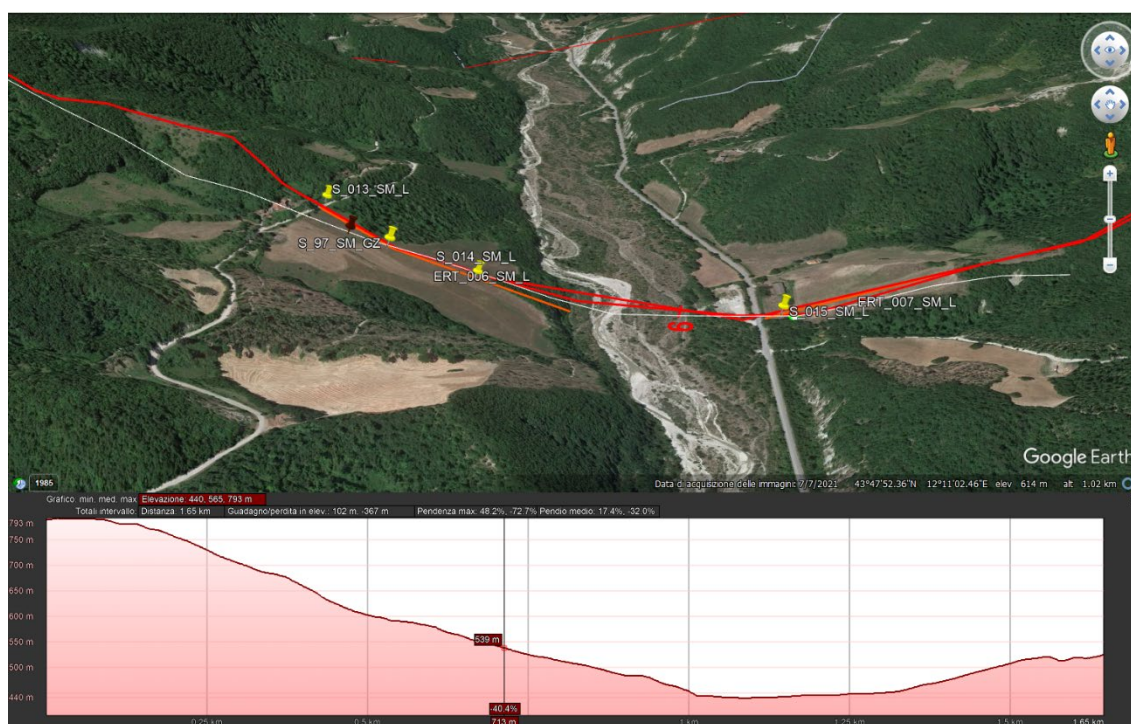


Figura 5-46: RSL km 8+560 – Profilo elevazione del pendio in corrispondenza del punto di analisi.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 124 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

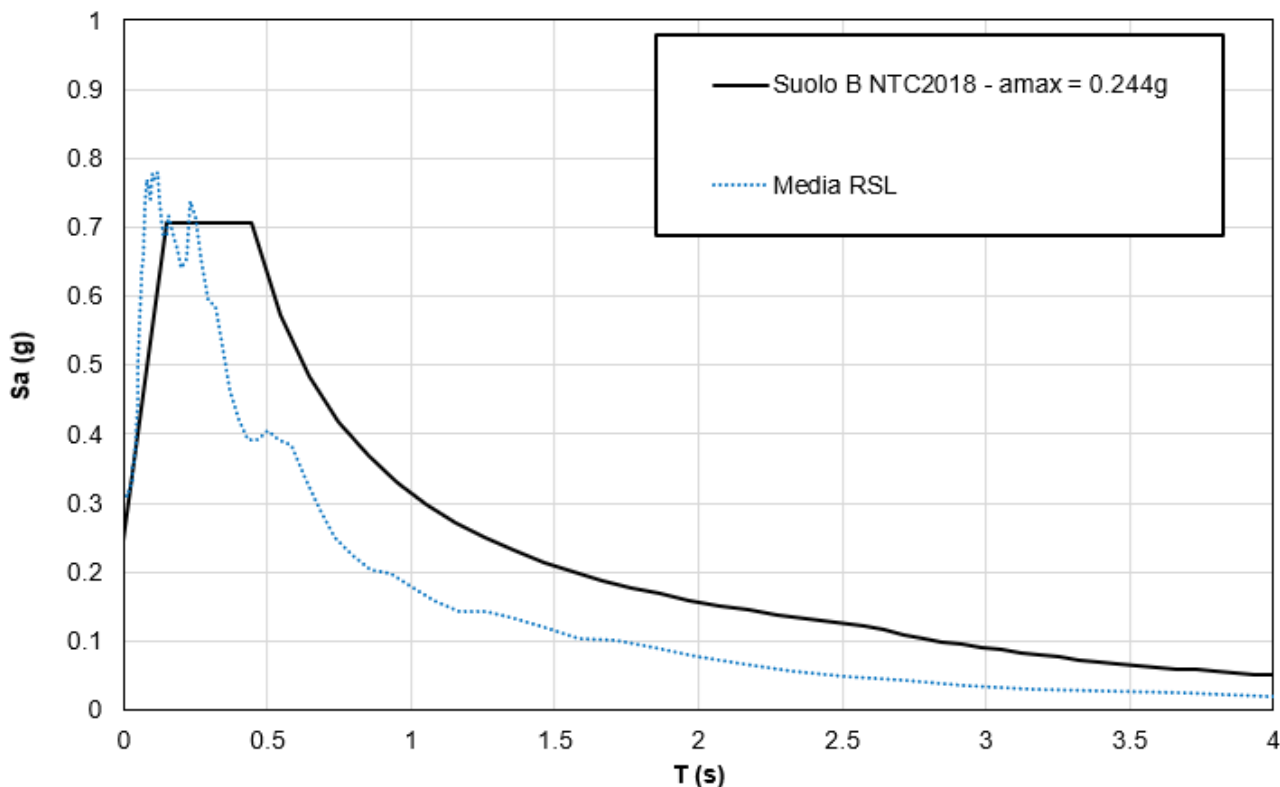


Figura 5-47: RSL km 8+560 – Spettro medio risultato dell’analisi di risposta sismica locale, a confronto con lo spettro di risposta NTC2018 calcolato per Categoria di suolo B ($a_{max} = 0.244g$).

A partire dallo spettro medio risultato dall’analisi di Risposta Sismica Locale è stato costruito lo spettro elastico di progetto. Lo spettro elastico di progetto è stato determinato adottando una forma spettrale da NTC2018, come mostrato in Figura 5-48 a confronto con i dati NTC2018 e i risultati dell’analisi RSL, utilizzando i seguenti parametri:

- $a_{max} = 0.31 g$
- $T_B = 0.08 s$
- $T_C = 0.25 s$
- $T_D = 2.84 s$
- $F_0 = 2.30$

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 125 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

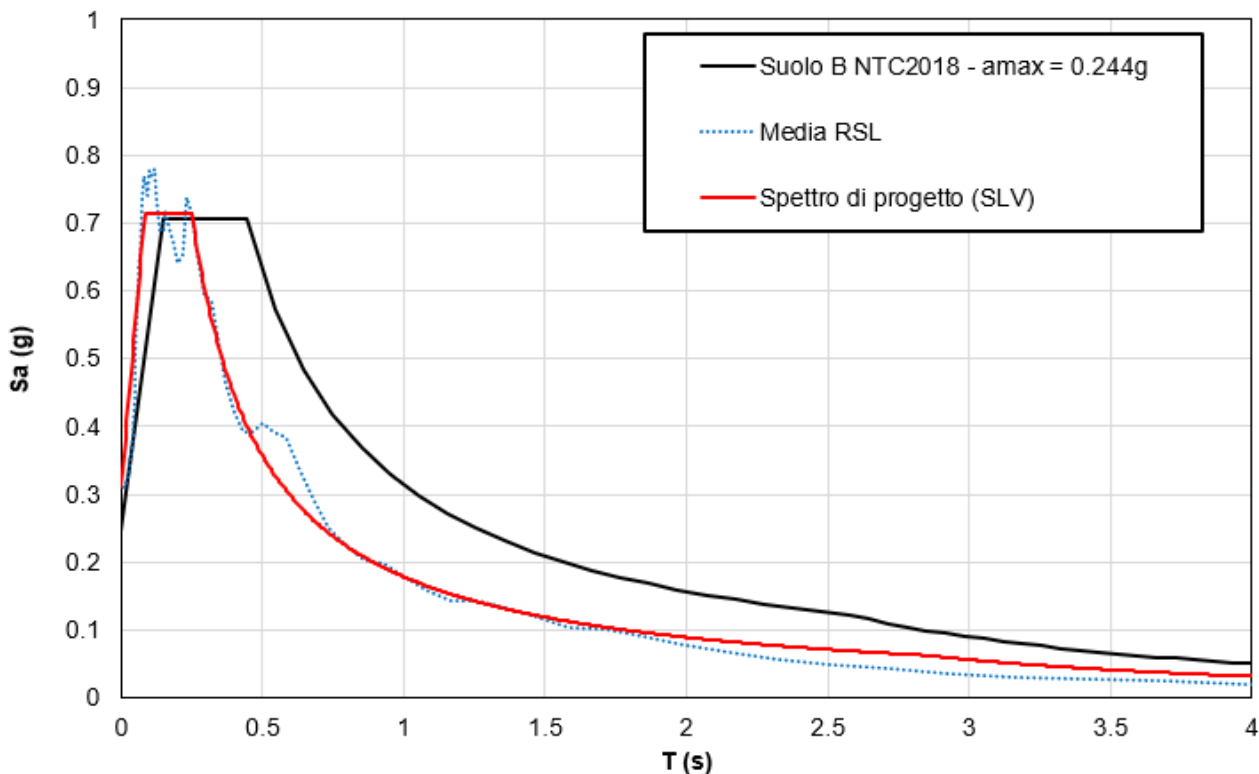


Figura 5-48: RSL km 8+560 – Spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%) a confronto con media RLS e spettro NTC per suoli di tipo B.

In conclusione, in Figura 5-49 viene rappresentato lo spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%) con fattore di amplificazione topografica applicato. I parametri dello spettro di progetto sono i seguenti:

- a_{max} = 0.34 g
- T_B = 0.08 s
- T_C = 0.25 s
- T_D = 2.96 s
- F_0 = 2.30

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 126 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

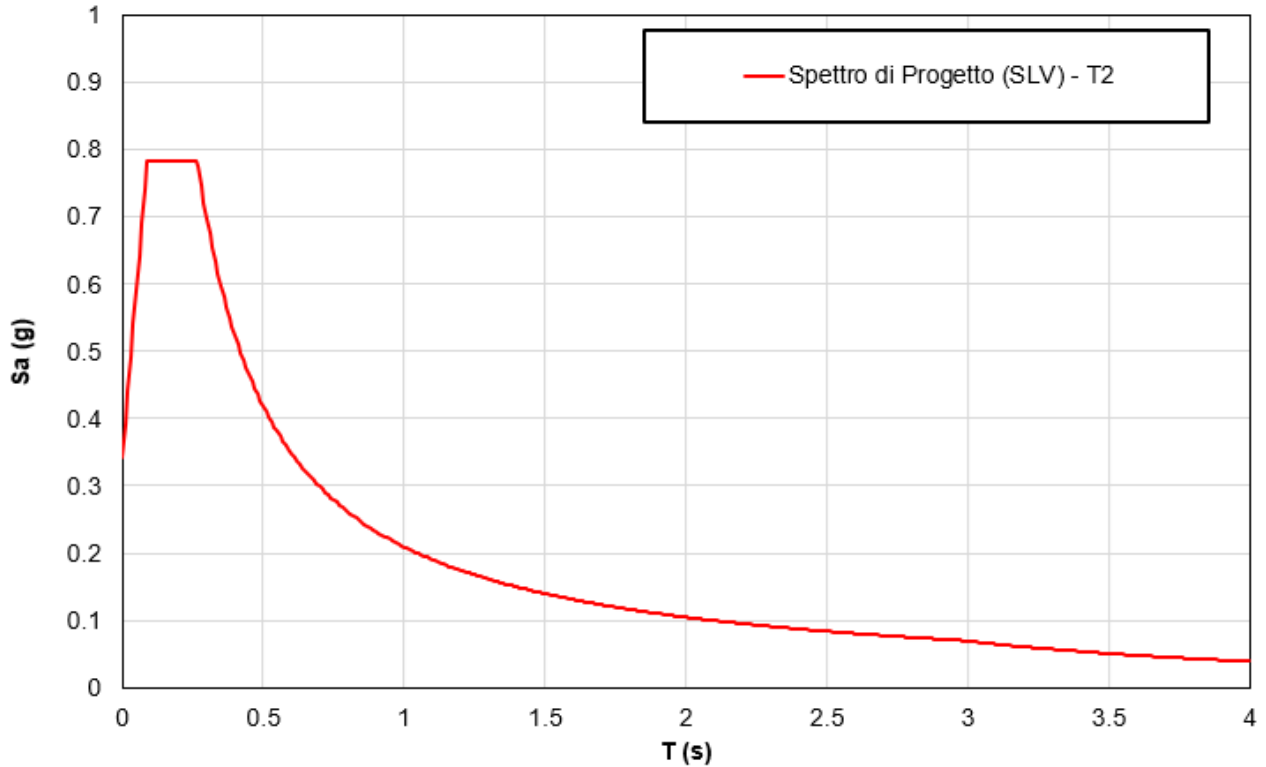


Figura 5-49: RSL km 8+560 – Spettro elastico di progetto (smorzamento pari al 5%) con fattore di amplificazione topografica.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 127 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

5.5.2.6 TRATTO RSL km 81

L'analisi RSL è stata eseguita al km 81 in corrispondenza del sondaggio S_087_SM_L tra il comune di Ravenna e il comune di Russi e poi estesa per omogeneità delle caratteristiche della zona dal km 70+300 al km 90+767. Le indagini all'interno dell'area sono le seguenti:

- MASW 15,16 e 17 (campagna 2023);
- CPTU 6 e 12 (campagna 2023);
- I sondaggi S62, 63, 64, 65, 66, 67 della campagna d'indagine 2023 e i sondaggi A5, A6, S54A, S56 e S56A della campagna d'indagine pregressa.

Il nodo del reticolo da cui è stato estratto il set di accelerogrammi è il n. 17407, che risulta il più vicino al punto di riferimento per il tratto considerato.

In Figura 5-50 viene mostrato il profilo di velocità delle onde di taglio caratteristico costruito sull'insieme delle prove geofisiche e sui valori di velocità ottenuti attraverso correlazioni dalle prove CPTU disponibili e rappresentative della zona di interesse (dal profilo si ottiene $V_{s,eq} = 189$ m/s).

L'estensione del profilo di riferimento di V_s (porzione tratteggiata in Figura 5-51) fino al bedrock sismico è stata condotta mediante una estrapolazione basata su curva analitica funzione di σ'_v , calibrata sulle indagini disponibili.

Dalle caratteristiche geologiche del sito, nell'area vasta di progetto, il bedrock sismico definito da formazioni risalenti al Pleistocene medio (con $V_s > 800$ m/s) è ragionevolmente riscontrabile a profondità dell'ordine dei 300 m (cfr. Figura 5-51).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 128 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

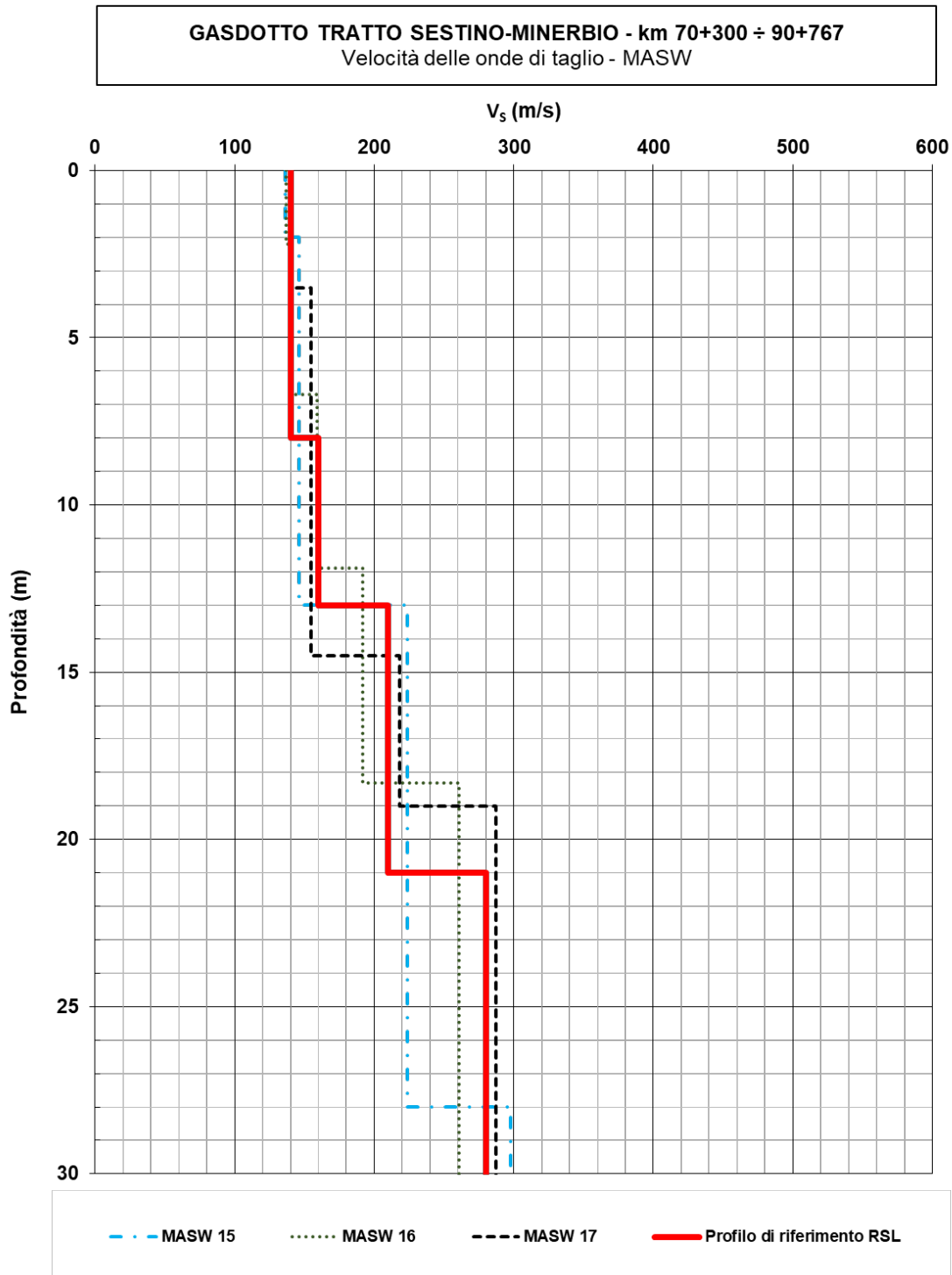


Figura 5-50: Profilo caratteristico individuato sulla base delle prove in sito all'interno dell'area di riferimento.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 129 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

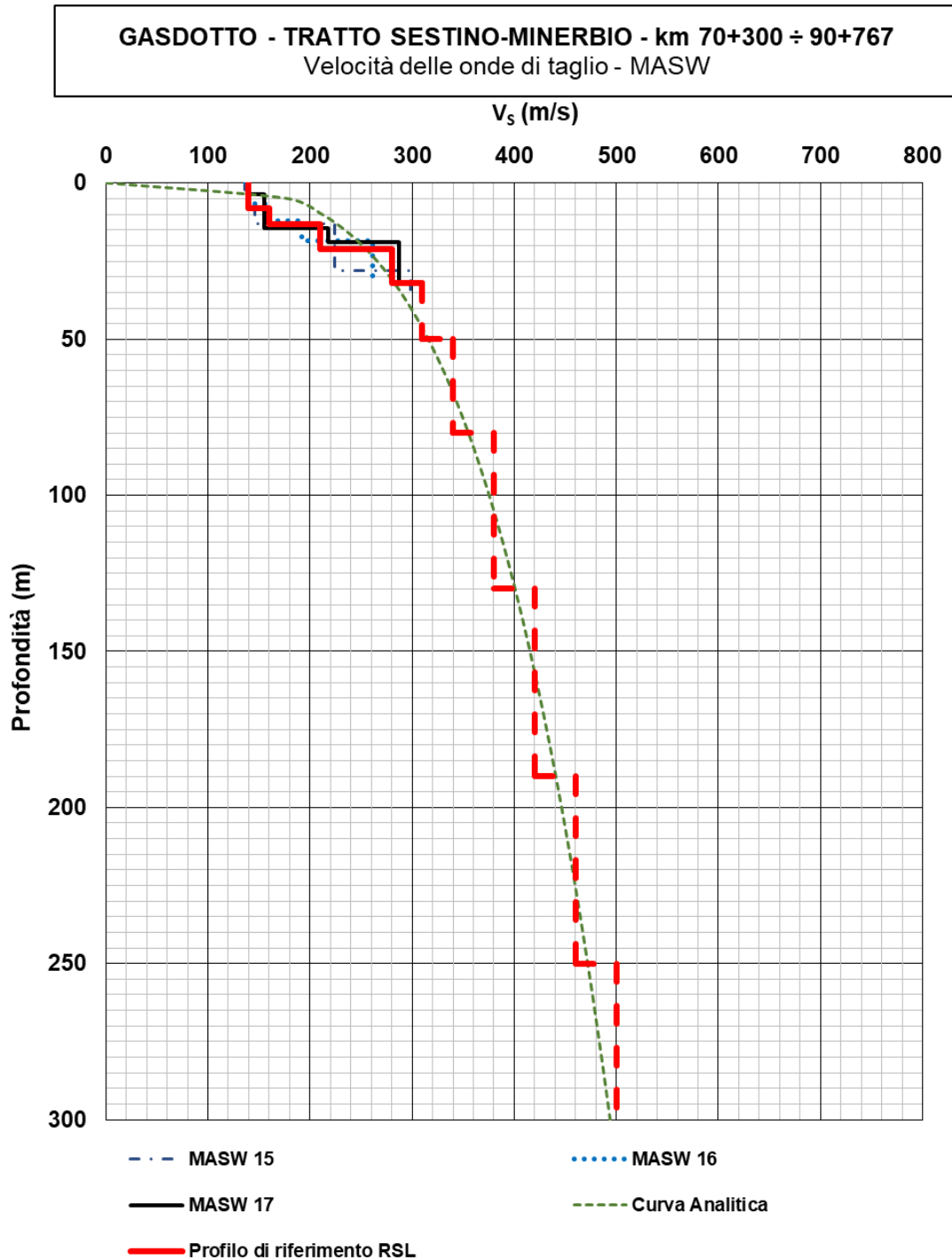


Figura 5-51: Estrapolazione del profilo di V_s di riferimento fino al bedrock sismico.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 130 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Sulla base di quanto sopra, il modello stratigrafico ed i valori del profilo di V_s di riferimento per l'analisi di risposta sismica locale sono indicati in Tabella 5-53. La litologia e le curve di degrado del modulo di taglio e smorzamento di letteratura (Idriss, Clay (1990)) associate ad ogni formazione sono riportate in Tabella 5-54.

Tabella 5-53: Modello stratigrafico – RSL km 70+300 ÷ 90+767.

| Profondità (m) | | V_s (m/s) | Tipo di terreno |
|----------------|-------|-----------------------------|------------------|
| Da | a | | |
| 0 | 8.0 | $V_{s,30} = 189$ m/s 140 | Riporto |
| 8.0 | 13.0 | 160 | Argilla |
| 13.0 | 21.0 | 210 | Argilla |
| 21.0 | 32.0 | 280 | Argilla |
| 32.0 | 50.0 | 310 | Argilla |
| 50.0 | 80.0 | 340 | Argilla profonda |
| 80.0 | 130.0 | 380 | Argilla profonda |
| 130.0 | 190.0 | 420 | Argilla profonda |
| 190.0 | 250.0 | 460 | Argilla profonda |
| 250.0 | 300.0 | 500 | Argilla profonda |
| 300.0 | - | 800 | Bedrock |

Tabella 5-54: Curve di degrado ciclico – RSL km 70+300 ÷ 90+767.

| Tipo di terreno | G/G_{max} | Damping |
|------------------|---------------------|---------------------|
| Riporto | Idriss (1990), Clay | Idriss (1990), Clay |
| Argilla | Idriss (1990), Clay | Idriss (1990), Clay |
| Argilla profonda | EPRI(93), 150-300m | EPRI(93), 150-300m |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 131 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Il software utilizzato, la procedura di analisi e le curve di degrado adottate nel modello sono dettagliati in **Appendice A**.

Il risultato delle analisi RSL è mostrato in Figura 5-52 in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione (smorzamento 5%) ottenuto come media della risposta in superficie calcolata sull'intero set di accelerogrammi scelto. Si osserva il confronto in figura tra spettro medio RSL e spettro NTC per suolo di classe C ($a_{max} = 0.317g$). In particolare, si nota come lo spettro di Norma risulti superiore a quello ottenuto dalla RSL. Il valore di a_{max} risultante dalla RSL è $a_{max} = 0.298g$ che risulta altresì minore del valore ricavato con l'approccio semplificato di NTC2018 che, essendo più cautelativo rispetto al Livello II ($F_{a,PGA} < S_s$) può essere adottato per la definizione dell'azione sismica.

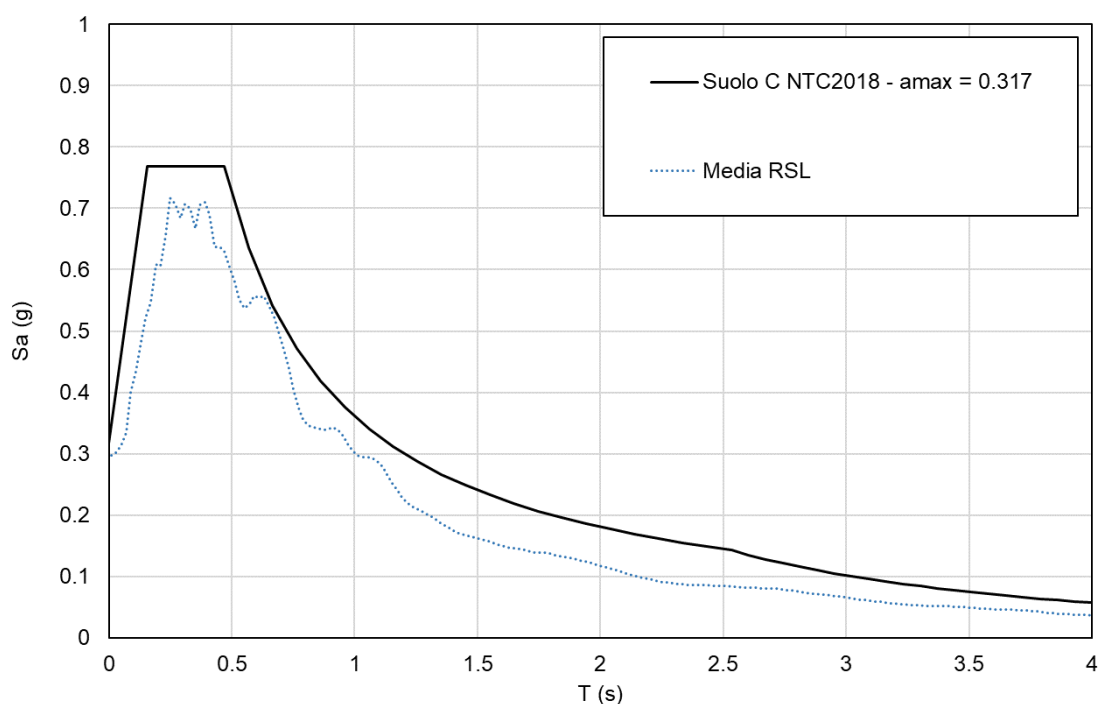


Figura 5-52: RSL km 70+300 ÷ 90+767 – Spettro medio risultato dell'analisi di risposta sismica locale, a confronto con lo spettro di risposta NTC2018 calcolato per Categoria di suolo C ($a_{max} = 0.317g$).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 132 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

5.5.2.7 TRATTO RSL km 120

L'analisi RSL è stata eseguita al km 120 in corrispondenza della MASW 22 localizzata nel Comune di Medicina e poi estesa per omogeneità delle caratteristiche della zona dal km 116+113 al km 124+000. Le indagini all'interno dell'area sono le seguenti:

- MASW 22 (campagna 2023);
- I sondaggi S75, 76, 90 e 91 della campagna d'indagine 2023 e i sondaggi A9, A10, A11, A12, S67A, S69 e S70 della campagna d'indagine pregressa.

Il nodo del reticolo da cui è stato estratto il set di accelerogrammi è il n. 16514, che risulta il più vicino al punto di riferimento per il tratto considerato.

In Figura 5-53 viene mostrato il profilo di velocità delle onde di taglio di calcolo costruito sull'insieme delle prove geofisiche (dal profilo si ottiene $V_{s,eq} = 175$ m/s).

L'estensione del profilo di riferimento di V_s (porzione tratteggiata in Figura 5-54) fino al bedrock sismico è stata condotta mediante una estrapolazione basata su curva analitica funzione di σ'_v , calibrata sulle indagini disponibili.

Dalle caratteristiche geologiche del sito, nell'area vasta di progetto, il bedrock sismico definito da formazioni risalenti al Pleistocene medio (con $V_s > 800$ m/s) è ragionevolmente riscontrabile a profondità non inferiori a 250 m (cfr. Figura 5-54).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 133 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

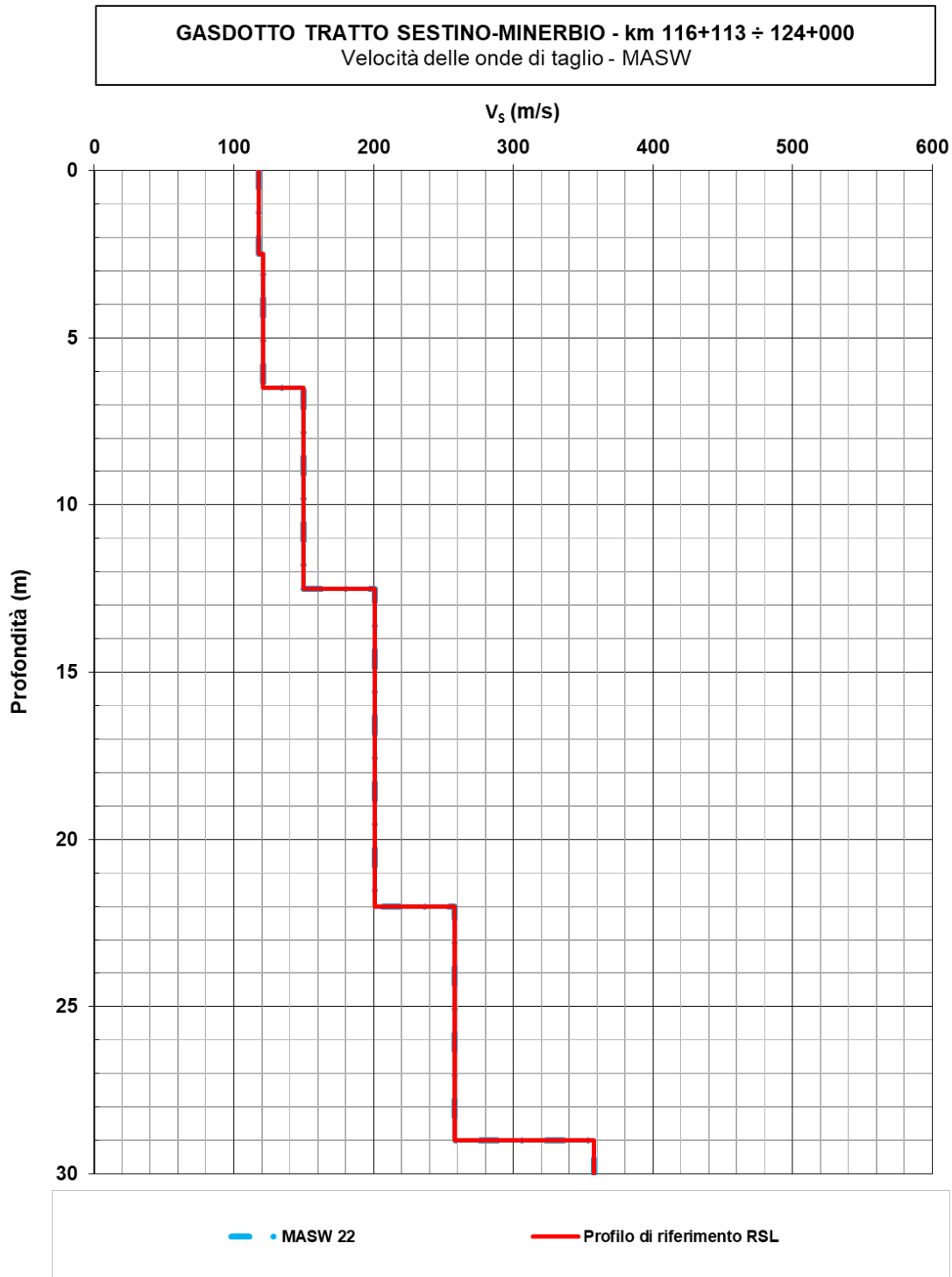


Figura 5-53: Profilo di calcolo costruito sulla base delle prove in sito all'interno dell'area di riferimento.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 134 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

GASDOTTO - TRATTO SESTINO-MINERBIO - km 116+113 ÷ 124+000
 Velocità delle onde di taglio - MASW

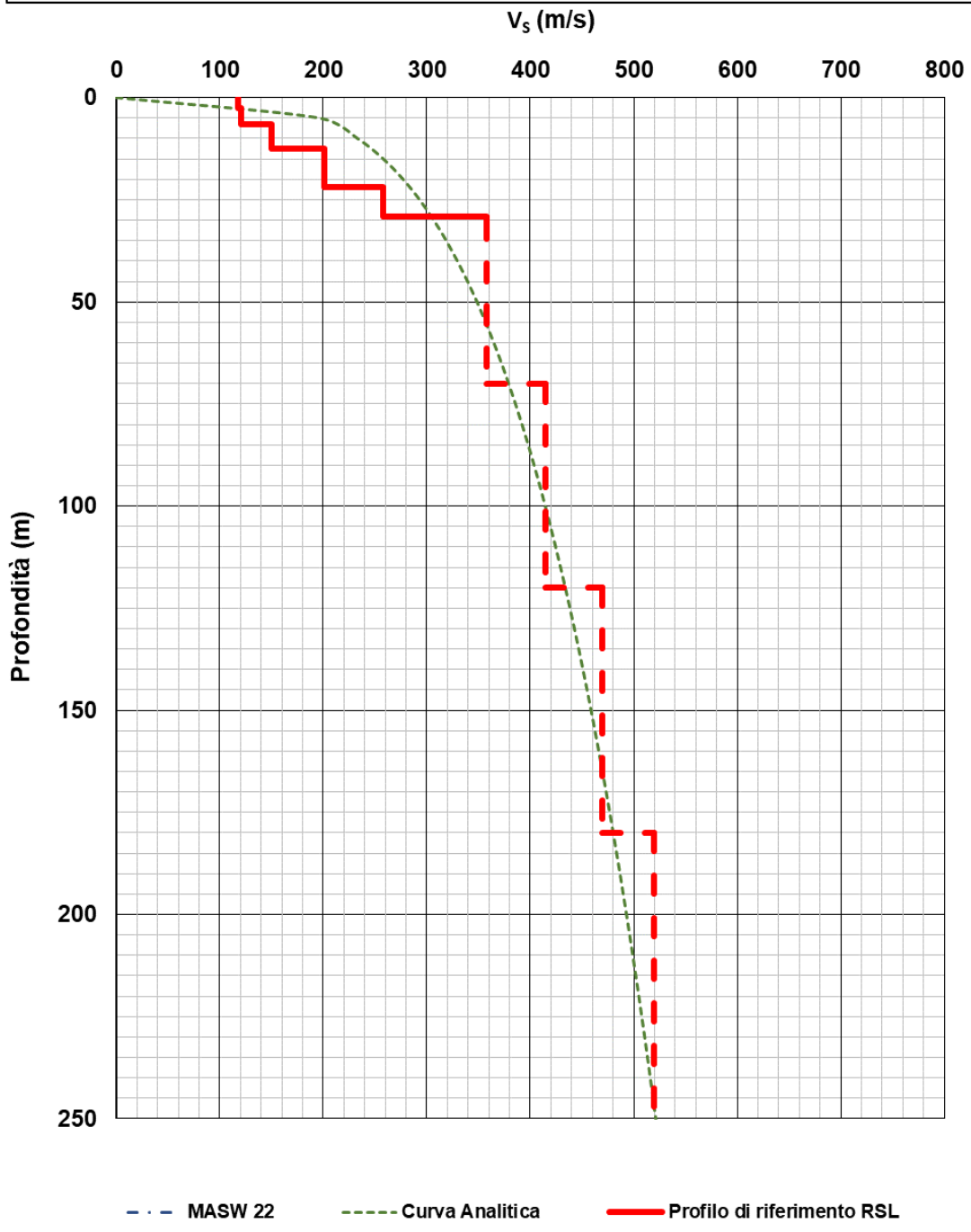


Figura 5-54: Estrapolazione del profilo di V_s di calcolo fino al bedrock sismico.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 135 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Sulla base di quanto sopra, il modello stratigrafico ed i valori del profilo di V_s di riferimento per l'analisi di risposta sismica locale sono indicati in Tabella 5-55. La litologia e le curve di degrado del modulo di taglio e smorzamento di letteratura (Idriss, Clay (1990)) associate ad ogni formazione sono riportate in Tabella 5-56.

Tabella 5-55: Modello stratigrafico - RSL km 116+113 ÷ 124+000.

| Profondità (m) | | V_s (m/s) | Tipo di terreno |
|----------------|-------|----------------------|------------------|
| Da | a | | |
| | | $V_{s,30} = 175$ m/s | |
| 0.0 | 2.5 | 118 | Argilla |
| 2.5 | 6.5 | 121 | Argilla |
| 6.5 | 12.5 | 150 | Argilla |
| 12.5 | 22.0 | 201 | Argilla |
| 22.0 | 29.0 | 258 | Argilla |
| 29.0 | 70.0 | 358 | Argilla profonda |
| 70.0 | 120.0 | 415 | Argilla profonda |
| 120.0 | 180.0 | 470 | Argilla profonda |
| 180.0 | 250.0 | 520 | Argilla profonda |
| 250.0 | - | 800 | Bedrock |

Tabella 5-56: Curve di degrado ciclico - RSL km 116+113 ÷ 124+000.

| Tipo di terreno | G/G_{max} | Damping |
|------------------|---------------------|---------------------|
| Argilla | Idriss (1990), Clay | Idriss (1990), Clay |
| Argilla profonda | EPRI(93), 150-300m | EPRI(93), 150-300m |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 136 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Il software utilizzato, la procedura di analisi e le curve di degrado adottate nel modello sono dettagliati in **Appendice A**.

Il risultato delle analisi RSL è mostrato in Figura 5-55 in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione (smorzamento 5%) ottenuto come media delle risposte in superficie calcolate sull'intero set di accelerogrammi scelto. Si osserva il confronto in figura tra spettro medio RSL e spettro NTC per suolo di classe D ($a_{max} = 0.352g$). In particolare, si nota come lo spettro di Norma risulti superiore a quello ottenuto dalla RSL. Il valore di a_{max} risultante dalla RSL è $a_{max} = 0.318g$ che risulta minore del valore ricavato con l'approccio semplificato di NTC2018. Essendo però più cautelativo il Livello II ($F_{a,PGA} = 1.7$), fornendo un valore di $a_{max} = 0.380g$, questo può essere adottato per la definizione dell'azione sismica.

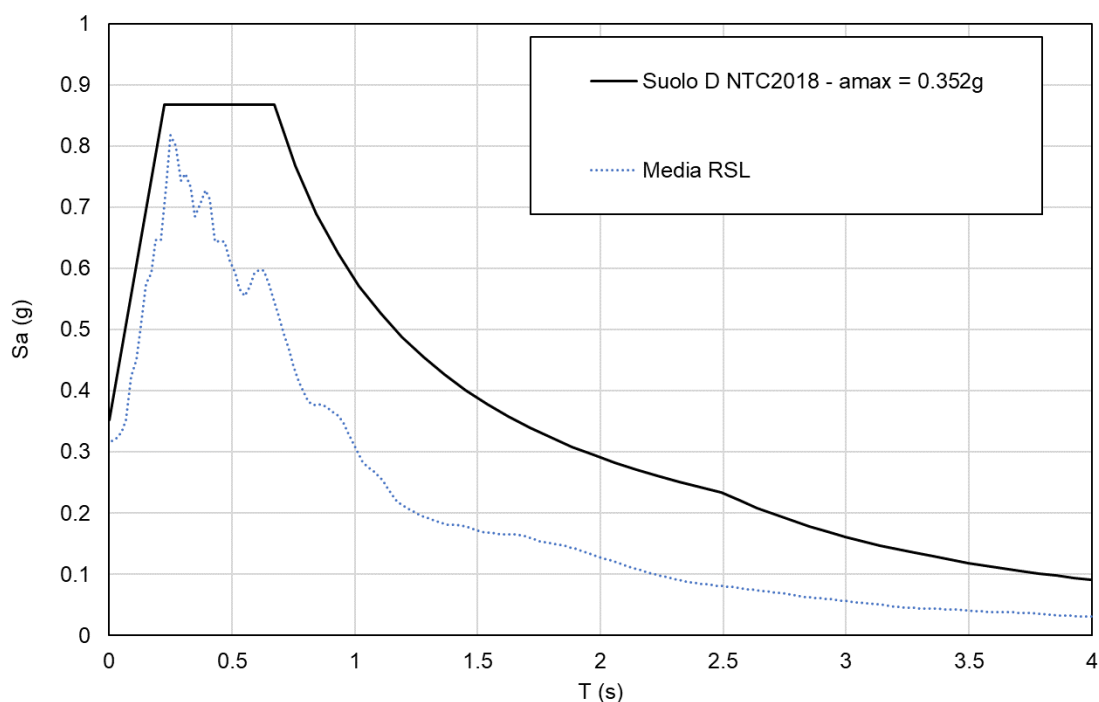


Figura 5-55: RSL km 116+113 ÷ 124+000 - Spettro medio risultato dell'analisi di risposta sismica locale, a confronto con lo spettro di risposta NTC2018 calcolato per Categoria di suolo C ($a_{max} = 0.352g$).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 137 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

5.5.2.8 TRATTO RSL km 135

L'analisi RSL è stata eseguita al km 135 in corrispondenza delle MASW 23 e 24 localizzata nel Comune di Budrio e poi stesa per omogeneità delle caratteristiche della zona dal km 124+000 al km 140+691. Le indagini all'interno dell'area sono le seguenti:

- MASW 23 e 24 (campagna 2023);
- I sondaggi S76, 77, 78, 79, 80, 82, 94 e 95 della campagna d'indagine 2023 e i sondaggi S71, 71A e 72 della campagna d'indagine pregressa.

Il nodo del reticolo da cui è stato estratto il set di accelerogrammi è il n. 16290, che risulta il più vicino al punto di riferimento per il tratto considerato.

In Figura 5-56 viene mostrato il profilo di velocità delle onde di taglio caratteristico costruito sull'insieme delle prove geofisiche (dal profilo si ottiene $V_{s,eq} = 221$ m/s).

L'estensione del profilo di riferimento di V_s (porzione tratteggiata in Figura 5-57) fino al bedrock sismico è stata condotta mediante una estrapolazione basata su curva analitica funzione di σ'_v , calibrata sulle indagini disponibili.

Dalle caratteristiche geologiche del sito, nell'area vasta di progetto, il bedrock sismico definito da formazioni risalenti al Pleistocene medio (con $V_s > 800$ m/s) è ragionevolmente riscontrabile a profondità dell'ordine dei 200 m (cfr. Figura 5-57).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 138 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

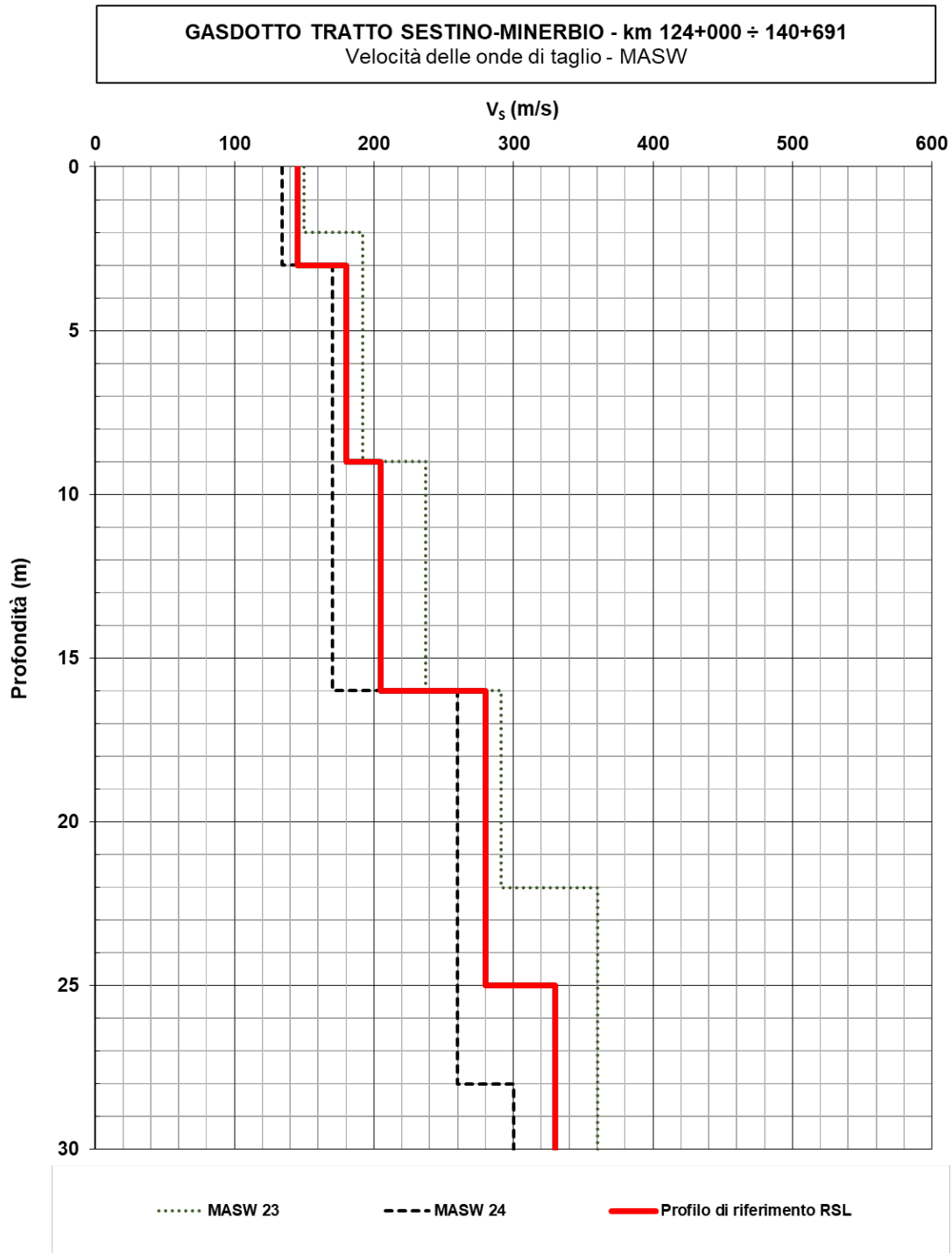


Figura 5-56: Profilo caratteristico individuato sulla base delle prove in sito all'interno dell'area di riferimento.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 139 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

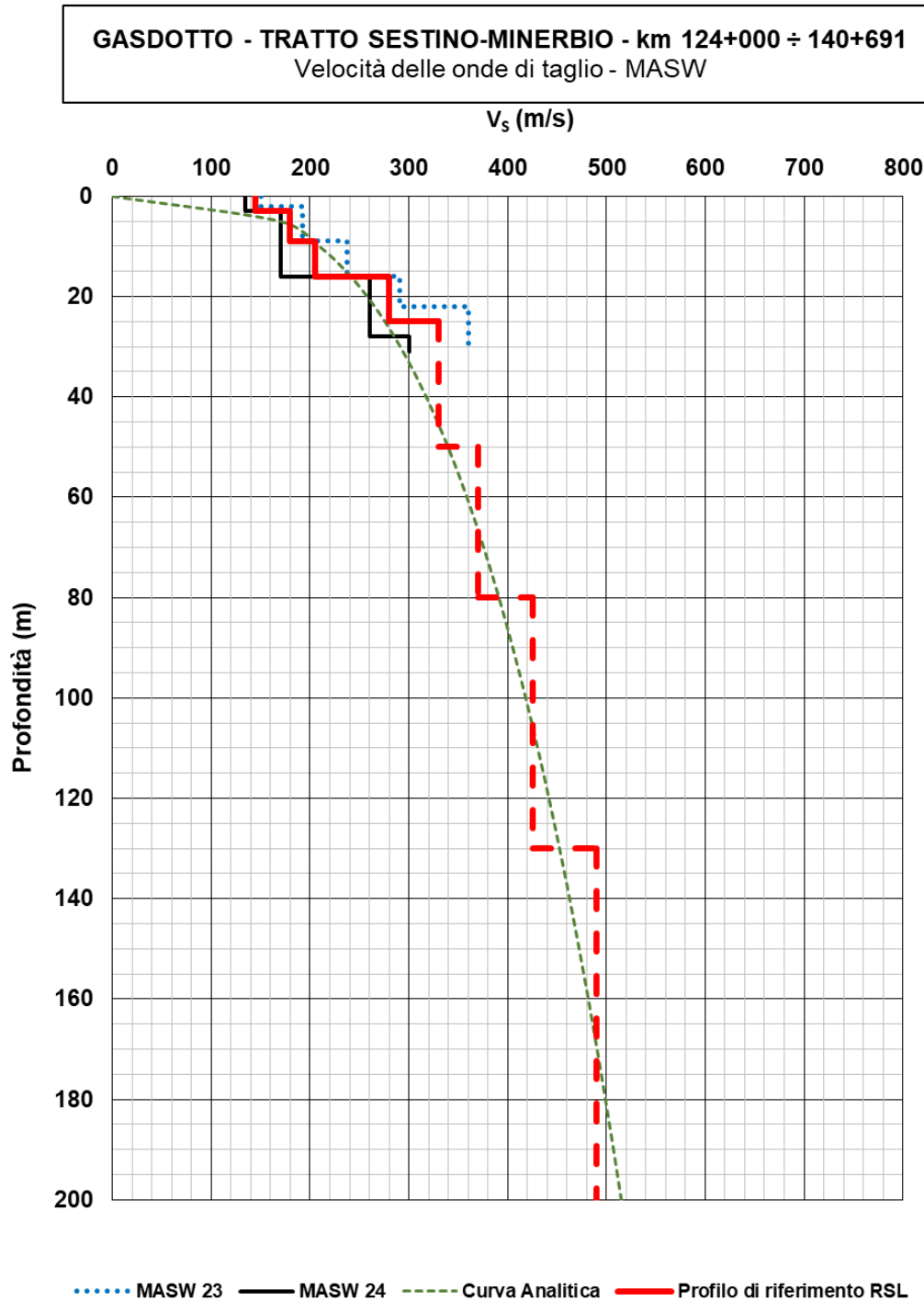


Figura 5-57: Estrapolazione del profilo di Vs di riferimento fino al bedrock sismico.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 140 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Sulla base di quanto sopra, il modello stratigrafico ed i valori del profilo di V_s di riferimento per l'analisi di risposta sismica locale sono indicati in Tabella 5-57. La litologia e le curve di degrado del modulo di taglio e smorzamento di letteratura (Idriss, Clay (1990)) associate ad ogni formazione sono riportate in Tabella 5-58.

Tabella 5-57: Modello stratigrafico - RSL km 124+000 ÷ 140+691.

| Profondità (m) | | V_s (m/s) | Tipo di terreno |
|----------------|-------|----------------------|------------------|
| Da | a | $V_{s,30} = 211$ m/s | |
| 0 | 3.0 | 145 | Riporto |
| 3.0 | 9.0 | 180 | Sabbia limosa |
| 9.0 | 16.0 | 205 | Argilla |
| 16.0 | 25.0 | 280 | Argilla |
| 25.0 | 50.0 | 330 | Argilla |
| 50.0 | 80.0 | 370 | Argilla profonda |
| 80.0 | 130.0 | 425 | Argilla profonda |
| 130.0 | 200.0 | 490 | Argilla profonda |
| 200.0 | - | 800 | Bedrock |

Tabella 5-58: Curve di degrado ciclico - RSL km 124+000 ÷ 140+691.

| Tipo di terreno | G/G_{max} | Damping |
|------------------|---------------------|---------------------|
| Riporto | Idriss (1990), Clay | Idriss (1990), Clay |
| Sabbia limosa | EPRI(93), 15-35m | EPRI(93), 15-35m |
| Argilla | Idriss (1990), Clay | Idriss (1990), Clay |
| Argilla profonda | EPRI(93), 150-300m | EPRI(93), 150-300m |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 141 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Il software utilizzato, la procedura di analisi e le curve di degrado adottate nel modello sono dettagliati in Appendice A.

Il risultato delle analisi RSL è mostrato in Figura 5-58 in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione (smorzamento 5%) ottenuto come media della risposta in superficie calcolata sull'intero set di accelerogrammi scelto. Si osserva il confronto in figura tra spettro medio RSL e spettro NTC per suolo di classe C ($a_{max} = 0.301g$). Il valore di a_{max} risultante dalla RSL è $a_{max} = 0.320g$ che risulta maggiore del valore ricavato con l'approccio semplificato di NTC2018. Essendo però più cautelativo il Livello II ($F_{a,PGA} = 1.8$), fornendo un valore di $a_{max} = 0.394g$, questo può essere adottato per la definizione dell'azione sismica.

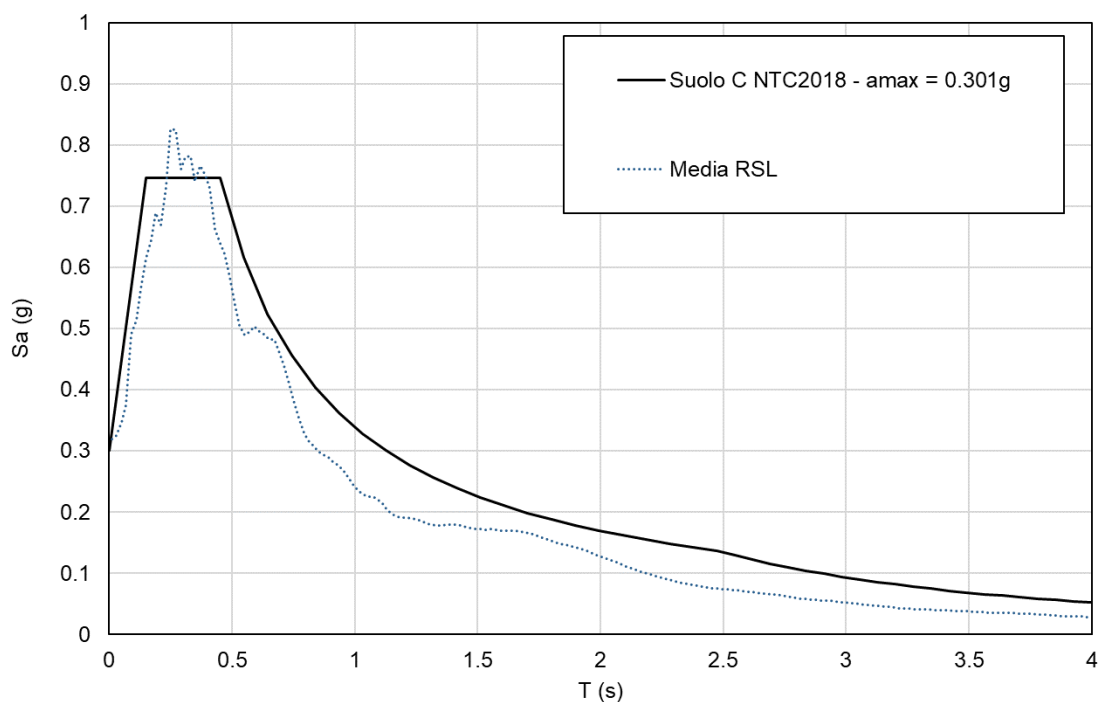


Figura 5-58: RSL km 124+000 ÷ 140+691 - Spettro medio risultato dell'analisi di risposta sismica locale, a confronto con lo spettro di risposta NTC2018 calcolato per Categoria di suolo C ($a_{max} = 0.301g$).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 142 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

5.5.2.9 RIEPILOGO RISULTATI RSL

Di seguito si riporta in Tabella 5-59 il riepilogo dei risultati in termini di a_{max} ottenuti dalle analisi di risposta sismica locale condotte all'interno del presente studio.

Nei comuni di Bagnacavallo, Fusignano, Alfonsine, Lugo e Conselice, appartenenti all'unione della Bassa Romagna, risulta essere già presente un approfondimento di III livello. Per questo motivo, dove possibile, ai fini della caratterizzazione sismica di III livello, sono stati considerati i valori di azione sismica definiti dagli studi RSL riportati all'interno della documentazione di PGT.

Tabella 5-59: Riepilogo risultati studio RSL sul tracciato.

| Comune | da | a | $a_{g,max}$ RSL – III livello |
|--------------------|--------|--------|----------------------------------|
| | [km] | | |
| Sestino | 0+000 | 0+650 | 0.390 (km1+000) |
| | 0+650 | 1+000 | |
| | 1+000 | 2+649 | |
| Pennabilli | 2+649 | 4+000 | - |
| | 4+000 | 4+200 | 0.420 (km4+200) |
| | 4+200 | 4+510 | - |
| Casteldelci | 4+510 | 4+863 | - |
| Badia Tedalda | 4+863 | 5+000 | - |
| | 5+000 | 5+360 | 0.500 |
| | 5+360 | 7+000 | 0.460 (km6+168) |
| | 7+000 | 9+982 | - |
| | 7+600 | 8+050 | - |
| | 8+050 | 9+982 | 0.340 (km8+560) |
| Sant'Agata Feltria | 9+982 | 12+676 | - |
| Casteldelci | 12+250 | 12+500 | - |
| | 12+500 | 12+676 | - |
| Sant'Agata Feltria | 12+676 | 15+260 | - |
| | 15+260 | 16+360 | - |
| | 16+360 | 18+000 | - |
| | 18+000 | 20+700 | - |
| | 20+700 | 21+780 | - |
| Sarsina | 21+780 | 23+000 | - |
| | 23+000 | 23+715 | - |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 143 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-59: Riepilogo risultati studio RSL sul tracciato.

| Comune | da | a | $a_{g,max}$ RSL – III livello |
|----------------------|--------|--------|----------------------------------|
| | [km] | | |
| Sarsina | 23+715 | 24+071 | - |
| Sant'Agata Feltria | 24+071 | 25+000 | - |
| | 25+000 | 25+055 | - |
| Sarsina | 25+055 | 25+720 | - |
| | 25+720 | 26+347 | - |
| Sogliano al Rubicone | 26+370 | 27+727 | - |
| | 26+540 | 27+727 | - |
| Mercato Saraceno | 27+727 | 28+410 | - |
| | 28+410 | 28+830 | - |
| | 28+830 | 29+280 | - |
| | 29+280 | 29+530 | - |
| | 29+530 | 30+000 | - |
| Sogliano al Rubicone | 30+000 | 30+885 | - |
| | 30+885 | 31+858 | - |
| Mercato Saraceno | 31+858 | 32+660 | - |
| | 32+660 | 35+980 | - |
| | 35+980 | 36+465 | - |
| Sogliano al Rubicone | 36+465 | 36+940 | - |
| | 36+940 | 37+250 | - |
| | 37+250 | 37+480 | - |
| | 37+947 | 37+492 | - |
| Roncofreddo | 37+947 | 39+424 | - |
| Mercato Saraceno | 39+424 | 40+201 | - |
| Cesena | 40+201 | 55+141 | - |
| | 55+141 | 55+481 | - |
| | 55+481 | 59+550 | - |
| Bertinoro | 59+550 | 60+000 | - |
| | 60+000 | 60+743 | - |
| | 60+743 | 61+827 | - |
| Forlimpopoli | 61+827 | 63+214 | - |
| Forlì | 63+214 | 68+767 | - |
| Ravenna | 68+767 | 69+518 | - |
| | 69+518 | 70+300 | - |
| | 70+300 | 73+740 | 0.298 |
| | 73+740 | 76+700 | 0.298 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 144 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-59: Riepilogo risultati studio RSL sul tracciato.

| Comune | da | a | $a_{g,max}$ RSL – III livello |
|--------------|---------|---------|----------------------------------|
| | [km] | | |
| | 76+700 | 81+080 | 0.298 |
| Russi | 81+080 | 81+704 | 0.298 |
| Ravenna | 81+704 | 82+980 | 0.298 |
| Russi | 82+980 | 84+000 | 0.298 |
| | 84+000 | 84+900 | 0.298 |
| | 84+900 | 86+000 | 0.298 |
| | 86+000 | 87+287 | 0.298 |
| Ravenna | 87+287 | 89+000 | 0.298 |
| | 89+000 | 90+780 | 0.298 |
| Bagnacavallo | 90+780 | 91+000 | 0.242 |
| | 91+000 | 92+523 | 0.242 |
| | 92+523 | 93+000 | 0.242 |
| | 93+000 | 97+073 | 0.242 |
| Fusignano | 97+073 | 97+193 | 0.212 |
| | 97+193 | 101+311 | 0.212 |
| Alfonsine | 101+311 | 105+000 | 0.262 |
| Lugo | 105+000 | 107+735 | 0.255 |
| | 107+735 | 111+780 | 0.255 |
| Conselice | 111+780 | 112+190 | 0.248 |
| | 112+190 | 116+113 | 0.248 |
| Imola | 116+113 | 117+538 | 0.381 |
| Medicina | 117+538 | 122+460 | 0.318 |
| | 122+460 | 122+470 | 0.318 |
| | 122+470 | 124+917 | 0.318 |
| Molinella | 124+917 | 127+000 | 0.318 |
| | 127+000 | 127+830 | 0.320 |
| | 127+830 | 134+700 | 0.320 |
| Budrio | 134+700 | 135+560 | 0.320 |
| | 135+560 | 137+698 | 0.320 |
| Minerbio | 137+698 | 139+470 | 0.320 |
| | 139+470 | 140+180 | 0.320 |
| | 140+180 | 140+691 | 0.320 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITA' REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 145 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

5.6 Azione sismica di progetto

In Tabella 5-60 si riporta il confronto in termini di a_{max} calcolata con i diversi approcci lungo il tracciato. A favore di sicurezza, per determinare l'azione sismica di progetto, si può assumere il valore di a_{max} maggiore tra i valori risultanti dai tre approcci (i.e. NTC2018, Analisi di II livello, Analisi di III livello quando disponibile). Va comunque precisato che in corrispondenza dei punti in cui è stata eseguita un'analisi sismica di terzo livello, sarà onere del progettista scegliere quale azione sismica di progetto utilizzare nelle analisi. In particolare, in tali ambiti, potrebbe ritenersi opportuno adottare quale azione sismica di progetto quella derivante dall'analisi di III livello, in quanto sicuramente più sito-specifica di quella ricavata da analisi di II livello.

Da Figura 5-61 a Figura 5-64 sono indicati graficamente i valori di a_{max} lungo il tracciato.

| | | | | |
|---|--|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | | Pag. 146 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-60: Azione sismica di progetto individuata a valle degli studi di I, II e III livello trattati nei paragrafi precedenti.

| Comune | da | a | a _g suolo rigido | (Classe) / S | a _{g,max} NTC 2018 | F _{aPGA} | a _{g,max} II livello | a _{g,max} RSL – III livello | a _{g,max} |
|----------------------|--------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------|----------------------------------|---|--------------------|
| | [km] | | | | | | | | |
| Sestino | 0+000 | 1+000 | 0.249 | (E) S= 1.589 | 0.391 | 1.9 | 0.568 | 0.390 (km1+000) | 0.568 |
| | 1+000 | 2+649 | | | | 1.7 | 0.508 | | 0.508 |
| Pennabilli | 2+649 | 4+000 | | | | 1.5 | 0.448 | - | 0.448 |
| | 4+000 | 4+200 | | | | 2.1 | 0.627 | 0.420 (km4+200) | 0.627 |
| | 4+200 | 4+510 | | | | 1.5 | 0.448 | - | 0.448 |
| Casteldelci | 4+510 | 4+863 | | | | 1.4 | 0.418 | - | 0.418 |
| Badia Tedalda | 4+863 | 5+000 | | | | 1.7 | 0.508 | - | 0.508 |
| | 5+000 | 5+360 | | | | 1.7 | 0.508 | 0.500 | 0.508 |
| | 5+360 | 7+000 | | | | 1.7 | 0.508 | 0.460(km6+168) | 0.508 |
| | 7+000 | 9+982 | | | | 1.7 | 0.500 | 0.340 (km8+560) | 0.500 |
| Sant'Agata Feltria | 9+982 | 12+676 | 0.245 | (B) S= 1.387 | 0.340 | 1.2 | 0.353 | - | 0.353 |
| Casteldelci | 12+250 | 12+500 | | | | 1.2 | 0.353 | - | 0.353 |
| | 12+500 | 12+676 | (E) S= 1.617 | 0.396 | 1.2 | 0.353 | - | 0.396 | |
| Sant'Agata Feltria | 12+676 | 15+260 | | | 1.2 | 0.353 | - | 0.396 | |
| | 15+260 | 16+360 | | | 1.8 | 0.529 | - | 0.529 | |
| | 16+360 | 18+000 | | | 1.4 | 0.412 | - | 0.412 | |
| | 18+000 | 20+700 | | | 1.2 | 0.412 | - | 0.412 | |
| 20+700 | 21+780 | 1.6 | | | 0.392 | - | 0.396 | | |
| Sarsina | 21+780 | 23+000 | 0.247 | (E) S= 1.316 | 0.333 | 1.6 | 0.395 | - | 0.396 |
| | 23+000 | 23+715 | | | | 2.0 | 0.494 | - | 0.494 |
| Sarsina | 23+715 | 24+071 | | | | 2.0 | 0.494 | - | 0.494 |
| Sant'Agata Feltria | 24+071 | 25+000 | | | | 2.0 | 0.494 | - | 0.494 |
| | 25+000 | 25+055 | | | | 1.4 | 0.346 | - | 0.346 |
| Sarsina | 25+055 | 25+720 | | | | 2.0 | 0.494 | - | 0.494 |
| | 25+720 | 26+347 | | | | 1.4 | 0.346 | - | 0.346 |
| Sogliano al Rubicone | 26+347 | 27+727 | | | | 2.2 | 0.543 | - | 0.543 |
| Mercato Saraceno | 27+727 | 28+410 | | | | 1.8 | 0.445 | - | 0.445 |
| | 28+410 | 28+830 | | | | 1.6 | 0.395 | - | 0.395 |
| | 28+830 | 29+280 | 1.8 | 0.445 | - | 0.445 | | | |
| | 29+280 | 29+530 | 2.0 | 0.494 | - | 0.494 | | | |
| | 29+530 | 30+000 | 1.8 | 0.445 | - | 0.445 | | | |

| | | | | |
|---|--|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | | Pag. 147 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-60: Azione sismica di progetto individuata a valle degli studi di I, II e III livello trattati nei paragrafi precedenti.

| Comune | da | a | a _g suolo rigido | (Classe) / S | a _{g,max} NTC 2018 | F _{aPGA} | a _{g,max} II livello | a _{g,max} RSL – III livello | a _{g,max} | | | |
|----------------------|--------|--------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------|----------------------------------|---|--------------------|-------|-------|-------|
| | [km] | | | | | | | | | | | |
| | 30+000 | 30+885 | | | | 2.0 | 0.494 | - | 0.494 | | | |
| Sogliano al Rubicone | 30+885 | 31+858 | | | | 2.2 | 0.543 | - | 0.543 | | | |
| Mercato Saraceno | 31+858 | 32+660 | | | | 1.7 | 0.420 | - | 0.420 | | | |
| | 32+660 | 35+980 | | | | 2.2 | 0.543 | - | 0.543 | | | |
| | 35+980 | 36+465 | | | | 1.9 | 0.469 | - | 0.469 | | | |
| Sogliano al Rubicone | 36+465 | 36+940 | 0.253 | (C) S=1.330 | 0.336 | 2.2 | 0.557 | - | 0.557 | | | |
| | 36+940 | 37+250 | | | | 1.6 | 0.405 | - | 0.405 | | | |
| | 37+250 | 37+480 | | | | 2.2 | 0.557 | - | 0.557 | | | |
| | 37+947 | 37+492 | | | | 1.6 | 0.405 | - | 0.405 | | | |
| Roncofreddo | 37+947 | 39+424 | | | | 2.2 | 0.557 | - | 0.557 | | | |
| Mercato Saraceno | 39+424 | 40+201 | | | | 2.0 | 0.506 | - | 0.506 | | | |
| Cesena | 40+201 | 41+642 | | | | 1.6 | 0.405 | - | 0.405 | | | |
| | 40+201 | 55+141 | | | | 1.6 | 0.405 | - | 0.405 | | | |
| | 55+141 | 55+481 | | | | 1.8 | 0.455 | - | 0.455 | | | |
| | 55+481 | 59+550 | | | | 1.6 | 0.405 | - | 0.405 | | | |
| Bertinoro | 59+550 | 61+827 | | | | 1.7 | 0.430 | - | 0.430 | | | |
| Forlimpopoli | 61+827 | 63+214 | | | | 1.6 | 0.405 | - | 0.405 | | | |
| Forlì | 63+214 | 68+767 | | | | 1.5 | 0.380 | - | 0.380 | | | |
| Ravenna | 68+767 | 69+518 | | | | 0.243 | (C) S=1.346 | 0.327 | 1.3 | 0.316 | - | 0.327 |
| | 69+518 | 70+300 | | | | | | | 1.7 | 0.413 | - | 0.413 |
| | 70+300 | 73+740 | | | | | | | 1.3 | 0.316 | 0.298 | 0.327 |
| | 73+740 | 76+700 | 1.7 | 0.413 | 0.298 | | | | 0.413 | | | |
| | 76+700 | 81+080 | 1.3 | 0.316 | 0.298 | | | | 0.327 | | | |
| Russi | 81+080 | 81+704 | 1.3 | 0.316 | 0.298 | | | | 0.327 | | | |
| Ravenna | 81+704 | 82+980 | 1.3 | 0.316 | 0.298 | | | | 0.327 | | | |
| Russi | 82+980 | 84+000 | 1.3 | 0.316 | 0.298 | | | | 0.327 | | | |
| | 84+000 | 84+900 | 1.8 | 0.437 | 0.298 | | | | 0.437 | | | |
| | 84+900 | 86+000 | 1.8 | 0.416 | 0.298 | | | | 0.416 | | | |
| Ravenna | 86+000 | 87+287 | 0.231 | (D) S=1.561 | 0.361 | 1.3 | 0.300 | 0.298 | 0.361 | | | |
| | 87+287 | 90+780 | | | | 1.3 | 0.300 | 0.298 | 0.361 | | | |
| Bagnacavallo | 90+780 | 91+000 | 0.231 | (D) S=1.561 | 0.361 | 1.4 | 0.323 | 0.242 | 0.361 | | | |
| | 91+000 | 92+523 | | | | 1.3 | 0.300 | 0.242 | 0.361 | | | |
| | 92+523 | 93+000 | | | | 1.4 | 0.323 | 0.242 | 0.361 | | | |
| | 93+000 | 97+073 | | | | 1.3 | 0.300 | 0.242 | 0.361 | | | |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 148 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 5-60: Azione sismica di progetto individuata a valle degli studi di I, II e III livello trattati nei paragrafi precedenti.

| Comune | da | a | a _g suolo rigido | (Classe) / S | a _{g,max} NTC 2018 | F _{aPGA} | a _{g,max} II livello | a _{g,max} RSL – III livello | a _{g,max} |
|-----------|---------|---------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------|----------------------------------|---|--------------------|
| | [km] | | | | | | | | |
| Fusignano | 97+073 | 97+193 | | | | 1.3 | 0.300 | 0.212 | 0.361 |
| | 97+193 | 101+311 | | | | | | | |
| Alfonsine | 101+311 | 105+000 | 0.220 | (D) S=1.573 | 0.348 | 1.7 | 0.374 | 0.262 | 0.374 |
| Lugo | 105+000 | 107+735 | | | | 1.4 | 0.308 | 0.255 | 0.348 |
| | 107+735 | 111+780 | | | | 1.7 | 0.374 | 0.255 | 0.374 |
| Conselice | 111+780 | 116+113 | 0.224 | (D) S=1.573 | 0.352 | 1.7 | 0.381 | 0.248 | 0.381 |
| Imola | 116+113 | 117+538 | 0.224 | (D) S=1.573 | | 1.7 | 0.381 | 0.318 | 0.381 |
| Medicina | 117+538 | 124+917 | | | | 1.7 | 0.381 | 0.318 | 0.381 |
| Molinella | 124+917 | 127+000 | | | | 1.7 | 0.381 | 0.318 | 0.381 |
| | 127+000 | 127+830 | 1.8 | 0.403 | | 0.320 | 0.403 | | |
| Budrio | 127+830 | 134+700 | | | | 1.7 | 0.381 | 0.320 | 0.381 |
| | 134+700 | 135+560 | | | | 1.8 | 0.403 | 0.320 | 0.403 |
| Minerbio | 135+560 | 137+698 | 0.219 | (C) S=1.374 | 0.301 | 1.7 | 0.372 | 0.320 | 0.372 |
| | 137+698 | 139+470 | | | | 1.7 | 0.372 | 0.320 | 0.372 |
| | 139+470 | 140+180 | | | | 1.4 | 0.307 | 0.320 | 0.320 |
| | 140+180 | 140+691 | | | 1.7 | 0.372 | 0.320 | 0.372 | |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 149 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

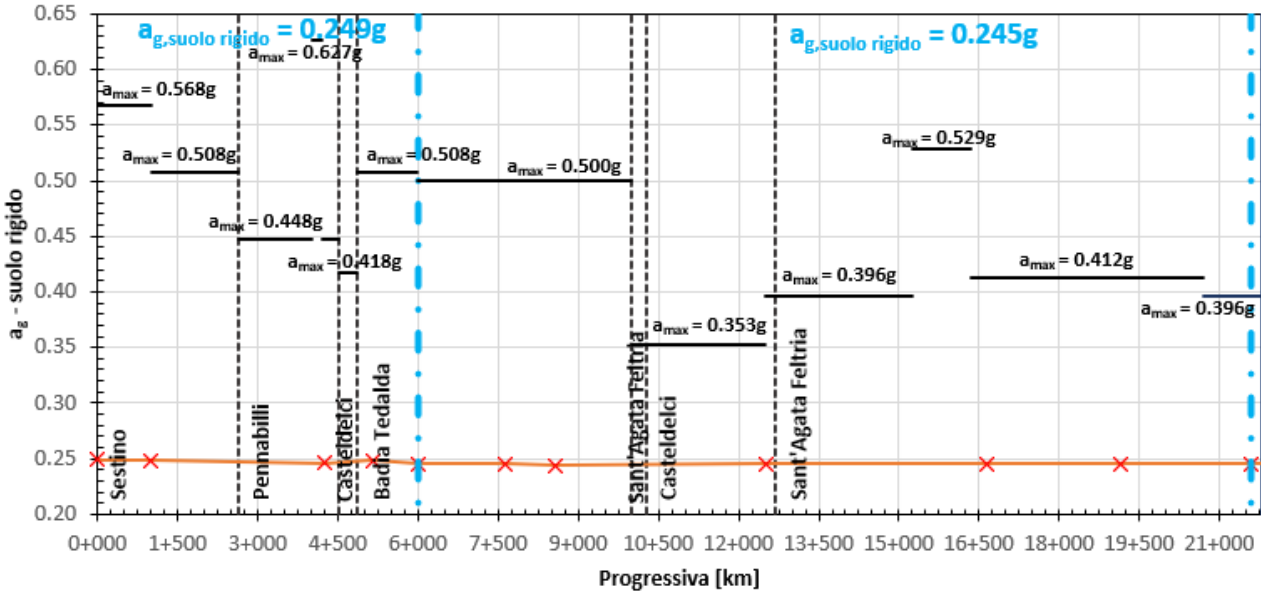


Figura 5-59: Andamento di a_{max} lungo il tracciato (PK 0+000 ÷ 21+780). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le aree evidenziate in giallo rappresentano le zone di attenzione per effetti locali. I tratti orizzontali neri rappresentano la a_{max} adottata per la definizione dell'azione sismica di progetto.

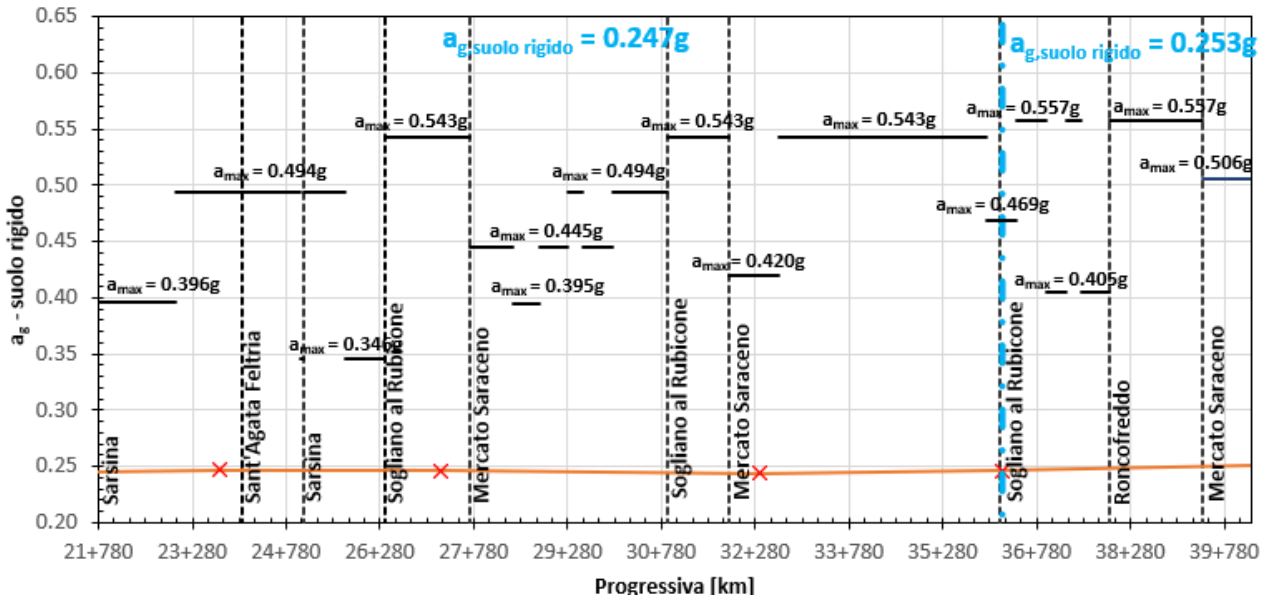


Figura 5-60: Andamento di a_{max} lungo il tracciato (PK 21+780 ÷ 41+201). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le aree evidenziate in giallo rappresentano le zone di attenzione per effetti locali. I tratti orizzontali neri rappresentano la a_{max} adottata per la definizione dell'azione sismica di progetto.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 150 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

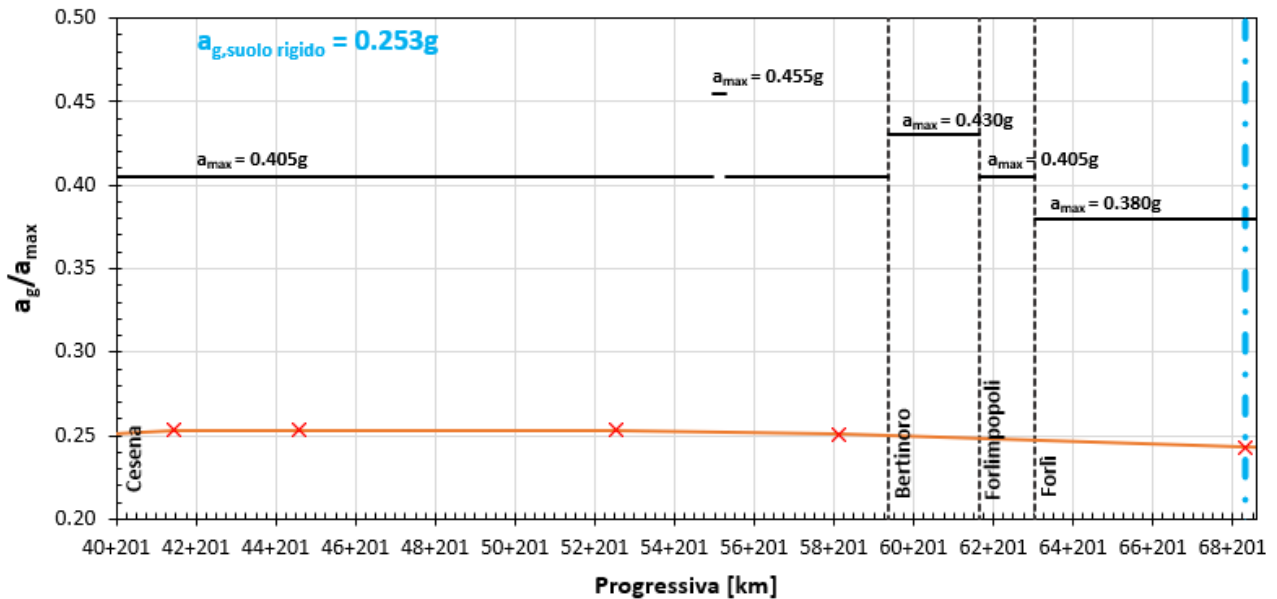


Figura 5-61: Andamento di a_{max} lungo il tracciato (PK 40+201 ÷ 68+767). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le aree evidenziate in giallo rappresentano le zone di attenzione per effetti locali. I tratti orizzontali neri rappresentano la a_{max} adottata per la definizione dell'azione sismica di progetto.

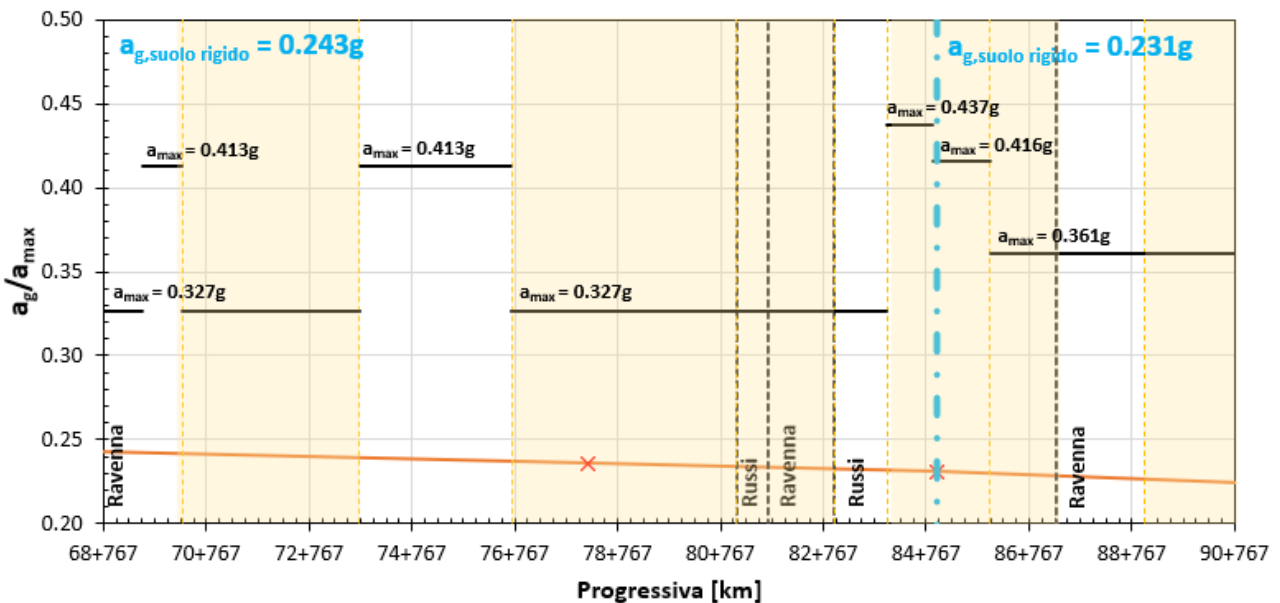


Figura 5-62: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 68+767 ÷ 90+780). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le aree evidenziate in giallo rappresentano le zone di attenzione per effetti locali. I tratti orizzontali neri rappresentano la a_{max} adottata per la definizione dell'azione sismica di progetto.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 151 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

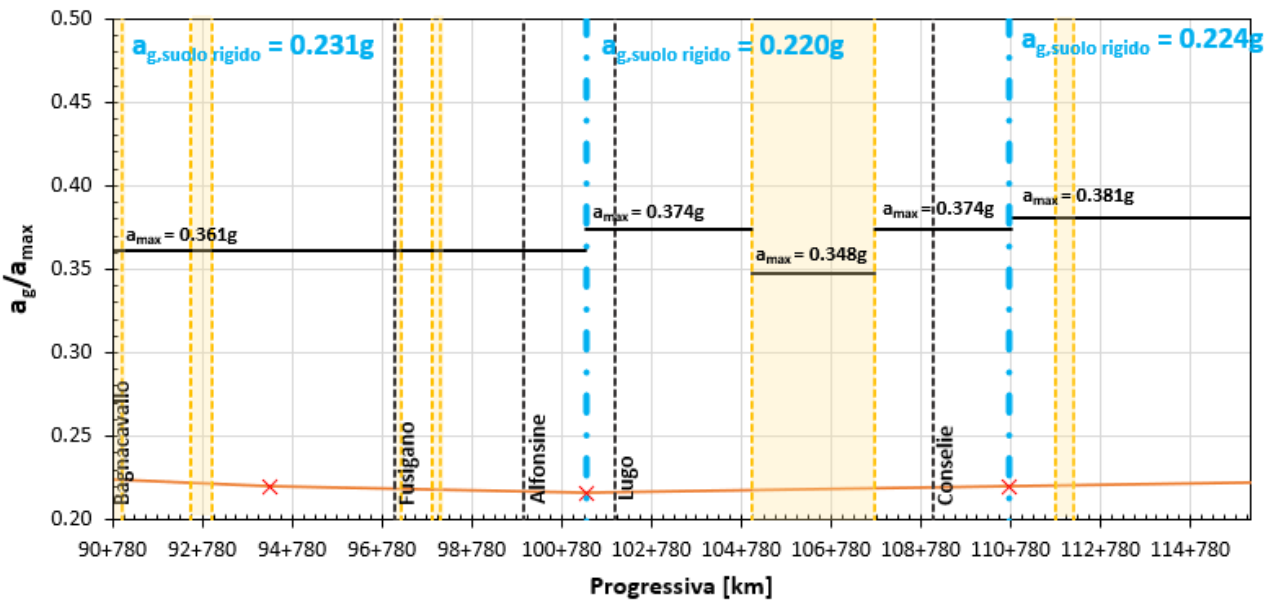


Figura 5-63: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 90+780 ÷ 116+113). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale, la linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le aree evidenziate in giallo rappresentano le zone di attenzione per effetti locali. I tratti orizzontali neri rappresentano la $a_{g,max}$ adottata per la definizione dell'azione sismica di progetto.

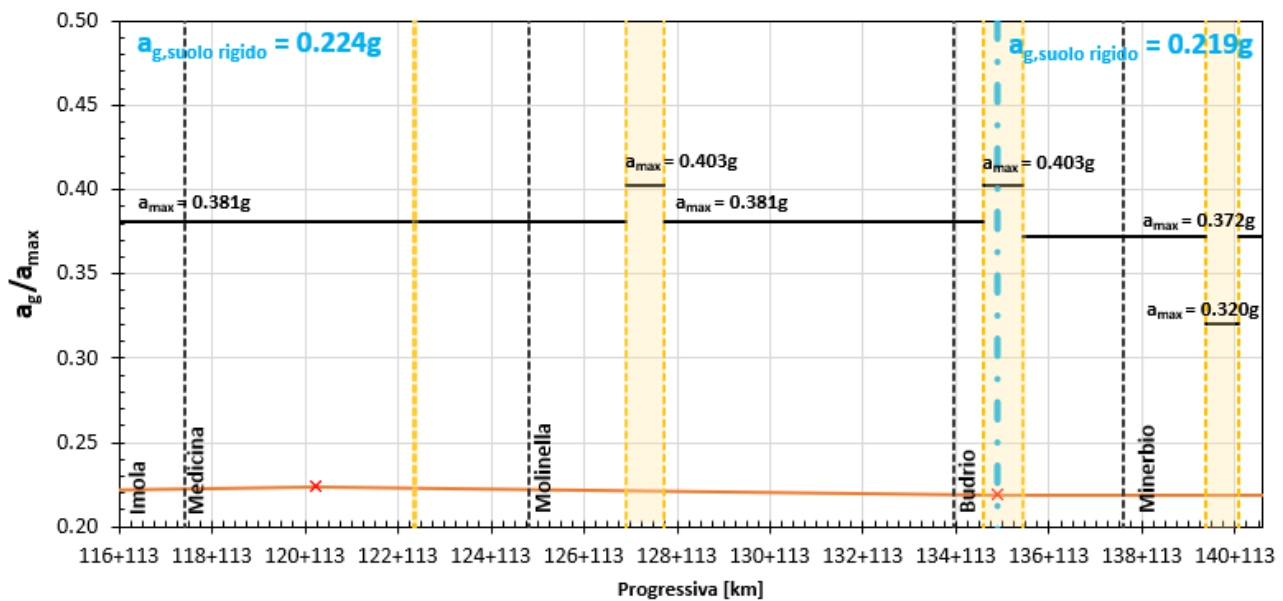


Figura 5-64: Andamento di a_g lungo il tracciato (PK 116+113 ÷ 140+691). La linea arancione rappresenta l'andamento di a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La linea azzurra la zonazione sulla base di a_g . Le aree evidenziate in giallo rappresentano le zone di attenzione per effetti locali. I tratti orizzontali neri rappresentano la $a_{g,max}$ adottata per la definizione dell'azione sismica di progetto.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 152 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

6 DEFINIZIONE DELLA MAGNITUDO DI RIFERIMENTO PER VERIFICHE A LIQUEFAZIONE

Il valore di magnitudo necessario per la valutazione della pericolosità a liquefazione viene qui determinato tenendo conto di quattro differenti fonti di dati, ossia:

- L'analisi di disaggregazione dei valori di pericolosità sismica (accelerazione su suolo rigido orizzontale) di cui alle NTC2018/2008, fornita quale elaborazione aggiuntiva direttamente dal progetto INGV-DPC S1, per un periodo di ritorno pari a 975 anni.
- Analisi dei dati di magnitudo da terremoti storici con risentimenti ai siti di progetto caratterizzati da una intensità I al sito maggiore di 6 MCS, derivati dal database delle osservazioni macrosismiche DBMI15 (Locati et al. 2022).
- Magnitudo attesa per un periodo di ritorno pari almeno a 975 anni valutata sulla base del modello delle zone sismogenetiche ZS9 (riportato in Figura 1), alla base delle mappe di pericolosità sismica del territorio italiano allegate alle NTC2018/2008 e distribuzione dei valori di magnitudo associati ai massimi terremoti storici.
- Magnitudo associata alle singole sorgenti sismogenetiche più prossime al sito di progetto, derivata dalle informazioni contenute nel database DISS 3.3.0 (DISS wkgp, 2021).

A riguardo del punto a), in Figura 6-1 si indicano i punti per i quali è stata desunto dai dati di progetto S1 INGV il dato di disaggregazione per TR = 975 anni mostrato da Figura 6-2 a Figura 6-6, dove viene indicato altresì il nodo di griglia di valori di pericolosità di riferimento. Si osserva come prevalgano generalmente magnitudo tra 5.5 e 6, con distanze inferiori ai 20 km dal sito.

L'analisi dei terremoti storici Tabella 6-1 è stata condotta per alcuni dei comuni attraversati dal tracciato ossia Ravenna, Cesena, Forlimpopoli, Rimini e Forlì. Il dato riportato è estratto dal database DBMI15, che include dati fino al 2020, a comprendere la serie di terremoti dell'Emilia del 2012. L'analisi mostra come risentimenti significativi ai siti (in termini di dato macrosismico) siano da far risalire:

- Per il tratto compreso tra Sestino e Cesena (sino a circa pk. 60+000) a eventi con magnitudo massime comprese tra 5.5 e 6.51
- Per il tratto compreso tra Bertinoro e Minerbio (da pk. 60+000) a eventi con magnitudo massime comprese tra 5.5 e 5.7-6.05.

Il modello a zone di ZS9, seppur datato, è alla base del dato di pericolosità sismica di NTC2018/2008. Figura 6-7 mostra il tracciato del metanodotto all'interno del modello a zone ZS9. I valori di magnitudo massima degli eventi aventi epicentro all'interno delle aree sismogenetiche

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 153 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

dell'Appennino Settentrionale e Centrale attraversate dall'infrastruttura (ovvero 912, 914 e 918) sono compresi:

- Zona 918 - Questa fascia che continua a Nord verso Parma con le zone 913 e 914 è caratterizzata da terremoti storici di magnitudo elevate. La magnitudo massima associata è 6.37;
- Zona 914 (Forlivese) - La zona 914 insieme alle 913 e 918 sono il risultato della scomposizione della fascia che da Parma si estende sino all'Abruzzo. rappresenta la porzione più esterna della compressione dell'arco appennino settentrionale. La magnitudo massima registrata è M=5.91.
- Zona 912 - La zona 912 rappresenta la porzione più esterna della compressione dell'arco appennino settentrionale. La profondità degli ipocentri è prevalentemente compresa tra 5 e 15 km; la magnitudo massima registrata è M=6.1.

Il database delle sorgenti sismogenetiche DISS 3.3.0 è stato incluso nella presente analisi facendo riferimento alle cosiddette sorgenti individuali. In Figura 6-8 viene mostrato il tracciato dell'infrastruttura rapportato alle sorgenti più prossime, incluse quelle offshore.

Sulla base dell'analisi sopra descritta, è stato considerato ragionevole assumere per il tracciato di progetto un valore di magnitudo di riferimento da adottare nelle verifiche a liquefazione pari a:

- 6.5 per il tratto compreso tra pk. 0+000 e 50+000km;
- 6 per il tratto compreso tra pk 50.000 e 140+691km.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 154 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20



Figura 6-1: Punti di riferimento scelti per la disaggregazione del valore di pericolosità sismica.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 155 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

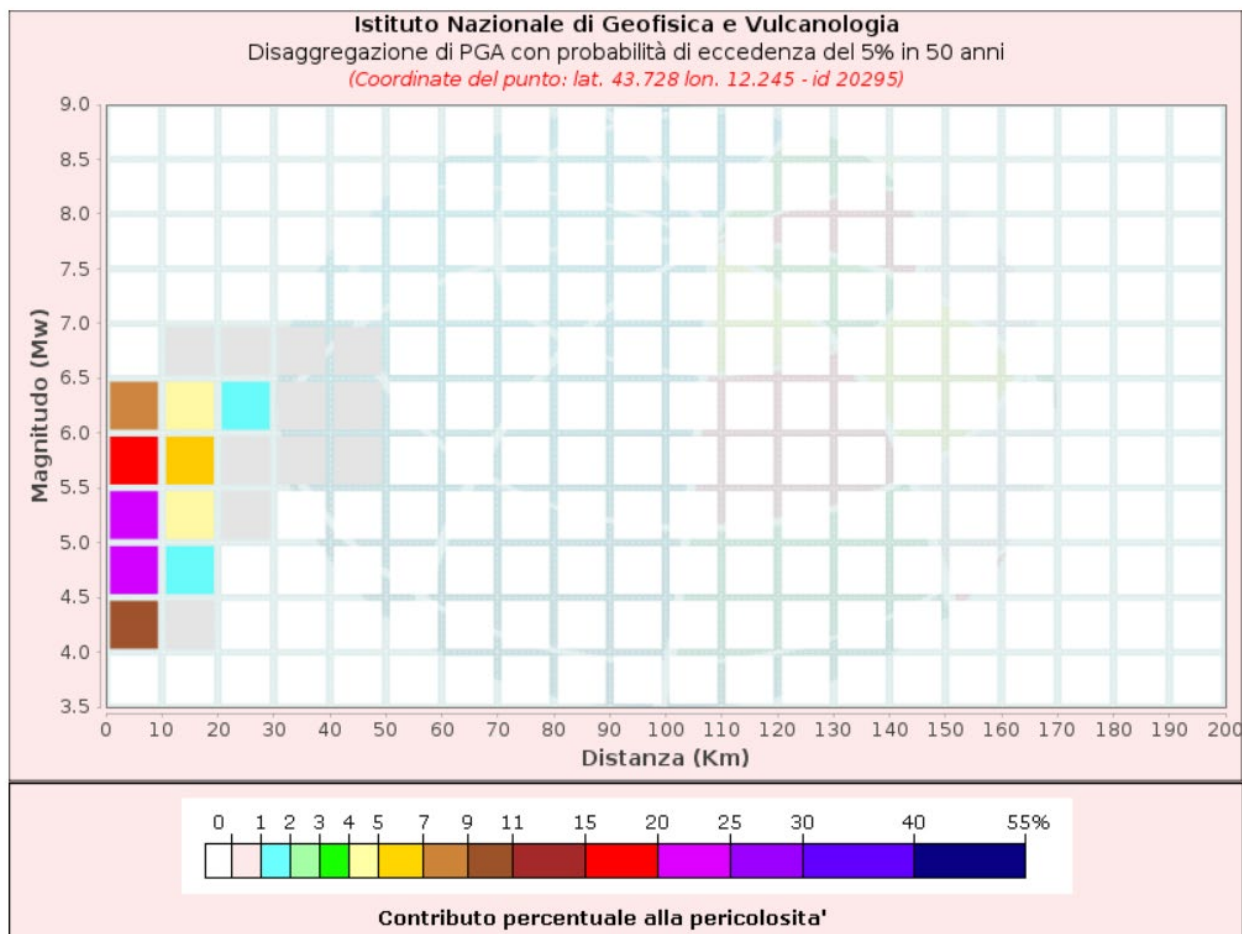


Figura 6-2: Punto P1 (Figura 6-1) – Disaggregazione del valore di pericolosità sismica di base NTC2018 per $T_R = 975$ anni (punto di griglia N. 20295). Da elaborazioni del progetto S1 (Meletti et al., 2007). Valori medi: Magnitudo 5.3, Distanza 6.83 Km)

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 156 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

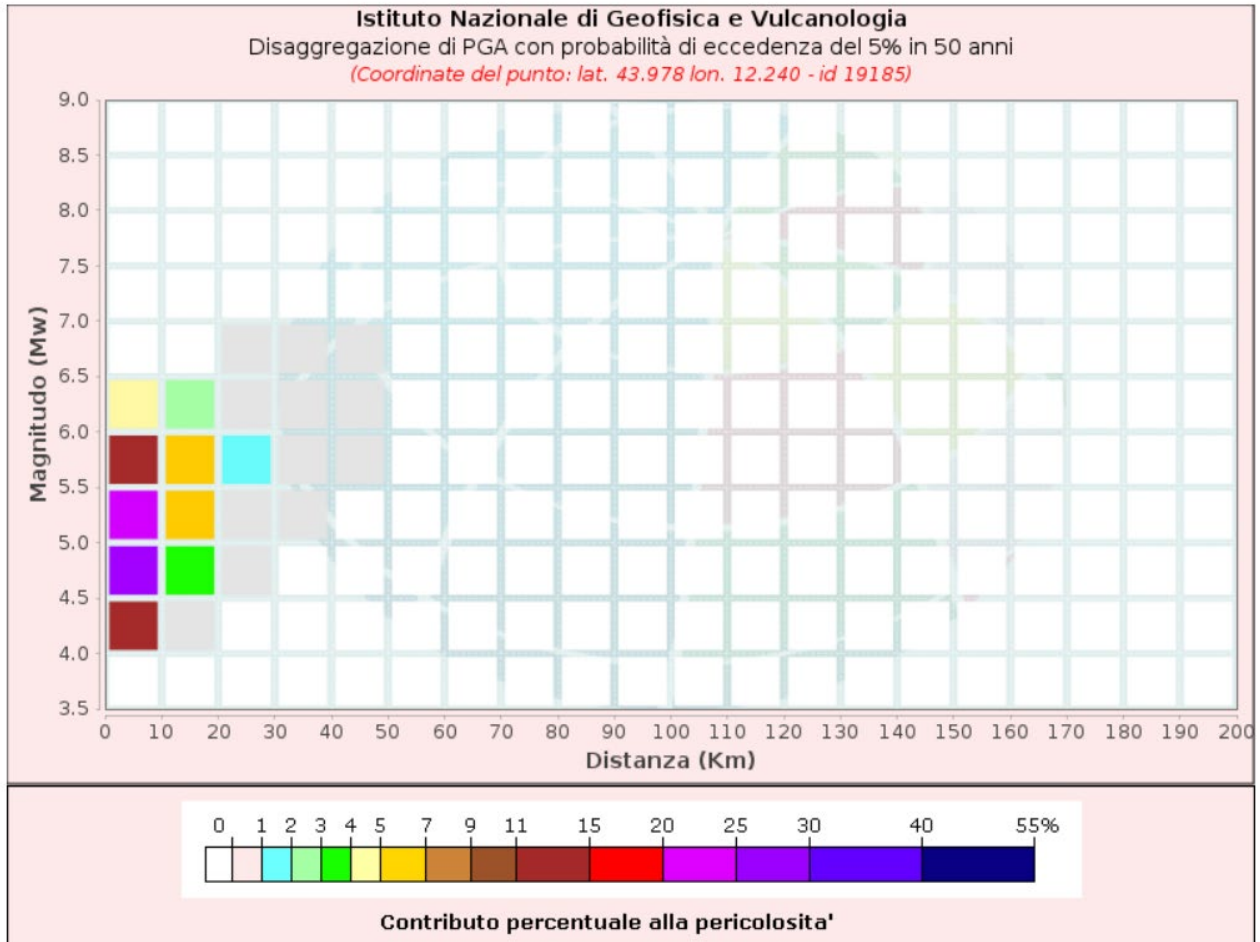


Figura 6-3: Punto P2 (Figura 6-1) – Disaggregazione del valore di pericolosità sismica di base NTC2018 per $T_R = 975$ anni (punto di griglia N. 19185). Da elaborazioni del progetto S1 (Meletti et al., 2007). Valori medi: Magnitudo 5.15, Distanza 6.95 Km)

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITA' REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 157 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

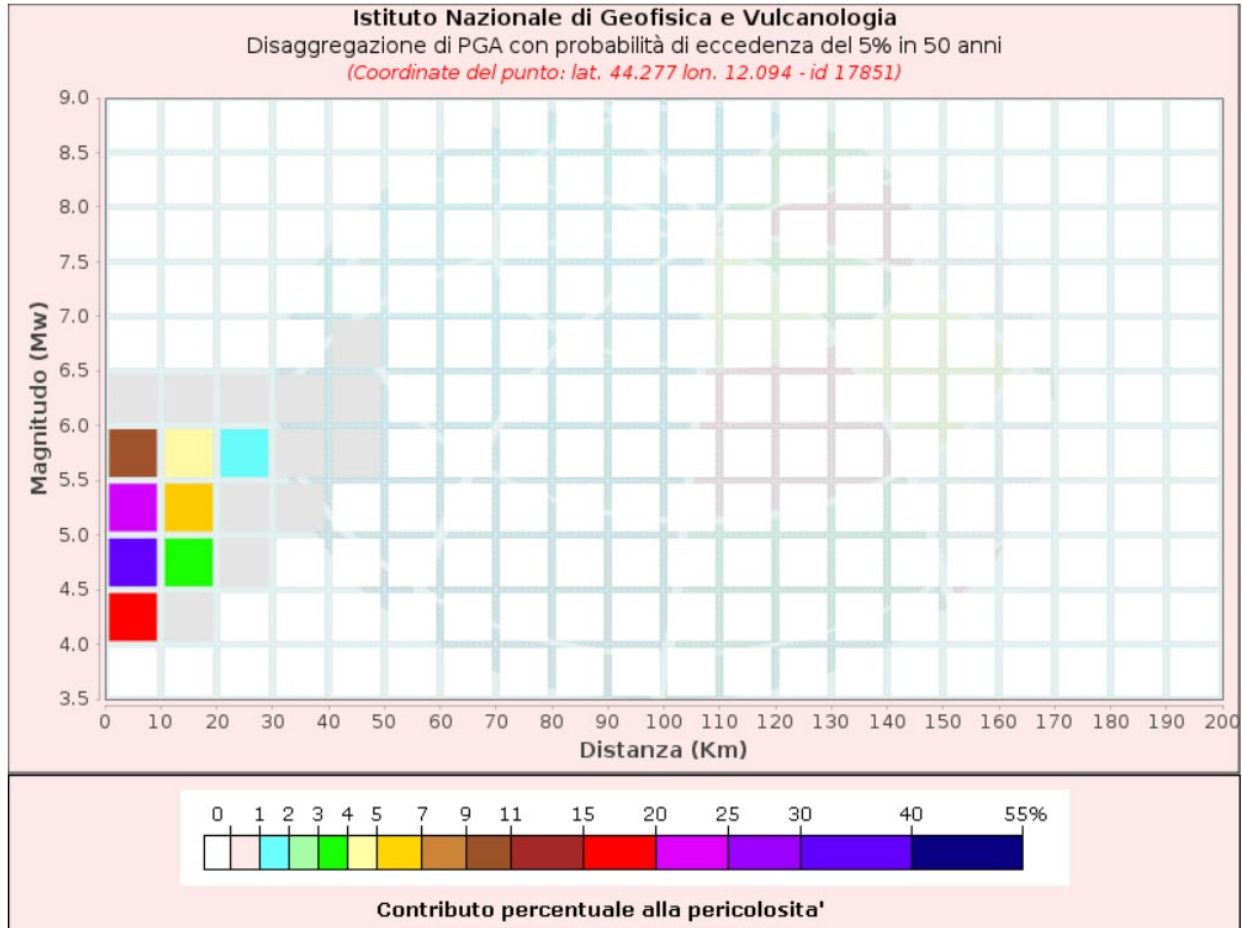


Figura 6-4: Punto P3 (Figura 6-1) – Disaggregazione del valore di pericolosità sismica di base NTC2018 per $T_R = 975$ anni (punto di griglia N. 17851). Da elaborazioni del progetto S1 (Meletti et al., 2007). Valori medi: Magnitudo 4.99, Distanza 6.21 Km)

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 158 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

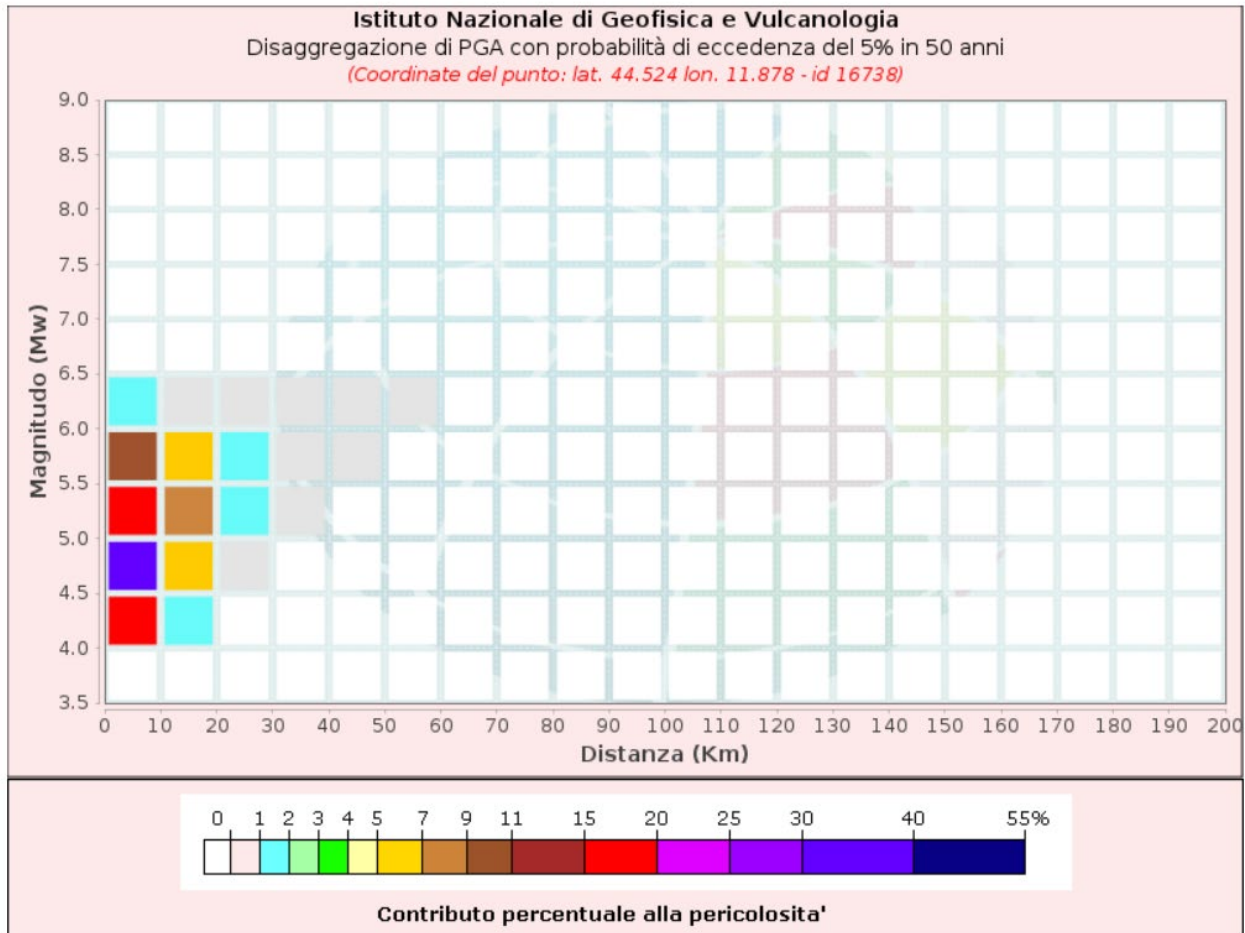


Figura 6-5: Punto P4 (Figura 6-1) – Disaggregazione del valore di pericolosità sismica di base NTC2018 per $T_R = 975$ anni (punto di griglia N. 16738). Da elaborazioni del progetto S1 (Meletti et al., 2007). Valori medi: Magnitudo 5.03, Distanza 7.49 Km)

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 159 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

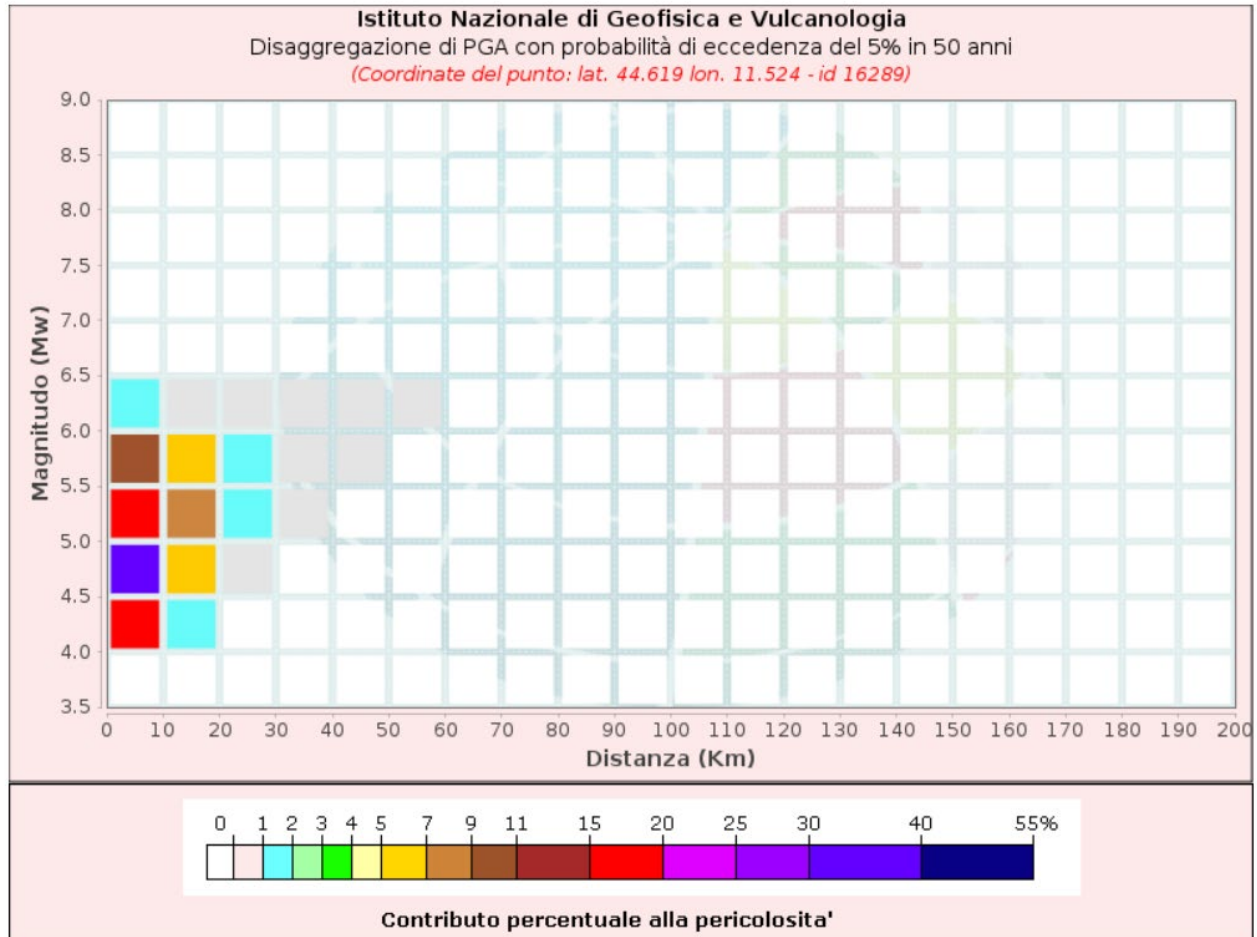


Figura 6-6: Punto P5 (Figura 6-1) – Disaggregazione del valore di pericolosità sismica di base NTC2018 per $T_R = 975$ anni (punto di griglia N. 16289). Da elaborazioni del progetto S1 (Meletti et al., 2007). Valori medi: Magnitudo 5.02, Distanza 7.51 Km)

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 160 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella 6-1: Terremoti registrati con intensità al sito maggiore o uguale a 6 MCS (da DBMI15) nei comuni attraversati dall'infrastruttura.

| Sestino | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|---------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 6-7 | 1918 | 11 | 10 | Appennino forlivese | 5.96 |
| 6-7 | 1919 | 06 | 29 | Mugello | 6.38 |
| 7-8 | 1781 | 03 | 03 | Cagliese | 6.51 |

| Pennabilli | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 6 | 1987 | 07 | 05 | Montefeltro | 4.44 |
| 7 | 1919 | 06 | 29 | Mugello | 6.38 |
| 7 | 1781 | 03 | 03 | Cagliese | 6.51 |

| Casteldelci | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|---------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 6 | 1918 | 11 | 10 | Appennino forlivese | 5.96 |
| 6 | 1948 | 06 | 13 | Alta Valtiberina | 5.04 |
| 6 | 1987 | 07 | 05 | Montefeltro | 4.44 |
| 6-7 | 1919 | 06 | 29 | Mugello | 6.38 |

| Badia Tedalda | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|---------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 6 | 1917 | 04 | 26 | Alta Valtiberina | 5.99 |
| 6 | 1918 | 11 | 10 | Appennino forlivese | 5.96 |
| 6 | 1919 | 10 | 25 | Alta Valtiberina | 5.03 |
| 6-7 | 1919 | 06 | 29 | Mugello | 6.38 |
| 7-8 | 1781 | 03 | 03 | Cagliese | 6.51 |

| Badia Tedalda | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|-----------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 6 | 1897 | 09 | 21 | Marche settentrionali | 5.40 |
| 6 | 1911 | 02 | 19 | Forlivese | 5.26 |
| 6-7 | 1919 | 06 | 29 | Mugello | 6.38 |
| 7 | 1781 | 03 | 03 | Cagliese | 6.51 |

| Sogliano al Rubicone | | | | | |
|----------------------|------|------|--------|------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 6 | 1916 | 08 | 16 | Riminese | 5.82 |
| 6-7 | 1919 | 06 | 29 | Mugello | 6.38 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 161 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

| Mercato Saraceno | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|---------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 6 | 1911 | 02 | 19 | Forlivese | 5.26 |
| 6-7 | 1919 | 06 | 29 | Mugello | 6.38 |
| 7-8 | 1661 | 03 | 22 | Appennino forlivese | 6.05 |
| 7-8 | 1918 | 11 | 10 | Appennino forlivese | 5.96 |

| Roncofreddo | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 6 | 1786 | 12 | 25 | Riminese | 5.66 |
| 7 | 1916 | 08 | 16 | Riminese | 5.82 |
| 7 | 1919 | 06 | 29 | Mugello | 6.38 |

| Cesena | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|---------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 6-7 | 1194 | | | Galeata | 4.86 |
| 6-7 | 1653 | 8 | 15 | Romagna | 4.4 |
| 6-7 | 1786 | 12 | 25 | Riminese | 5.66 |
| 6-7 | 1813 | 9 | 21 | Romagna | 5.28 |
| 6-7 | 1861 | 10 | 16 | Romagna | 5.13 |
| 6-7 | 1875 | 3 | 17 | Costa romagnola | 5.74 |
| 7 | 1428 | 07 | 03 | Forlivese | 5.47 |
| 7 | 1661 | 03 | 22 | Appennino forlivese | 6.05 |
| 7 | 1870 | 10 | 30 | Forlivese | 5.61 |
| 7 | 1881 | 09 | 28 | Cesena | 4.71 |
| 7 | 1911 | 02 | 19 | Forlivese | 5.26 |
| 8 | 1483 | 08 | 11 | Romagna | 5.69 |

| Forlimpopoli | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|---------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 6 | 1911 | 02 | 19 | Forlivese | 5.26 |
| 6 | 1916 | 05 | 17 | Riminese | 5.82 |
| 6-7 | 1661 | 3 | 22 | Appennino forlivese | 6.05 |
| 6-7 | 1861 | 10 | 16 | Romagna | 5.13 |
| 7 | 1870 | 10 | 30 | Forlivese | 5.61 |

| Forlì | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 7-8 | 1383 | 8 | 4 | Forlì | 5.33 |
| 7-8 | 1483 | 8 | 11 | Romagna | 5.69 |
| 7-8 | 1688 | 4 | 11 | Romagna | 5.84 |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 162 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

| | | | | | |
|-----|------|---|----|---------------------|------|
| 6-7 | 1279 | 4 | 30 | Appennino forlivese | 5.52 |
| 6-7 | 1492 | 1 | | Forlì | 4.86 |
| 6-7 | 1591 | 7 | 10 | Romagna | 5.13 |
| 6-7 | 1778 | 6 | 11 | Forlì | 4.4 |
| 6-7 | 1813 | 9 | 21 | Romagna | 5.28 |
| 6-7 | 1844 | 3 | 10 | Forlivese | 4.4 |

| Ravenna | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 7-8 | 1620 | 6 | 22 | Ravennate | 4.86 |
| 6-7 | 1483 | 8 | 11 | Romagna | 5.69 |
| 6-7 | 1870 | 10 | 30 | Forlivese | 5.61 |
| 6-7 | 1861 | 10 | 16 | Romagna | 5.13 |
| 6-7 | 1780 | 5 | 25 | Romagna | 4.4 |
| 7 | 1688 | 4 | 11 | Romagna | 5.84 |
| 7 | 1781 | 7 | 17 | Faentino | 5.61 |
| 7-8 | 1620 | 6 | 22 | Ravennate | 4.86 |

| Fusignano | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|--------------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 6 | 1688 | 4 | 11 | Romagna | 5.84 |
| 6 | 1967 | 12 | 30 | Emilia Romagna orientale | 5.05 |

| Medicina | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|--------------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 6 | 1688 | 4 | 11 | Romagna | 5.84 |
| 6 | 1779 | 6 | 04 | Bolognese | 5.22 |
| 7 | 1796 | 10 | 22 | Emilia Romagna orientale | 5.45 |

| Budrio | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|--------------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| 6 | 1909 | 01 | 13 | Emilia Romagna orientale | 5.36 |

| Minerbio | | | | | |
|-------------------|------|------|--------|------------------|-----------|
| Intensità al sito | Anno | Mese | Giorno | Area epicentrale | Magnitudo |
| <6 | | | | | |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 163 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

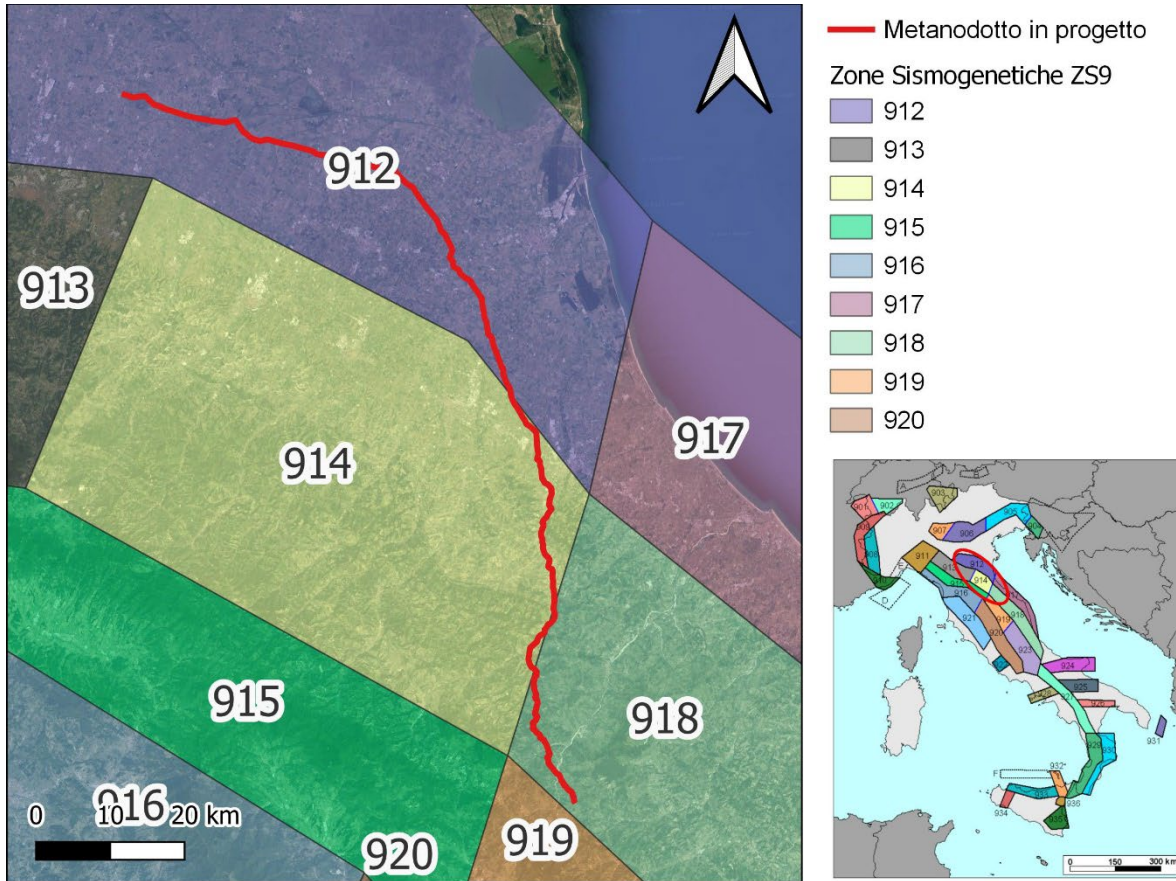


Figura 6-7: Collocazione delle opere in progetto (linea rossa) rispetto alla zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 164 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

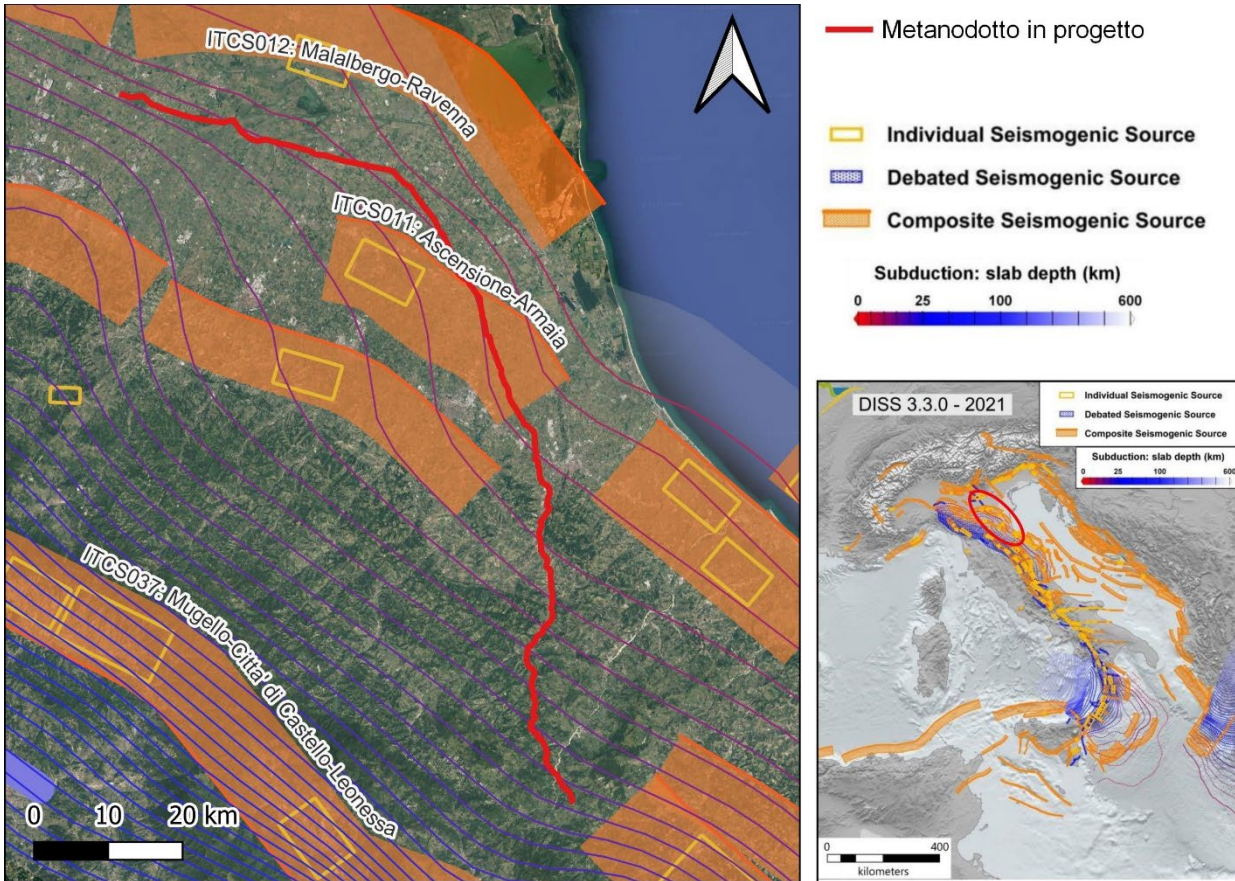


Figura 6-8: Collocazione delle opere in progetto (linea rossa) rispetto alle sorgenti sismogeniche individuali definite in DISS 3.3.0.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 165 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

APPENDICE A – DATI DI INPUT E METODO DI ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)

A.1 METODO DI ANALISI

Le analisi di risposta sismica locale, previste nel par. 3.2.2 delle NTC2018, sono simulazioni numeriche della propagazione delle onde nei depositi di terreno presenti al sito. Esse mirano a calcolare, a partire dall'input di accelerazione alla base di modello, lo scuotimento (risposta) in superficie e a diverse profondità in forma di segnale in accelerazione e conseguente spettro di risposta. Pertanto, tali analisi permettono di stimare i fattori di amplificazione del moto legati alla presenza dei depositi, oltre agli sforzi e deformazioni (di taglio) che il passaggio delle onde sismiche induce nel terreno investigato.

Giocano in tale stima quattro fonti di variabilità, ossia:

- La definizione dell'input sismico a livello di substrato (bedrock).
- La definizione del profilo locale di velocità di propagazione delle onde di taglio, allungato dove possibile fino al substrato rigido e sua variabilità, trattata nel par. A.2 (e meglio specificata nel corpo principale della relazione per i diversi tratti analizzati).
- La descrizione delle proprietà non lineari del terreno in campo dinamico, trattata nel Cap. A.3.
- La modellazione del comportamento del terreno nell'analisi di propagazione (Idriss, 2004).
- La scelta di un trattamento lineare equivalente (LEQ) delle non linearità del terreno è giustificata dai valori di accelerazione di base su suolo rigido in gioco e confermata dai valori di deformazione a taglio ciclico osservati nelle analisi effettuate.

I calcoli di propagazione 1D sono stati effettuati con il programma STRATA (Kottke and Rathje 2008) usando come input accelerogrammi definiti al bedrock affiorante, distribuiti in allegato DPRG della regione Emilia-Romagna sulla piattaforma WebGIS realizzata da EUCENTRE oppure selezionati mediante il software SCALCONA-3.0 che consente di ottenere un set di 7 accelerogrammi naturali registrati su roccia affiorante (categoria di terreno A secondo le NTC,2018) e soddisfacenti al requisito della spettro-compatibilità allo spettro di risposta di normativa (NTC,2018) per un qualsiasi sito ricadente all'interno della Regione Toscana per il periodo di ritorno di interesse (cfr.[15]). La procedura di de-convoluzione dal bedrock affiorante (dove sono stati registrati gli accelerogrammi) alla base del profilo di terreno è eseguita automaticamente dal programma STRATA. La variabilità del input sismico è stata presa in considerazione, effettuando 7 analisi di RSL con diversi accelerogrammi di input (cfr. corpo della relazione).

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 166 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

A.2 PROFILI DI VS DI RIFERIMENTO

I profili di velocità delle onde di taglio sono descritti nel corpo principale della relazione. Si osserva qui come il bedrock sismico, non individuato dalle indagini condotte all'interno delle profondità indagate (spinte fino alla profondità di circa 30m dal piano campagna), venga valutato sulla base dello studio della documentazione geologica disponibile sul portale della regione. La profondità del bedrock risulta variabile lungo il tracciato, in particolare tra i 200 e 300 m da piano campagna per il tratto in pianura, mentre risulta molto più superficiale (in alcuni punti affiorante) nei tratti di fondovalle e in cresta.

Nelle analisi, al bedrock sismico è stato assegnato un valore di riferimento compreso tra $V_s = 600-800$ m/s circa ed un valore di smorzamento rispetto al valore critico pari all'1%.

A.3 CURVE DI DEGRADO DEL MODULO DI TAGLIO E SMORZAMENTO

Nelle analisi di risposta sismica locale di tipo "standard" quali quelle in esame, dove le deformazioni cicliche indotte dal sisma rimangono ragionevolmente limitate (<1%) e il metodo di analisi è il cosiddetto lineare equivalente, le proprietà dinamiche dei terreni con maggiore influenza sui risultati, oltre al valore di velocità di propagazione delle onde di taglio in sito, sono costituite dalle cosiddette curve sperimentali di degrado, atte a descrivere la dipendenza non lineare del modulo di taglio normalizzato G/G_{max} e del fattore di smorzamento intrinseco del terreno in funzione dell'ampiezza di deformazione ciclica a taglio g .

Nel caso in esame, per descrivere le curve di degrado del modulo a taglio dei materiali incontrati lungo la tratta si è fatto riferimento a curve di letteratura (EPRI, 93, Doc. Ref. [8] e Idriss IM, 90, Doc. Ref. [2]) già implementate nel programma *STRATA* (cfr. Figura A.1 e Figura A.2). E' stata inoltre utilizzata una curva denominata "Weathered rock" per il modulo di taglio e per definire lo smorzamento, riportata in Figura A.1 e Figura A.2. Le assegnazioni tra materiale e curve è presentata nei capitoli dedicati alle analisi di risposta sismica locale nel corpo della relazione, in particolare cfr.5.5.2.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 167 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

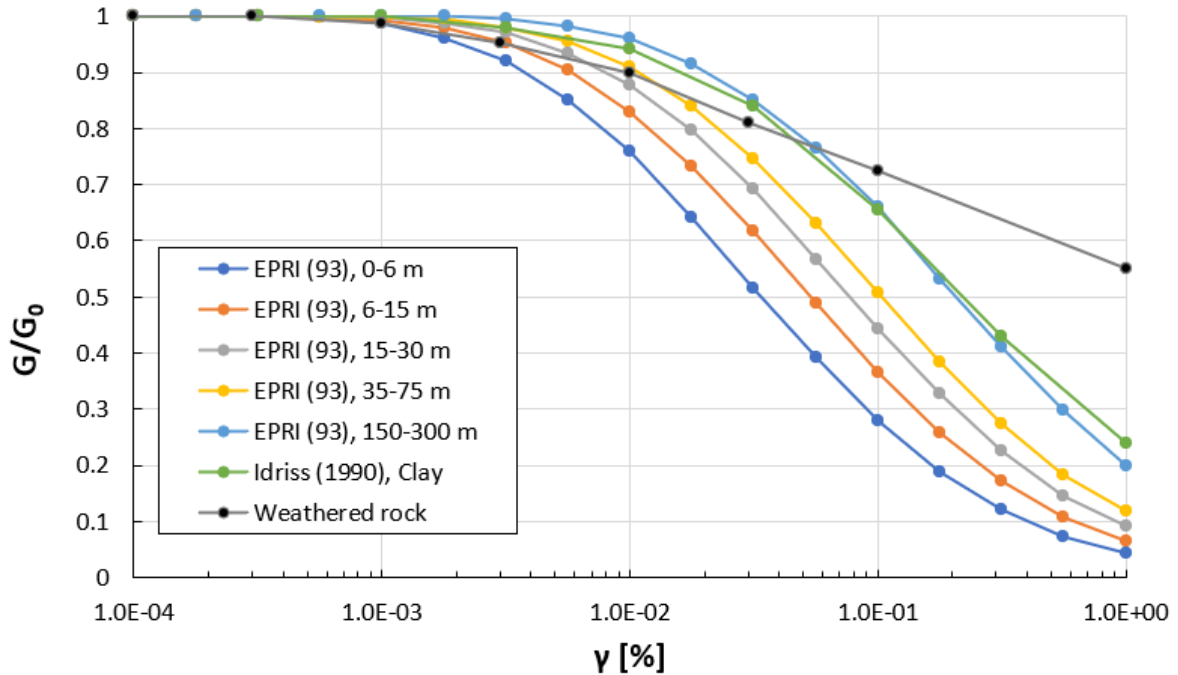


Figura A.1: Curve di degrado del modulo di taglio.

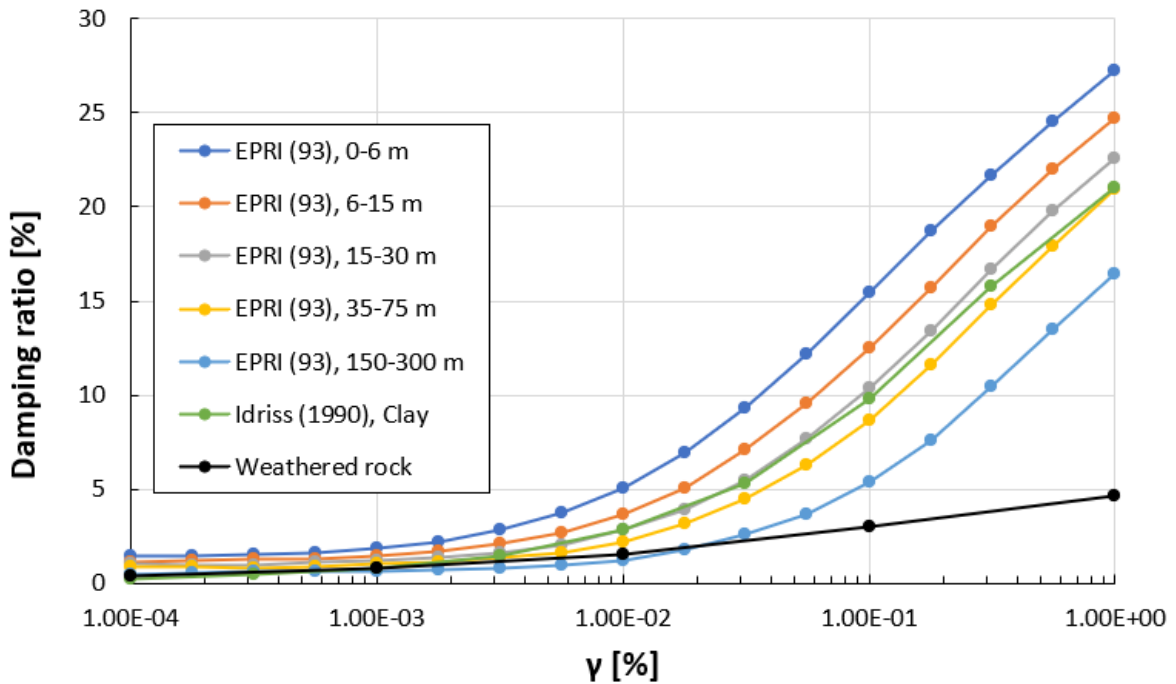


Figura A.2: Curva di smorzamento in funzione della deformazione a taglio ciclica.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 168 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

A.4 SCELTA DEGLI ACCELEROGRAMMI E TRATTAMENTO

L'input sismico utilizzato è acquisito dal nodo del reticolo di riferimento considerato dalla NTC08 (D.M. 14.01.2008) ed NTC18 (D.M. 17.01.2018). L'input sismico è espresso mediante un set di 7 accelerogrammi reali, registrati su sito rigido, spettro-compatibili in media agli spettri di normativa definiti nelle NTC08 e con un periodo di ritorno di 975 anni. Gli accelerogrammi di input sono stati ottenuti secondo la procedura descritta in cfr. [14] dal portale WebGIS reso disponibile da EUCENTRE per la Regione Emilia-Romagna, oppure ottenuti mediante il software SCALCONA-3.0 per i punti ricadenti all'interno dei confini della Regione Toscana secondo quanto indicato nelle specifiche tecniche regionali di cui alla Del. GRT n. 977 del 27 Settembre 2021 [15].

Da Tabella A.1 a Tabella A.7 sono riportati i dati degli accelerogrammi utilizzati rispettivamente per la RSL km 1+000, km 4+200, km 5+000 ÷ 5+360, km 6+168, km 8+560, km 70+300 ÷ 90+767, RSL km 116+113 ÷ 124+000, RSL km 124+000 ÷ 140+69.

Da Figura A.3 a Figura A.9 viene mostrata media e scarto degli spettri degli accelerogrammi selezionati e confrontati con lo spettro NTC su suolo rigido (cat. A) rispettivamente per la RSL km 1+000, km 4+200, km 5+000 ÷ 5+360, km 6+168, km 8+560, km 70+300 ÷ 90+767, RSL km 116+113 ÷ 124+000, RSL km 124+000 ÷ 140+69.

Tabella A.1: Dati del set di accelerogrammi rappresentativi selezionato (km 1+000).

| ID registrazione | Sorgente | M _w | R _{epi} (km) | Fattore scala (%) | Classe sito NTC2018 |
|---|-----------|----------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC | ESM | 6.2 | 29.90 | 2.66 | A |
| RSN146_COYOTELK_G01320.AT2 | NGA-West2 | 5.74 | 12.57 | 2.83 | A |
| RSN804_LOMAP_SSF115.AT2 | NGA-West2 | 6.93 | 83.53 | 4.57 | A |
| RSN797_LOMAP_RIN090.AT2 | NGA | 6.93 | 94.31 | 2.8 | A |
| SMNH100010061330.EW2 | KiK-net | 6.6 | 31.00 | 0.93 | A |
| IT.LRS..HNE.D.19980909.112800.C.ACC.ASC | ESM | 5.6 | 18.00 | 1.63 | A |
| IT.AQP..HNN.D.20090409.005259.C.ACC.ASC | ESM | 5.2 | 11.80 | 3.68 | A |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 169 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella A.2: Dati del set di accelerogrammi rappresentativi selezionato (km 4+200 e km 5+000 ÷ 5+360).

| ID registrazione | Sorgente | M _w | R _{epi} (km) | Fattore scala (%) | Classe sito NTC2018 |
|---|-----------|----------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC | ESM | 6.2 | 29.9 | 2.66 | A |
| RSN146_COYOTELK_G01320.AT2 | NGA-West2 | 5.74 | 12.57 | 2.82 | A |
| RSN804_LOMAP_SSF115.AT2 | NGA-West2 | 6.93 | 83.53 | 4.56 | A |
| IT.LRS..HNE.D.19980909.112800.C.ACC.ASC | ESM | 5.6 | 18 | 1.63 | A |
| SMNH100010061330.EW2 | KiK-net | 6.6 | 31 | 0.93 | A |
| RSN797_LOMAP_RIN090.AT2 | NGA-West2 | 6.93 | 94.31 | 2.79 | A |
| IT.AQP..HNN.D.20090409.005259.C.ACC.ASC | ESM | 5.2 | 11.8 | 3.67 | A |

Tabella A.3: Dati del set di accelerogrammi rappresentativi selezionato (km 6+168).

| ID registrazione | Sorgente | M _w | R _{epi} (km) | Fattore scala (%) | Classe sito NTC2018 |
|---|-----------|----------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC | ESM | 6.2 | 29.9 | 2.66 | A |
| RSN146_COYOTELK_G01320.AT2 | NGA-West2 | 5.74 | 12.57 | 2.82 | A |
| RSN804_LOMAP_SSF115.AT2 | NGA-West2 | 6.93 | 83.53 | 4.56 | A |
| IT.LRS..HNE.D.19980909.112800.C.ACC.ASC | ESM | 5.6 | 18 | 1.63 | A |
| SMNH100010061330.EW2 | KiK-net | 6.6 | 31 | 0.93 | A |
| RSN797_LOMAP_RIN090.AT2 | NGA | 6.93 | 94.31 | 2.79 | A |
| IT.AQP..HNN.D.20090409.005259.C.ACC.ASC | ESM | 5.2 | 11.8 | 3.67 | A |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 170 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella A.4: Dati del set di accelerogrammi rappresentativi selezionato (km 8+560).

| ID registrazione | Sorgente | M _w | R _{epi} (km) | Fattore scala (%) | Classe sito NTC2018 |
|---|-----------|----------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC | ESM | 6.2 | 29.9 | 2.66 | A |
| RSN146_COYOTELK_G01320.AT2 | NGA-West2 | 5.74 | 12.57 | 2.82 | A |
| RSN804_LOMAP_SSF115.AT2 | NGA-West2 | 6.93 | 83.53 | 4.56 | A |
| SMNH100010061330.EW2 | Kik-net | 6.6 | 31 | 0.93 | A |
| IT.AQP..HNN.D.20090409.005259.C.ACC.ASC | ESM | 5.2 | 11.8 | 3.67 | A |
| RSN797_LOMAP_RIN090.AT2 | NGA | 6.93 | 94.31 | 2.8 | A |
| IT.LRS..HNE.D.19980909.112800.C.ACC.ASC | ESM | 5.6 | 18 | 1.63 | A |

Tabella A.5: Dati del set di accelerogrammi rappresentativi selezionato (km 70+300 ÷ 90+767, ID punto 17407).

| ID registrazione | Sorgente | M _w | R _{epi} (km) | Fattore scala (%) | Classe sito NTC2018 |
|---|----------|----------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC | ESM | 6.2 | 29.9 | 3.1 | A |
| RSN146_COYOTELK_G01320.AT2 | NGA | 5.74 | 12.57 | 2.04 | A |
| RSN804_LOMAP_SSF205.AT2 | NGA | 6.93 | 83.53 | 2.25 | A |
| RSN1091_NORTHV_VAS090.AT2 | NGA | 6.69 | 38.07 | 1.71 | A |
| SMNH100010061330.EW2 | KiKnet | 6.6 | 31 | 0.96 | A |
| SAGH010503201053.NS2 | KiKnet | 6.6 | 37 | 1.84 | A |
| IT.AQP..HNE.D.20090407.174737.C.ACC.ASC | ESM | 5.5 | 13.2 | 2.53 | A |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 171 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

Tabella A.6: Dati del set di accelerogrammi rappresentativi selezionato (km 116+113 ÷ 124+000, ID punto 16514).

| ID registrazione | Sorgente | M _w | R _{epi} (km) | Fattore scala (%) | Classe sito NTC2018 |
|---|----------|----------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC | ESM | 6.2 | 29.9 | 2.9 | A |
| RSN146_COYOTELK_G01320.AT2 | NGA | 5.74 | 12.57 | 1.91 | A |
| RSN804_LOMAP_SSF205.AT2 | NGA | 6.93 | 83.53 | 2.11 | A |
| RSN1091_NORTHR_VAS090.AT2 | NGA | 6.69 | 38.07 | 1.6 | A |
| SMNH100010061330.EW2 | KiKnet | 6.6 | 31 | 0.9 | A |
| SAGH010503201053.NS2 | KiKnet | 6.6 | 37 | 1.72 | A |
| IT.AQP..HNE.D.20090407.174737.C.ACC.ASC | ESM | 5.5 | 13.2 | 2.36 | A |

Tabella A.7: Dati del set di accelerogrammi rappresentativi selezionato (km 124+000 ÷ 140+691, ID punto 16290).

| ID registrazione | Sorgente | M _w | R _{epi} (km) | Fattore scala (%) | Classe sito NTC2018 |
|---|----------|----------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| EU.HRZ..HNE.D.19790524.172317.C.ACC.ASC | ESM | 6.2 | 29.9 | 2.86 | A |
| RSN146_COYOTELK_G01320.AT2 | NGA | 5.74 | 12.57 | 1.88 | A |
| RSN804_LOMAP_SSF205.AT2 | NGA | 6.93 | 83.53 | 2.08 | A |
| RSN1091_NORTHR_VAS090.AT2 | NGA | 6.69 | 38.07 | 1.58 | A |
| SMNH100010061330.EW2 | KiKnet | 6.6 | 31 | 0.88 | A |
| SAGH010503201053.NS2 | KiKnet | 6.6 | 37 | 1.7 | A |
| IT.AQP..HNE.D.20090407.174737.C.ACC.ASC | ESM | 5.5 | 13.2 | 2.33 | A |

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 172 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

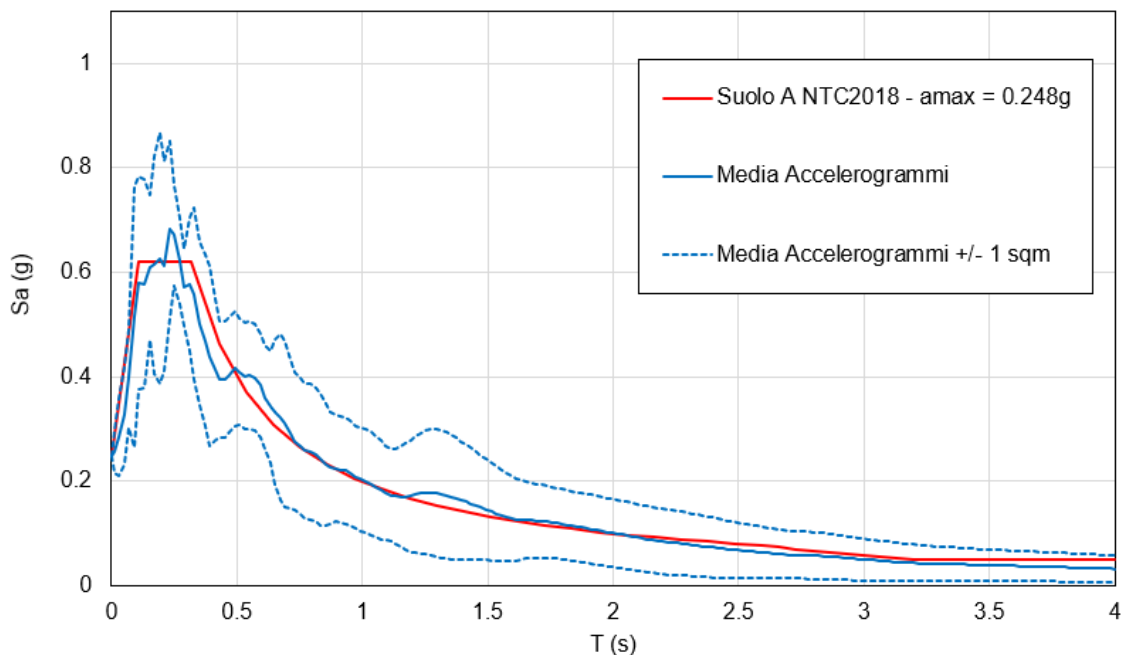


Figura A.3: Media e scarto degli spettri di risposta elastici smorzati al 5% del set di accelerogrammi, a confronto con lo spettro elastico NTC2008 per $a_g = 0.248g$ (pk 1+000) su suolo di tipo A.

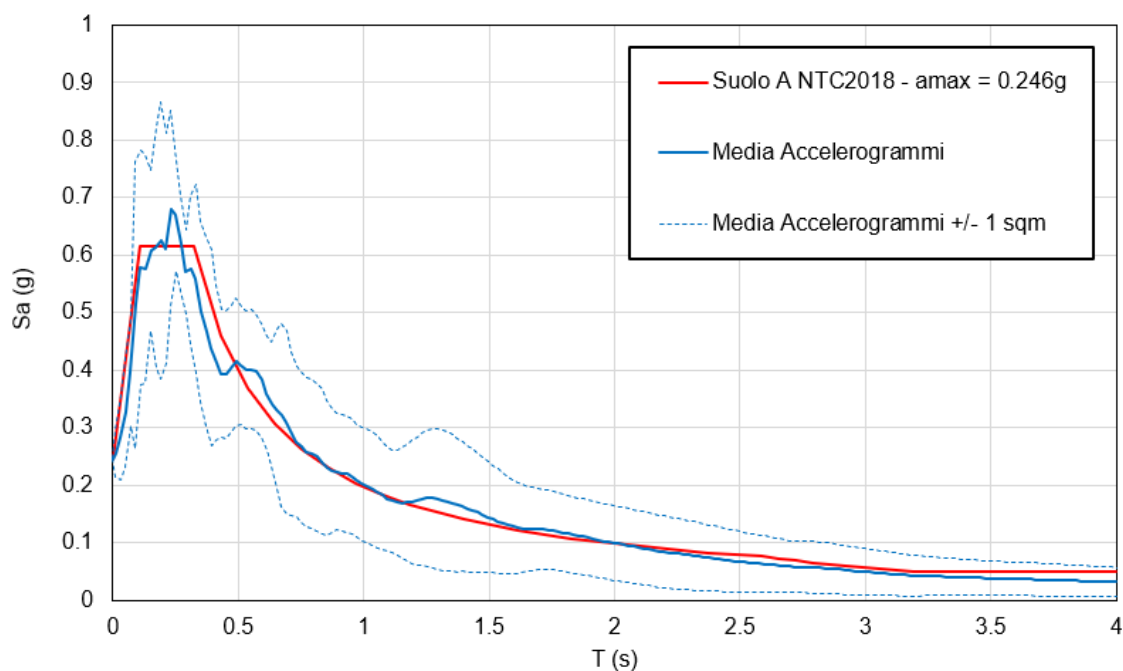


Figura A.4: Media e scarto degli spettri di risposta elastici smorzati al 5% del set di accelerogrammi, a confronto con lo spettro elastico NTC2008 per $a_g = 0.248g$ (pk 4+200 e tratto da pk 5+000 a pk 5+360) su suolo di tipo A.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 173 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

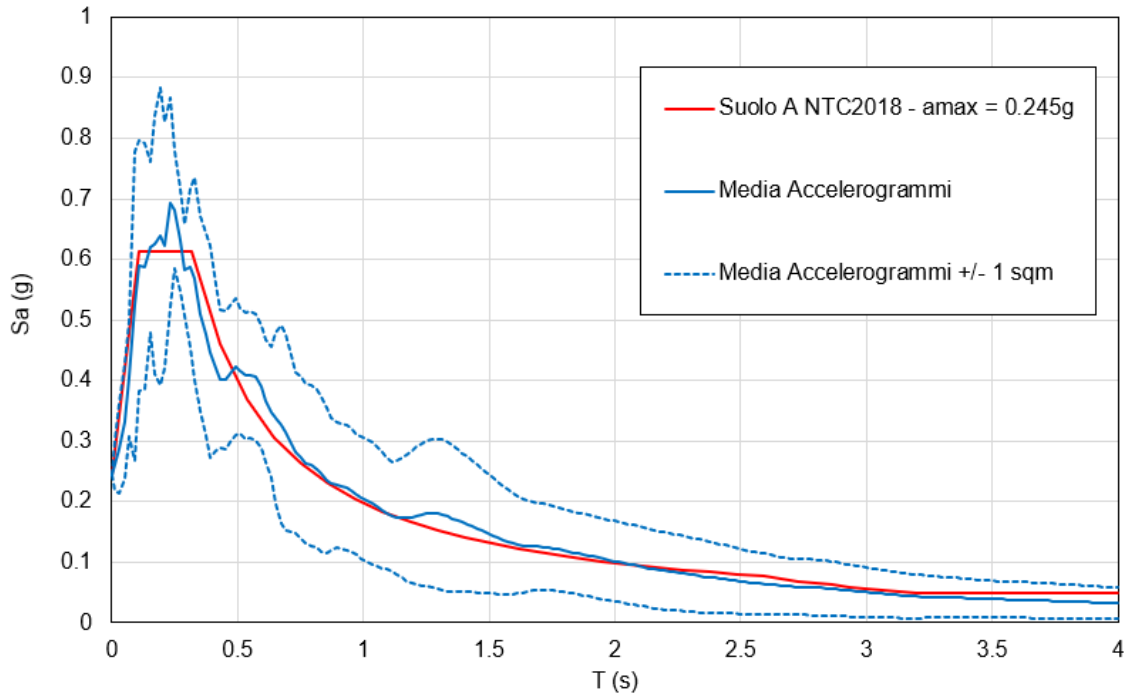


Figura A.5: Media e scarto degli spettri di risposta elastici smorzati al 5% del set di accelerogrammi, a confronto con lo spettro elastico NTC2008 per $a_g = 0.245g$ (tratto da pk 6+168) su suolo di tipo A.

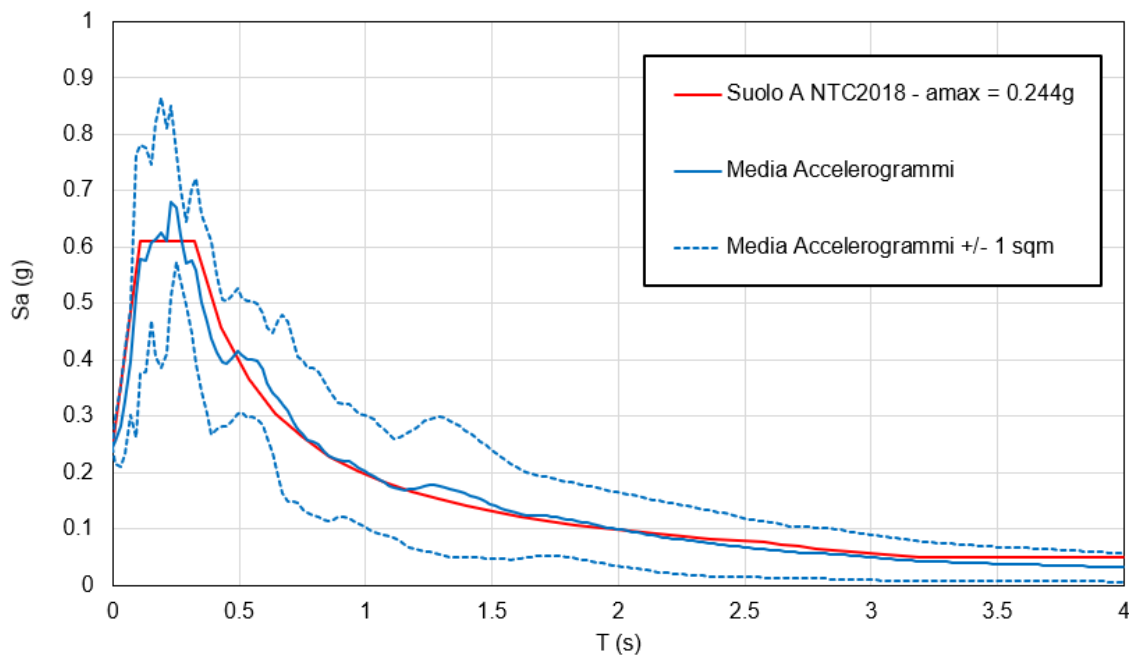


Figura A.6: Media e scarto degli spettri di risposta elastici smorzati al 5% del set di accelerogrammi, a confronto con lo spettro elastico NTC2008 per $a_g = 0.244g$ (tratto da pk 8+560) su suolo di tipo A.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 174 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

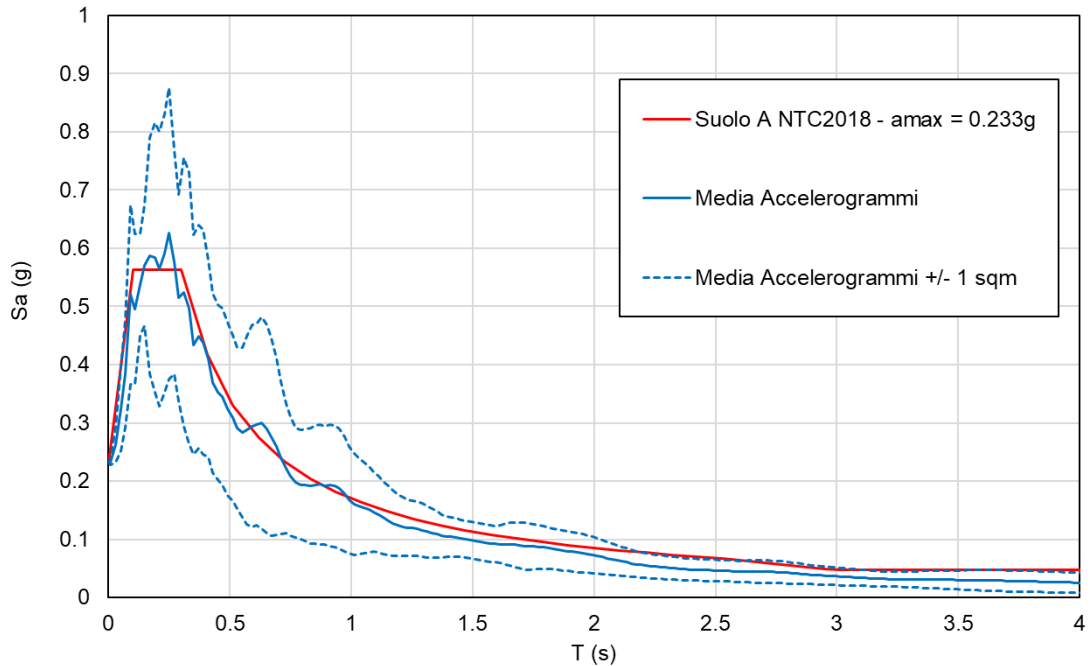


Figura A.7: Media e scarto degli spettri di risposta elastici smorzati al 5% del set di accelerogrammi, a confronto con lo spettro elastico NTC2008 per $a_g = 0.233g$ (tratto da pk 70+300 a pk 90+767) su suolo di tipo A.

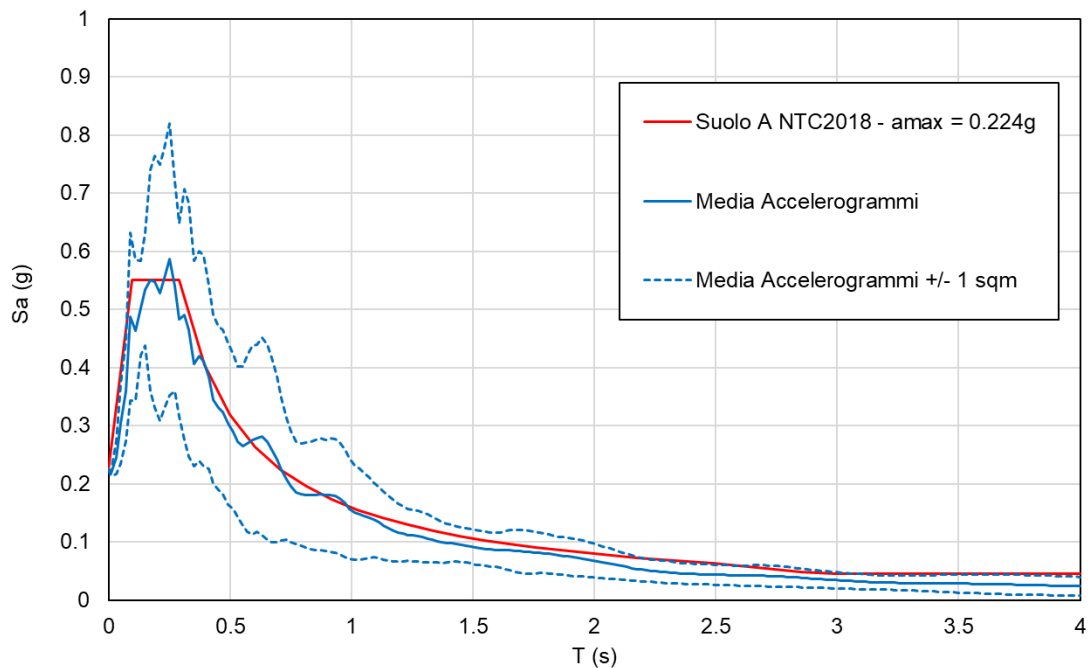


Figura A.8: Media e scarto degli spettri di risposta elastici smorzati al 5% del set di accelerogrammi, a confronto con lo spettro elastico NTC2008 per $a_g = 0.224g$ (tratto da km 116+113 a km 124+000) su suolo di tipo A.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 175 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

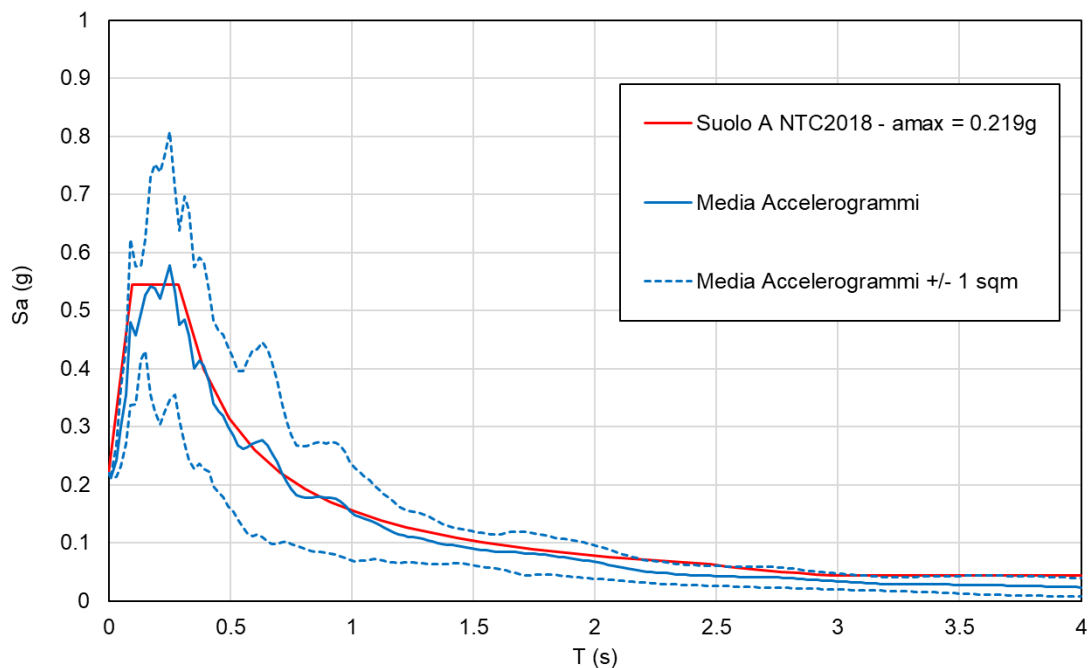


Figura A.9: Media e scarto degli spettri di risposta elastici smorzati al 5% del set di accelerogrammi, a confronto con lo spettro elastico NTC2008 per $a_g = 0.219g$ (tratto da km 124+000 a km 140+691) su suolo di tipo A.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
|  | PROGETTISTA    | COMMESSA NQ/R22358 | UNITÀ - |
| | LOCALITÀ REGIONI Toscana – Emilia-Romagna | 10-CI-E-80190 | |
| | PROGETTO METANODOTTO SESTINO - MINERBIO DN 1200 (48") DP – 75 bar | Pag. 176 di 176 | Rev. 0 |

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-300-RT-1441-20

A.5 BIBLIOGRAFIA

- [1] Abrahamson N.A. (1992) "Non-stationary spectral matching," Seismological Research Letters, Vol. 63, No. 1, p. 30.
- [2] Idriss IM (1990) Response of soft soil sites during earthquakes. In: Duncan JM (ed) Proceedings in H. Bolton seed memorial symposium, vol 2, pp 273–290.
- [3] Hancock J., Watson-Lamprey J., Abrahamson N.A., Bommer J.J., Markatis A., McCoy E., Mendis R. (2006) "An improved method of matching response spectra of recorded earthquake ground motion using wavelets." Journal of Earthquake Engineering, Vol. 10 pp. 67–89.
- [4] Kottke, A. R., Wang, X. e Rathje, E. M., Strata Technical Manual, October 16, 2019.
- [5] Rollins K.M., Evans M.D., Diehl N.B., and Daily III W.D., Members, ASCE (1998). Shear Modulus and Damping Relationships for Gravels. J. Geotech. Geoenviron. Eng., 1998, 124(5): 396-405.
- [6] Seed H. B., Idriss I. M. (1970). Soil Moduli and Damping Factors for Dynamic Response Analysis. Report No. UCB/EERC-70/10, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, December, 48 p. (as cited in the EERA Manual, Bardet et al., 2000).
- [7] Sgobba, S., Puglia, R., Pacor F., Luzi, L., Russo, E., Felicetta, C., Lanzano, G., D'Amico, M., Baraschino, R., Baltzopoulos, G., Iervolino, I. REXELweb: a tool for selection of ground-motion records from the Engineering Strong Motion database (ESM). 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (ICEGE) 17 - 20 June 2019, Roma, Italy.
- [8] Electric Power Research Institute (EPRI) (1993). Guidelines for Site Specific Ground Motions, Palo Alto, California. November. TR-102293