

COMUNE DI TIRANO

PROVINCIA DI SONDRIO



COMMITTENTE : **FERRARI AUTO DI FERRARI JOHNNY**

Via Palazzetta, n° 19 – 23030 BIANZONE (SO)

P.IVA 00955970140

PROGETTO : STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE
DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA
SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO
E VIA EZIO VANONI



OGGETTO : **RELAZIONE GEOLOGICA (R1 – R3) E GEOTECNICA (R2)
CON RILIEVO DI SISMICA PASSIVA HVSR, INDAGINI
PENETROMETRICHE DPSH ED ANALISI SISMICA DI
2° LIVELLO**

Aprile 2025

Dr. Fabrizio Bigioli Geologo

(documento firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005)

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA E GESTIONE DEL TERRITORIO

Dr. Fabrizio BIGIOLLI Geologo - via Valeriana, 1135 – loc Piussogno – 23016 CERCINO (SO)

Tel. 0342 680 651 Mobile 339 60 96 386

e-Mail info@bigioli.it C.F. BGLFRZ76T09F712E P.Iva 00812460145



INDICE

1. PREMESSA	4
1.1. METODOLOGIA.....	8
1.2. FINALITA`	10
1.3. OPERE PROPOSTE	10
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	11
2.1. CENNI DI GEOLOGIA GENERALE	11
2.2. SUBSTRATO ROCCIOSO.....	13
2.3. COPERTURA SUPERFICIALE	13
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	15
4. CARATTERI IDROGEOLOGICI E IDROGRAFIA SUPERFICIALE.....	16
5. INQUADRAMENTO SISMICO, INDAGINE SISMICA ED ANALISI SISMICA	19
5.1. INQUADRAMENTO SISMICO GENERALE.....	19
5.2. INDAGINE DI SISMICA PASSIVA HVSR	24
5.3. ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO	32
6. ANALISI DELLE PUBBLICAZIONI, VERIFICA P.A.I. E P.G.T.....	39
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE	43
7.1. PROVE PENETROMETRICHE	44
8. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI	50
8.1. STRATIGRAFIA.....	50
8.2. PARAMETRI GEOTECNICI.....	51
9. VERIFICA ALLO SCORRIMENTO.....	53
10. VERIFICA DELLA STABILITA` GLOBALE	54
11. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	55
12. APERTURA, SOSTEGNO E PROBLEMATICHE RELATIVE AI FRONTI DI SCAVO	56

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO



13. STABILITA` GLOBALE POST OPERAM57

14. ANNOTAZIONI CONCLUSIVE.....58

ALLEGATO AL TESTO :

CARTA GEO LITOLOGICA

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO
ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO
VANONI” - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



1. PREMESSA

Per conto e su incarico della **Soc. FERRARI AUTO DI FERRARI JOHNNY** , con riferimento al progetto dello **Studio Tecnico Geom. BETTINI CLAUDIO**, è stato eseguito il presente studio geologico e geotecnico ai sensi del D.M. 11.03.88 (*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*), del D.M. 159 del 14.09.2005 (*Norme tecniche per le costruzioni*) e D.M. 17.01.2018 (*Aggiornamento NTC 2018 entrato in vigore il 22.03.2018*) a supporto del **PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI”**.

L'area oggetto di studio è posta alla quota media di circa **421,00 m s.l.m.** all'incrocio tra viale dell'Artigianato e via Ezio Vanoni in Comune di Tirano (So). Per l'ubicazione geografica si rimanda alla corografia a seguire.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI” - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911

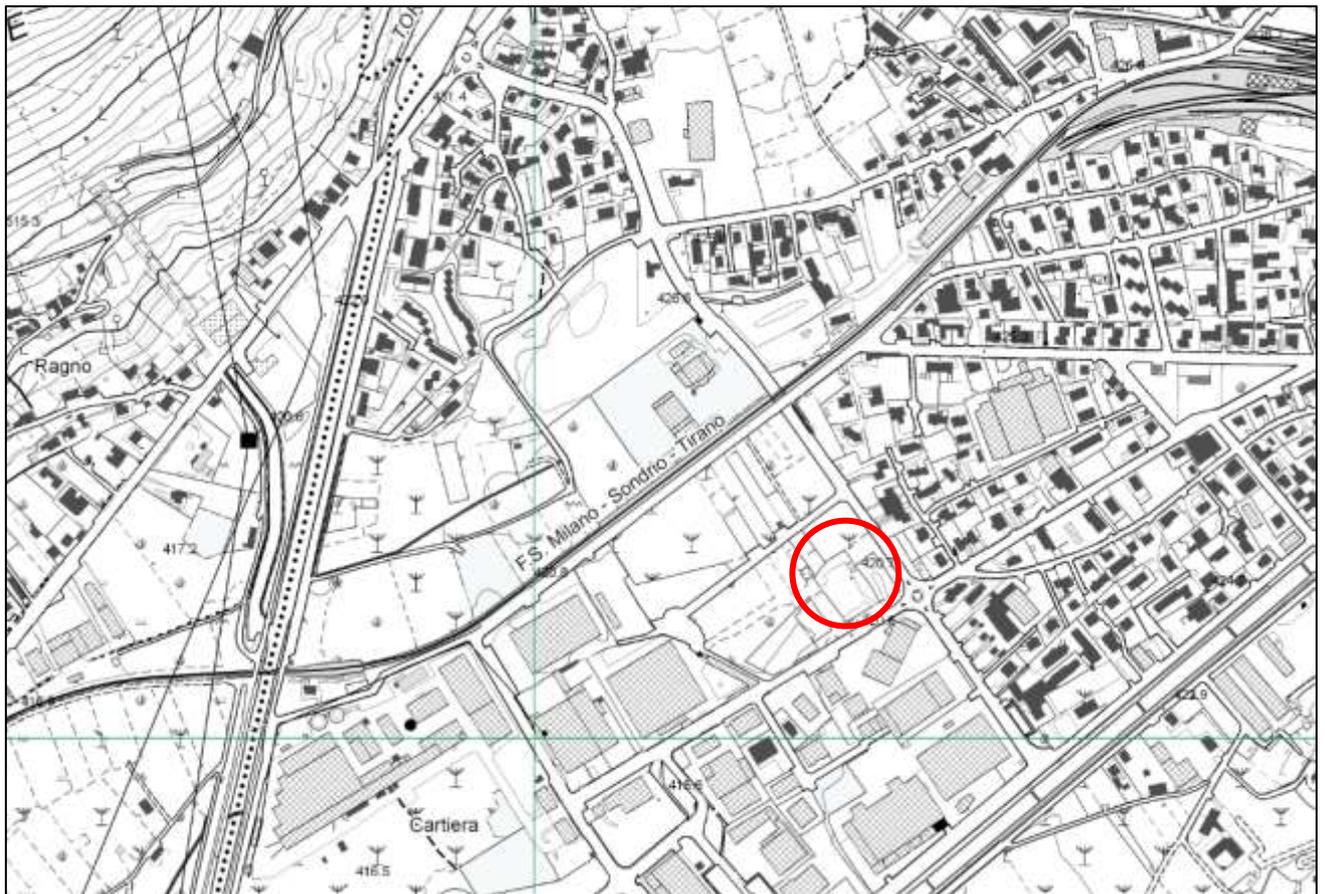


Fig. 1 – Corografia con ubicazione area oggetto di intervento (C.T.R. Sez. D3b1)

In riferimento all'azzoneamento della Carta di Fattibilità Geologica del Piano di Governo del Territorio - *Definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica L.R. 12 / 2005 e successive delibere attuative*, l'area oggetto di studio ricade in **Classe di fattibilità 3g (fattibilità con consistenti limitazioni)**.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911

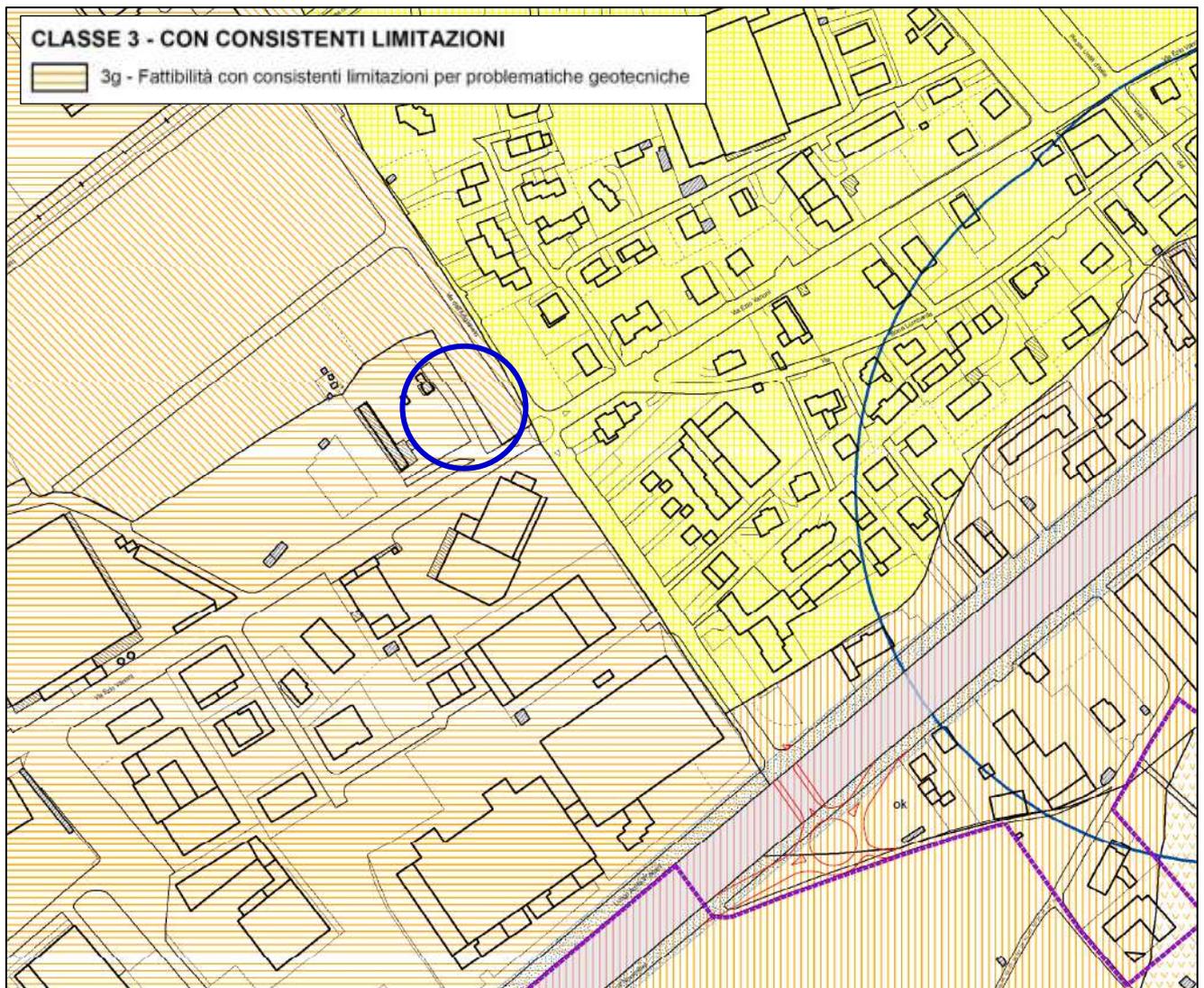


Fig. 2 – Estratto della carta di fattibilità geologica comunale e relativa legenda

Le Norme Tecniche di Fattibilità Geologica del P.G.T. riportano:

Art. 75.3 Classe 3: fattibilità con consistenti limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali si sono riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area di studio o nell'immediato intorno.

L'utilizzo di queste zone è pertanto subordinato alla realizzazione di supplementi d'indagine rispetto alle aree in classe 2 per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, mediante

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



campagne geognostiche, prove in sito o di laboratorio, nonché mediante studi tematici specifici di varia natura (idrogeologici, idraulici, ambientali, ecc.). Ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e bonifica.

Le porzioni di territorio ricadenti nella classe 3 sono quindi meno idonee alla futura urbanizzazione, espansione residenziale e artigianale e/o alla localizzazione di strutture ricettive e dovranno essere utilizzate qualora non vi siano altri spazi a disposizione.

Tutti i progetti di nuove opere dovranno essere accompagnati da Relazione Geologica che dimostri di aver analizzato le diverse problematiche geologiche caratteristiche di ogni sottoclasse di fattibilità, come di seguito specificato.

A) NUOVA EDIFICAZIONE

È consentita con limitazioni e comunque previa realizzazione di Relazione Geologica che analizzi le problematiche geologiche presenti, nel rispetto delle condizioni proprie della sottoclasse di appartenenza (indicate dettagliatamente nel seguito). Tale studio geologico dovrà inoltre stabilire il grado di rischio dell'area in relazione all'intervento in progetto e fornire le indicazioni per la progettazione di eventuali opere necessarie alla messa in sicurezza del nuovo edificio e/o per l'adozione di misure organizzative per la mitigazione del rischio.

Nel caso in cui lo Studio Geologico evidenzi la necessità di realizzare opere di sistemazione idrogeologica si dovrà provvedere a:

- *progettare le opere di sistemazione necessarie, da allegare al Progetto dell'edificio come parte integrante della documentazione per il rilascio del Permesso di Costruire;*
- *ad opere ultimate per il ritiro della Licenza di abitabilità e/o agibilità dell'edificio dovrà essere prodotta al Comune una dichiarazione a firma dei tecnici coinvolti nella progettazione delle medesime che attesti che tutte le opere prescritte sono state eseguite e che indichi, a carico del soggetto titolare dell'opera, la periodicità dei controlli e degli interventi di manutenzione delle opere di messa in sicurezza. Tale documento dovrà contestualmente attestare l'avvenuta riduzione del rischio e solleverà l'Amministrazione circa ogni responsabilità futura derivante da incuria dei manufatti.*

Dovranno inoltre essere previste, da valutare puntualmente per ogni intervento, provvedimenti costruttivi atti a limitare la situazione di rischio propria di ogni sottoclasse. (...)

Sottoclasse 3g: *si rende necessaria la preventiva realizzazione di una campagna geognostica volta alla migliore definizione possibile dei parametri fisico-meccanici dei terreni ed eventualmente del livello della*

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO



falda. Sulla base delle risultanze di tali indagini dovranno essere condotte apposite verifiche che definiscano le metodologie più appropriate per garantire la stabilità dei fronti di scavo, le strutture di fondazione ritenute più idonee e ogni altro accorgimento necessario ai fini della stabilità a lungo periodo delle opere medesime.

B) AMPLIAMENTO DI EDIFICI ESISTENTI

Sono ammessi, di norma, interventi che comportino ampliamento di superfici residenziali, non residenziali produttive e ricettive, sia mediante sopraelevazioni che mediante la realizzazione di nuovi corpi edilizi. Per ogni sottoclasse valgono per altro le prescrizioni fornite nel paragrafo precedente per le nuove edificazioni.

C) RECUPERO DEL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE

Sono ammessi, senza integrazioni di tipo geologico, gli interventi di cui alle lettere a), b), c) dell'art. 31 della L.N. 457/78. Per gli interventi d) ed e) dell'art. 31 della L. 457/78 e comunque per gli interventi che comportino cambiamenti di destinazioni d'uso con ampliamenti di superficie residenziale produttiva e ricettiva, valgono, per ogni sottoclasse, le prescrizioni delle nuove edificazioni.

D) OPERE VARIE

Per la realizzazione di opere di vario tipo che comportino sensibili modifiche dell'originario assetto idrogeologico del territorio (quali ad esempio parcheggi, strade comunali, strade di accesso, opere di sistemazione idrogeologica dei versanti e dei corsi d'acqua, opere di derivazione e collettamento), tenendo conto delle prescrizioni per ogni sottoclasse, dovrà essere approntato dettagliato studio geologico, geomorfologico, idrogeologico, geotecnico e valangologico con esame dell'interazione opera - territorio nonché dei rischi naturali ed indotti dalla realizzazione di ciascun intervento e degli accorgimenti da adottare per la riduzione del medesimo.

1.1. METODOLOGIA

Al fine di meglio caratterizzare le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche dell'area in oggetto, lo studio si è articolato nelle seguenti fasi:

- ~ verifica, esame ed analisi degli elaborati e delle opere / interventi proposti in progetto (**PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI”**.);
- ~ ricerca, raccolta ed analisi critica dei dati tecnici e geologici esistenti in bibliografia;
- ~ analisi dei lavori e delle indagini redatti dallo scrivente in aree limitrofe;

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI” - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



- ~ sopralluogo e rilievo geologico – geomorfologico – idrogeologico dell'area di intervento e circostanti (**03 marzo 2025**);
- ~ esecuzione di n°1 prova di sismica passiva HVSR con strumentazione TROMINO ® (**03 marzo 2025**);
- ~ esecuzione di n°6 prove penetrometriche DPSH (*Dynamic Probing Super Heavy*) (**03 marzo 2025**);
- ~ verifica di fattibilità di quanto in progetto relativamente alla normativa vigente (P.A.I. – PGRA - RIM), al Piano di Governo del Territorio e agli altri strumenti di pianificazione comunale;
- ~ interpretazione dei dati raccolti, elaborazione e restituzione ai sensi del D.M. 11.03.88, del D.M. 159 del 14.09.2005 e del D.M. 17.01.2018 (**relazione geologica (R1-R3) e geotecnica (R2)**).



Fig. 3 – Ortofoto con ubicazione area oggetto di intervento

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI” - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



1.2. FINALITA`

La presente analisi si prefigge i seguenti obiettivi:

- ~ valutare la situazione geologico – geomorfologica - idrogeologica locale per verificare la fattibilità di quanto in progetto;
- ~ definire la categoria del sottosuolo, mediante l'indagine di sismica passiva HVSR con strumentazione TROMINO ®;
- ~ valutare, mediante l'analisi sismica di 2° livello, la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di amplificazione (Fa);
- ~ definire la natura, la stratigrafia ed i parametri geotecnici caratteristici dei terreni in esame;
- ~ evidenziare eventuali problematiche / prescrizioni alla fattibilità di quanto in progetto e possibili soluzioni.

1.3. OPERE PROPOSTE

Con riferimento agli elaborati progettuali in nostro possesso, il progetto redatto dallo **Studio Tecnico Geom. BETTINI CLAUDIO** prevede la realizzazione di un nuovo insediamento artigianale nell'area sita all'incrocio tra viale dell'Artigianato e via Ezio Vanoni in Comune di Tirano (So).

I mappali interessati dal progetto sono il n° 140-950-141-142-909-911 del foglio di mappa Fg. 43 del censuario catastale del Comune di Tirano (So).

Per maggiori approfondimenti si rimanda alle tavole e relazioni di progetto.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

2.1. CENNI DI GEOLOGIA GENERALE

Dal punto di vista geologico generale, l'area viene a trovarsi nell'ampia fascia corrispondente alle Alpi Centrali, caratterizzata da una struttura molto complessa, le cui falde appartengono a due domini strutturali: l'Elvetico, il Pennidico e l'Austroalpino a Nord mentre a Sud troviamo il Sudalpino (o Alpi Meridionali).

Elemento fondamentale della tettonica della Valtellina è la presenza di una grandiosa faglia, nota in letteratura geologica con la denominazione di "linea del Tonale" o "linea Insubrica"¹, che rappresenta la superficie di sovrascorrimento delle unità elvetiche, pennidiche ed austroalpine sul dominio sudalpino, movimento che ha provocato il sollevamento della porzione "alpina" di circa 15 km rispetto al Sudalpino (l'area oggetto di studio si trova a Nord rispetto a tale lineamento).

Tale linea tettonica rappresenta in realtà solo una porzione della linea Periadriatica, che taglia longitudinalmente l'intero arco alpino e che, appunto, localmente prende denominazioni differenti; decorrendo da Ovest verso Est troviamo nel Canavese passando per Bellinzona e per il Passo di S. Jorio la "linea del Canavese", lungo il solco valtellinese, nel quale si mantiene in destra orografica, la "linea Insubrica", passando sotto l'Aprica fino al Passo del Tonale la "linea delle Giudicarie" ed in Val Pusteria e Val di Drava la "linea della Pusteria".

Le falde pennidiche, che formano la parte più profonda della catena alpina, risultano formate da grosse scaglie di crosta continentale prealpina e da una serie di sequenze metasedimentarie permio - mesozoiche e terziarie accatastate assieme a lembi di ofioliti testimoni dell'Oceano Ligure - Piemontese. I complessi ofiolitici e plutonici marcano il passaggio dal dominio pennidico all'austroalpino, il quale comprende i sovrascorrimenti più estesi e le unità strutturali più elevate del sistema alpino, costituiti da falde accatastate in modo irregolare sia di crosta continentale prealpina (basamento prepermiano già metamorfosato prima dell'orogenesi alpina, verosimilmente nella precedente orogenesi ercinica) sia di sedimenti (coperture) permio - mesozoici. Nelle falde

¹ da: "La geologia del territorio della Provincia di Sondrio" – Bonsignore, Bravi, Nangeroni, Ragni.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO



australpine affiorano la finestra dell'Engadina e dei Tauri nelle quali si possono osservare le falde pennidiche sottostanti.

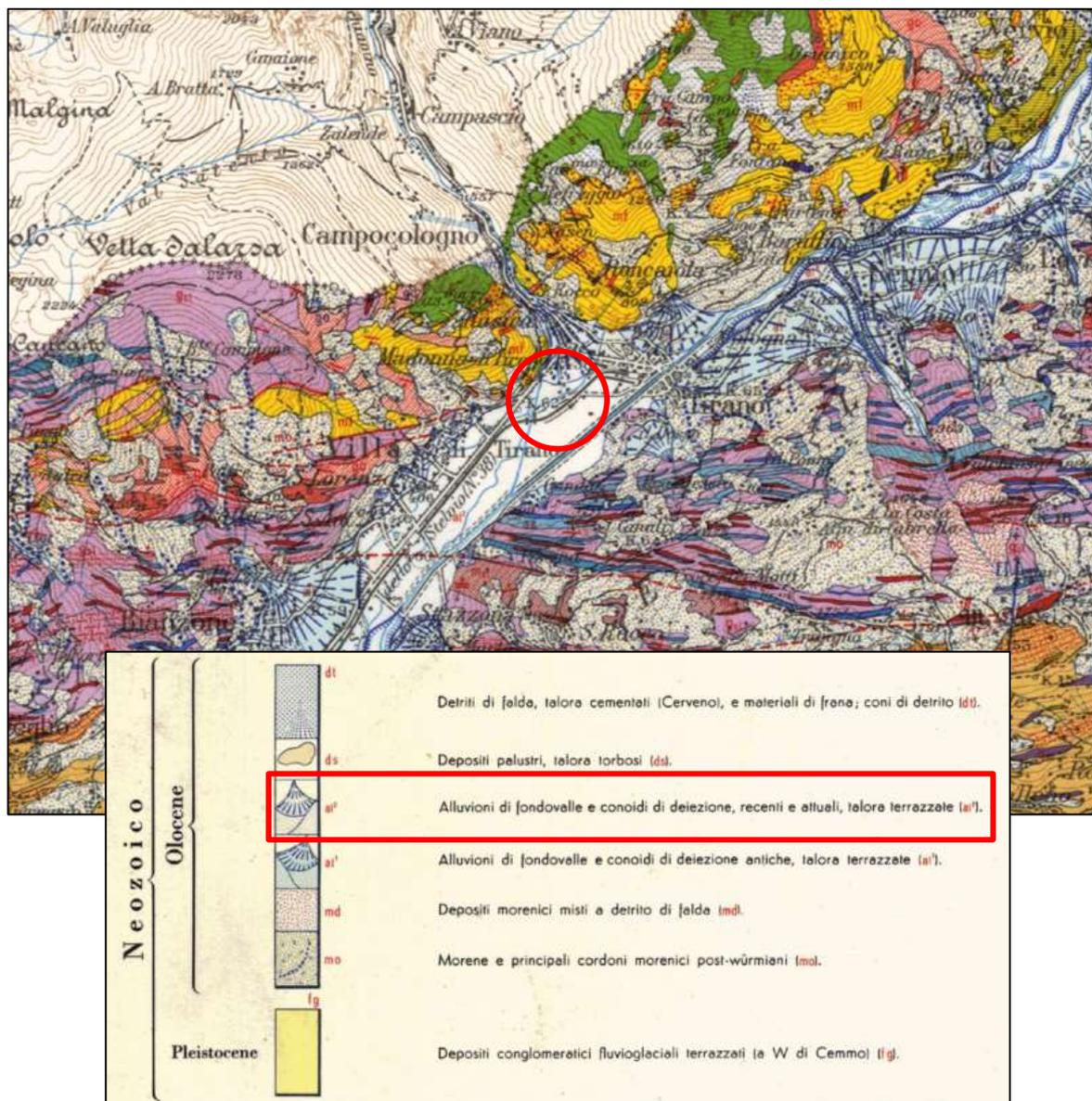


Fig. 4 - Carta geologica d'Italia foglio Tirano e legenda relativa al Neozoico

A Sud della "linea Insubrica" si estende il complesso sudalpino (Alpi Meridionali); esso comprende il basamento cristallino (Cristallino Sudalpino), metamorfosato in ambiente duttile durante l'orogenesi ercinica, e la copertura carbonifera - mesozoica (Sedimentario Sudalpino), che non ha

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



subito metamorfismo alpino ma è stata deformata in prossimità della superficie insieme ad alcune scaglie del basamento.

2.2. SUBSTRATO ROCCIOSO

In fase di sopralluogo NON è stato rilevato l'affiorare – sub affiorare del **substrato roccioso** in corrispondenza dell'area oggetto di intervento e limitrofe. Si esclude, inoltre, ogni qualsiasi interazione con le opere in progetto.

In ogni caso il litotipo locale è riconducibile alla formazione dagli *Gneiss* del Monte Tonale (Austalpino superiore) costituita da micascisti e *paragneiss* di grado metamorfico medio-elevato, a due miche o prevalentemente biotitici con diffusa sillimanite e granato, iniettati da lenticelle quarzoso-feldspatiche, i quali lungo le dislocazioni principali danno luogo a *gneiss* milonitici con lamine di muscovite sulle superfici di scistosità.

Gli *gneiss* e i micascisti ove hanno subito deformazione tettonica appaiono fratturati e laminati e quindi facilmente alterabili, mentre se non interessati da motivi tettonici presentano grana media e scistosità da poco a mediamente pervasiva; si presentano quindi piuttosto compatti, poco fratturati e quindi poco alterati.

2.3. COPERTURA SUPERFICIALE

L'area oggetto di studio presenta una copertura superficiale caratterizzata prevalentemente da **depositi alluvionali di conoide** del Torrente Poschiavino. In particolare i depositi di conoide sono gli accumuli che si formano alla confluenza dei corsi d'acqua laterali con la valle principale (Valle dell'Adda); i materiali erosi nel bacino di alimentazione e lungo l'asta torrentizia vengono presi in carico dalle acque di ruscellamento e trasportati sul fondovalle dove vengono depositati con una caratteristica forma a ventaglio.

Litologicamente si tratta di terreni naturali caratterizzati da depositi poligenici ed eterometrici costituiti da trovanti, ciottoli subarrotondati e ghiaie in matrice prevalentemente sabbiosa; la frazione limosa nella matrice aumenta allontanandoci dall'apice verso la zona distale del conoide.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO



Si rileva localmente la presenza di uno spessore submetrico di materiali di riporto.

In allegato a fine testo la carta geo litologica estratta dalle cartografie geoambientali – Regione Lombardia a scala 1 : 10.000.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO
ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO
VANONI” - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio comunale di Tirano è caratterizzato da una diversità morfologica tra il versante retico, ben inciso da solchi vallivi e con pendenze accentuate, e quello orobico molto meno pendente, con coperture quasi esclusivamente di origine glaciale. Sicuramente l'aspetto geomorfologico più evidente è riconducibile all'attività glaciale ed è evidenziato dal profilo trasversale ad U della Valle dell'Adda. Alle forme erosive e di deposito di origine glaciali si è poi sovrimposta la morfogenesi legata alle acque superficiali e subordinatamente alla gravità.

In dettaglio la morfologia dell'area risulta connessa principalmente all'azione di deposizione del Torrente Poschiavino, che ha determinato la formazione di un ampio conoide alluvionale sopra il quale è stato edificato l'abitato di Tirano. L'area in esame, che si trova nel settore distale del conoide, si presenta sub pianeggiante (leggera degradazione delle quote topografiche in direzione Sud).

In fase di sopralluogo (03 marzo 2025) NON sono stati rilevati in zona processi geomorfici potenziali o in atto tali da pregiudicare la sicurezza delle opere in progetto.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO
ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO
VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



4. CARATTERI IDROGEOLOGICI E IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Il Reticolo Idrico Principale del Comune di Tirano è costituito dal Fiume Adda e dal Torrente Poschiavino, tributario destro del Fiume Adda che si origina in territorio svizzero, dove scorre per 26 km, per poi sfociare nell'Adda proprio in corrispondenza del confine occidentale del Comune di Tirano. Al Reticolo Idrico Principale si aggiungono una serie di rii a carattere torrentizio appartenenti al Reticolo Idrico Minore.

In dettaglio NON si evidenzia la presenza in corrispondenza dell'area oggetto di intervento e/o in fregio alla stessa di impluvi e/o di corsi d'acqua significativi. In direzione Ovest, ad una distanza minima in linea d'aria superiore a 500,00 m, si sviluppa il Torrente Poschiavino; mentre in direzione Sud, ad una distanza minima in linea d'aria superiore a 240,00 m, scorre il Fiume Adda. Detto ciò, dall'analisi dei piani di settore comunali NON sono previste interferenze tra le opere in progetto e le fasce di rispetto dei corsi d'acqua sopraccitati.

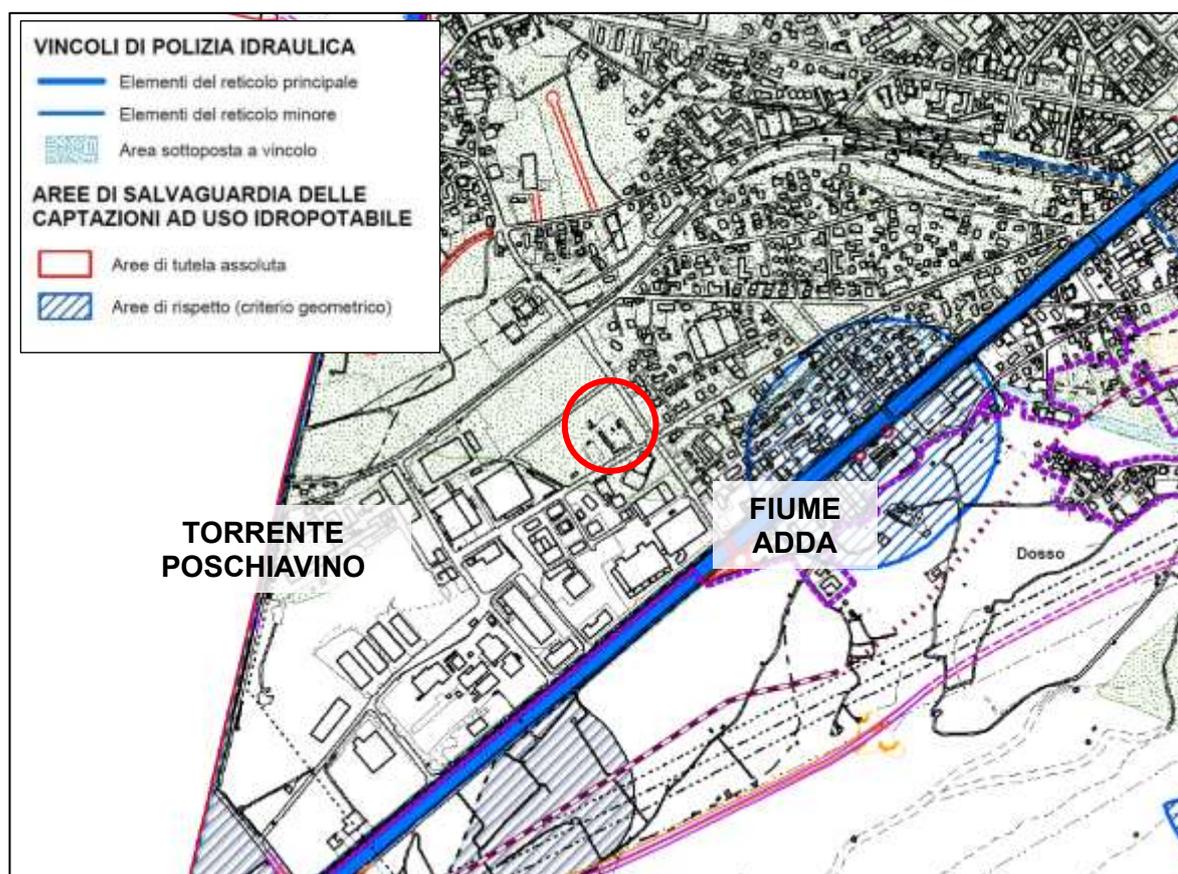


Fig. 5 – Stralcio “Carta dei vincoli” del P.G.T. del Comune di Tirano

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI” - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



Si aggiunge che l'area oggetto di studio ricade all'interno della fascia di esondazione C del P.A.I. .
L'esame del P.G.T. ha evidenziato la compatibilità degli interventi in progetto con le norme di
attuazione ed i vincoli previsti per la fascia C del P.A.I. .

Per quello che concerne i caratteri idrogeologici dell'area, il livello superficiale della falda freatica
NON è stato rilevato in fase di indagine (prove penetrometriche DPSH).

All'interno del fondovalle del Fiume Adda sono presenti una serie di pozzi censiti sul sito della Provincia di Sondrio. In particolare quello più vicino all'area oggetto di studio, che riporta i dati relativi alla profondità del livello statico della falda, è un pozzo situato a Ovest rispetto all'area in esame, ad uso industriale, identificato dal codice regionale SO03SO01406600049 (ID pratica SO03056122019).



Fig. 6 – Foto aerea con ubicazione pozzo di riferimento

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO
ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO
VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



Tale pozzo è posto alla quota di 419,20 m s.l.m. e presenta un livello statico della falda ad una profondità di -30,90 m rispetto al piano campagna attuale (dati aggiornati al gennaio 2018).

Pertanto si esclude che le opere di fondazione in progetto (piano di imposta ad una profondità media di circa -1,00 m dal piano campagna attuale) possano interagire con la falda freatica presente nel sottosuolo.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI” - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



5. INQUADRAMENTO SISMICO, INDAGINE SISMICA ED ANALISI SISMICA

5.1. INQUADRAMENTO SISMICO GENERALE

Ai fini dell'applicazione della nuova normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 Marzo 2003, Delibera della Giunta Regionale n° 14964 del 7 novembre 2003) l'intero territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, con grado di pericolosità crescente da 4 a 1 (rif. allegato A della D.G.R. n° 14964/2003: classificazione sismica dei comuni della Regione Lombardia).

Il territorio del Comune di Tirano era stato inserito nella zona 4 (livello di pericolosità sismica molto basso); nelle normative precedenti non era stato classificato.

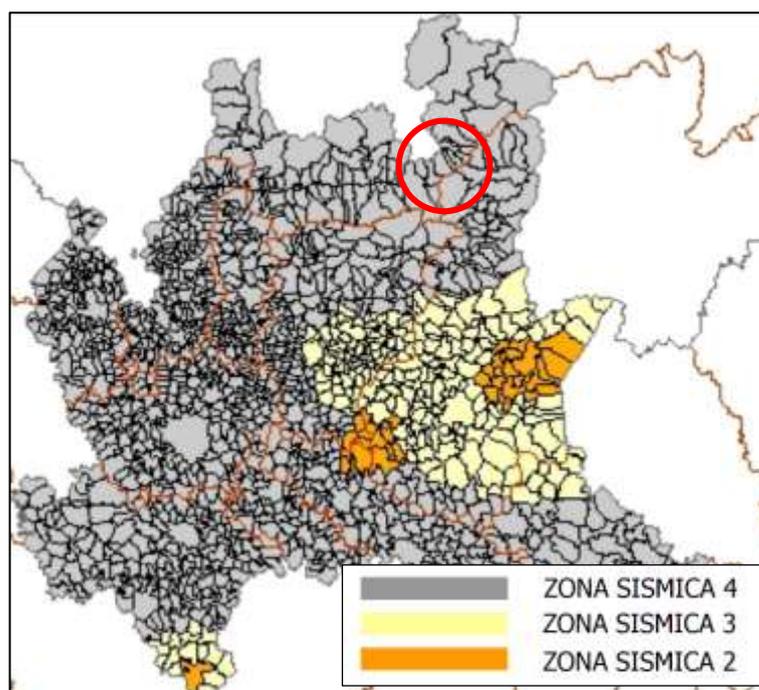


Fig. 7 – Classificazione sismica secondo la D.G.R. N° 14964/2003

Ciascuna zona è classificata in base ai valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ag/g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni secondo lo schema seguente:

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme tecniche)
1	> 0,25 a _g /g	0,35 a _g /g
2	0,15 – 0,25 a _g /g	0,25 a _g /g
3	0,05 – 0,15 a _g /g	0,15 a _g /g
4	< 0,05 a _g /g	0,05 a _g /g

Nel 2014 è stata approvata la D.g.r. 11 luglio 2014 – n. X/2129 che prevede l'aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art.3, c. 108, lett. d). Tale provvedimento è entrato in vigore il 10 aprile 2016 e ha comportato una riclassificazione sismica dei vari comuni lombardi; in particolare il Comune di Tirano è passato da zona sismica 4 a **zona sismica 3 (livello di pericolosità sismica basso)**.

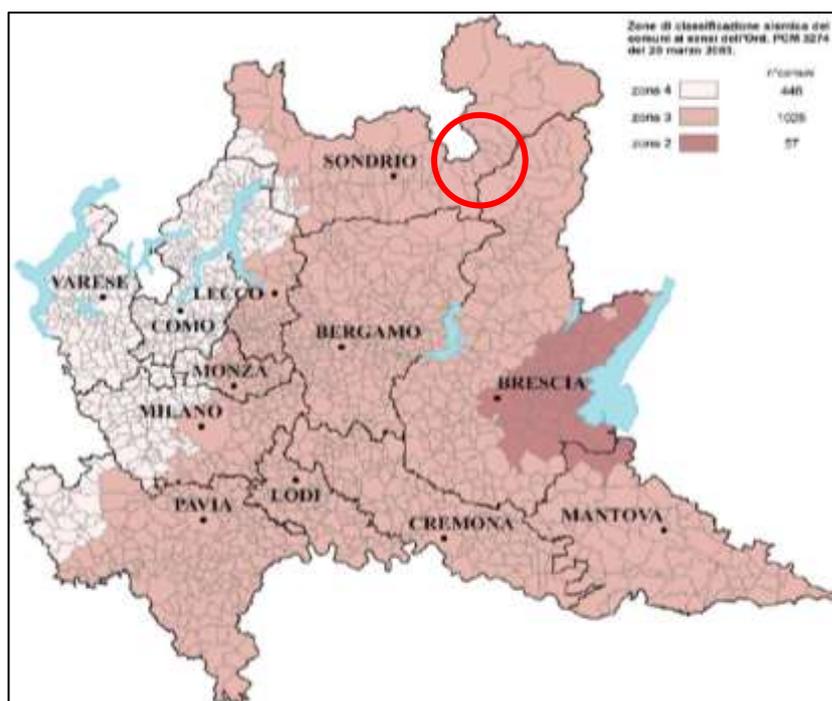


Fig. 8 – Classificazione sismica secondo la nuova normativa

La normativa vigente (rif. allegato 2 dell'Ordinanza del P.C.M. n° 3274/2003: norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici) definisce inoltre le categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le indicazioni si riferiscono ai terreni presunti alla profondità del piano di posa delle fondazioni).

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO



La categoria del sottosuolo è stata ricavata sulla base della interpretazione delle indagini svolte (prova di sismica passiva HVSR con strumentazione TROMINO ®).

L'indagine di sismica passiva HVSR ha evidenziato una $V_{s\ eq}$ pari a 416,00 m/s; pertanto si ipotizza che i terreni naturali in oggetto di studio appartengano alla

Categoria di sottosuolo B.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>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.</i>

In riferimento alle condizioni topografiche la morfologia dei luoghi può essere ricondotta alla categoria topografica T1.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Vengono di seguito forniti i valori dei parametri e dei coefficienti sismici per il sito in esame:

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

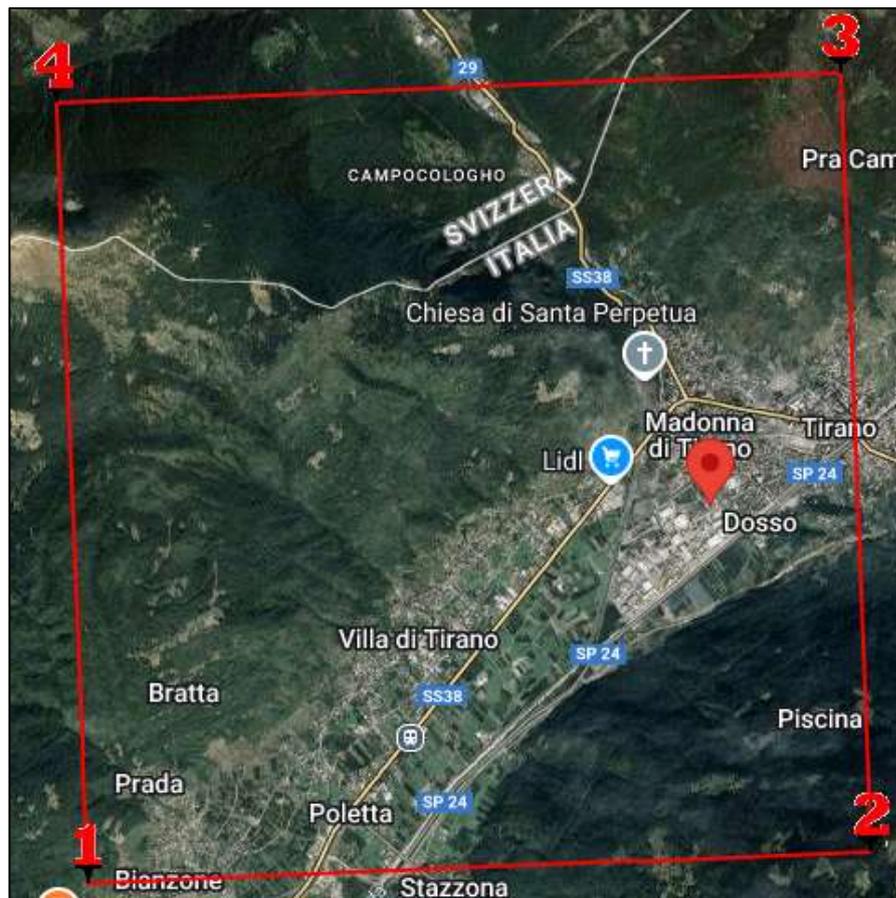


Fig. 9 – Localizzazione del reticolo di riferimento

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame

Latitudine: 46,211998 [°]

Longitudine: 10,159167 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



Siti di riferimento

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	9166	46,1879	10,1019	5156,088
Sito 2	9167	46,1899	10,1739	2708,525
Sito 3	8945	46,2398	10,1711	3227,831
Sito 4	8944	46,2379	10,0990	5449,780

Le coordinate sono espresse in ED50

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50 anni
 Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,027	2,526	0,180
Danno (SLD)	63	50	0,034	2,544	0,204
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,083	2,554	0,271
Prevenzione del collasso (SLC)	5	975	0,106	2,571	0,280

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911

**Coefficienti sismici**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [-]	Beta [-]
SLO	1,200	1,550	1,000	0,006	0,003	0,317	0,200
SLD	1,200	1,510	1,000	0,008	0,004	0,402	0,200
SLV	1,200	1,430	1,000	0,020	0,010	0,979	0,200
SLC	1,200	1,420	1,000	0,031	0,015	1,251	0,240

5.2. INDAGINE DI SISMICA PASSIVA HVSR

In data **03 marzo 2025** è stata effettuata un'indagine indiretta di sismica passiva HVSR con strumentazione TROMINO®, che ha permesso di ricavare la categoria del sottosuolo e, attraverso la variazione della velocità sismica nel sottosuolo, di ottenere approssimativamente la stratigrafia.

L'indagine è stata svolta in corrispondenza del terreno di proprietà, ove è prevista la realizzazione del nuovo insediamento artigianale.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



Fig. 10 – Stralcio tavola "Planimetria generale" con ubicazione punto di esecuzione indagine di sismica passiva HVSR con strumentazione TROMINO ® (esagono viola)

Il tromometro digitale TROMINO ®, prodotto dalla Moho s.r.l. , è uno strumento portatile (10 x 14 x 8 cm e 1,1 kg) basato su un progetto brevettato che ottimizza la misura del microtremore nell'intervallo di frequenze compreso fra 0,1 e 200 Hz. Il dispositivo è dotato di tre canali velocimetrici elettrodinamici ad alta risoluzione per l'acquisizione del microtremore fino a circa $\pm 1,5$ mm/s, di tre canali velocimetrici per la registrazione delle vibrazioni forti fino a ± 5 cm/s e di tre canali accelerometrici. I sensori sono disposti secondo tre direzioni ortogonali (terna x, y e z) e, smorzati criticamente, trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore con risoluzione non inferiore a 23 bit. Inoltre è presente un canale analogico predisposto per l'acquisizione dati da ricevitore GPS integrato (sistema ricevitore / antenna) ed un modulo radio permette la sincronizzazione tra diverse unità di lavoro ed eventualmente la trasmissione di allarmi.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



Per quanto attiene alle caratteristiche che interessano le misure di vibrazione, è da rilevare che lo strumento ha una curva di risposta pressoché piatta nella banda di interesse per la norma DIN4150, grazie a sismometri *mid-frequency* la cui risposta viene digitalizzata a 24 bit A/D con una frequenza di campionamento di 128 Hz.



Fig. 11 – Punto di esecuzione indagine di sismica passiva HVSR con strumentazione TROMINO ®

Di seguito si riportano i dati sismici ottenuti dall'indagine indiretta di sismica passiva HVSR con strumentazione TROMINO ®.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



Strumento: TEB-0906/01-24

Formato dati: 32 bit

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 03/03/2025 09:09:28 Fine registrazione: 03/03/2025 09:29:28

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

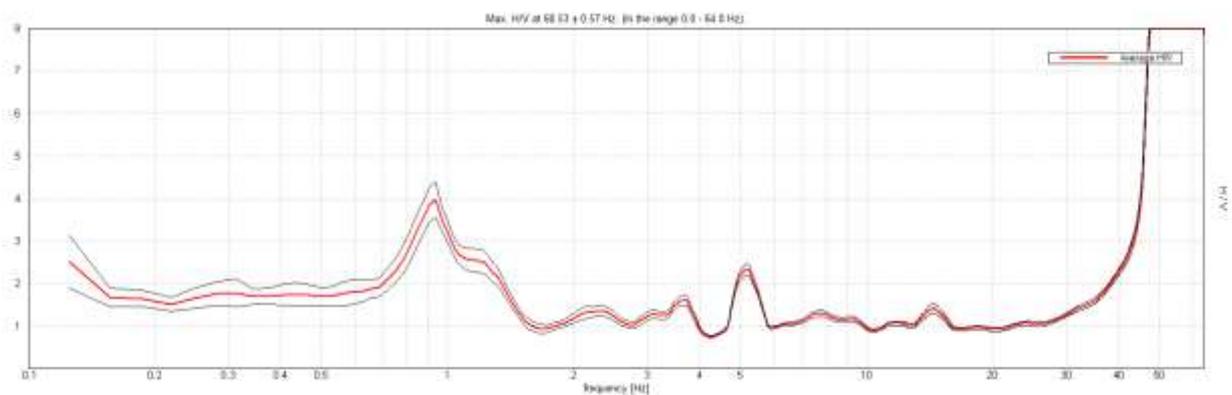
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

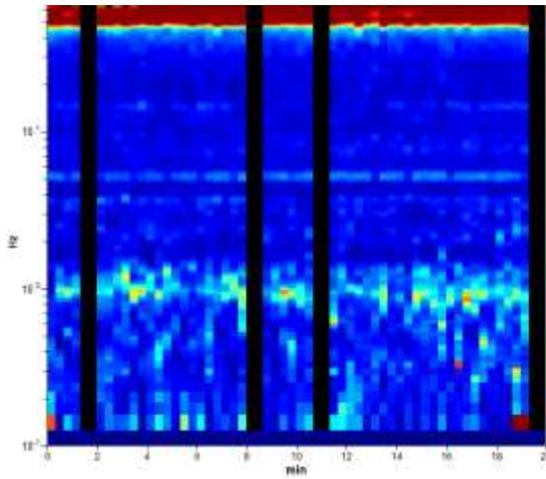


RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

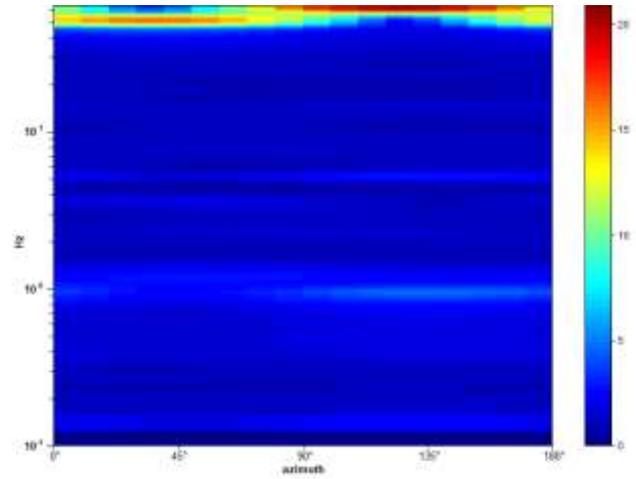
PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO
ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO
VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

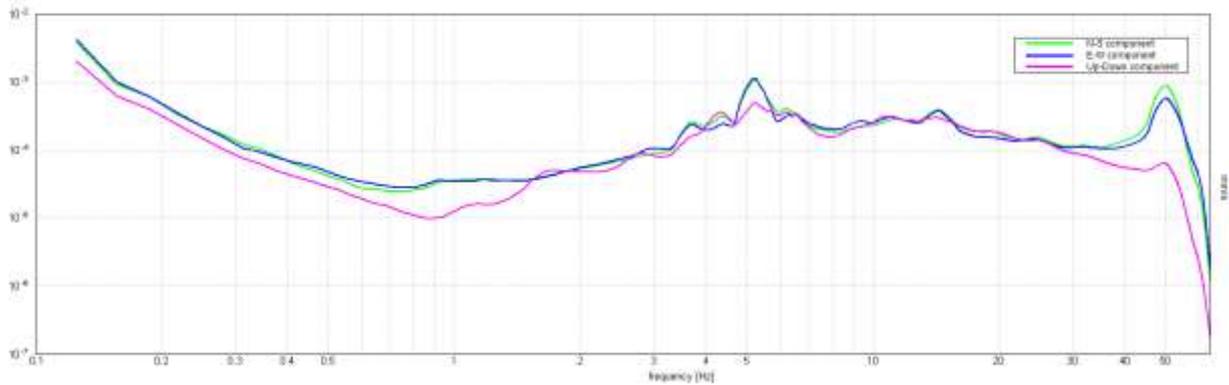


RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

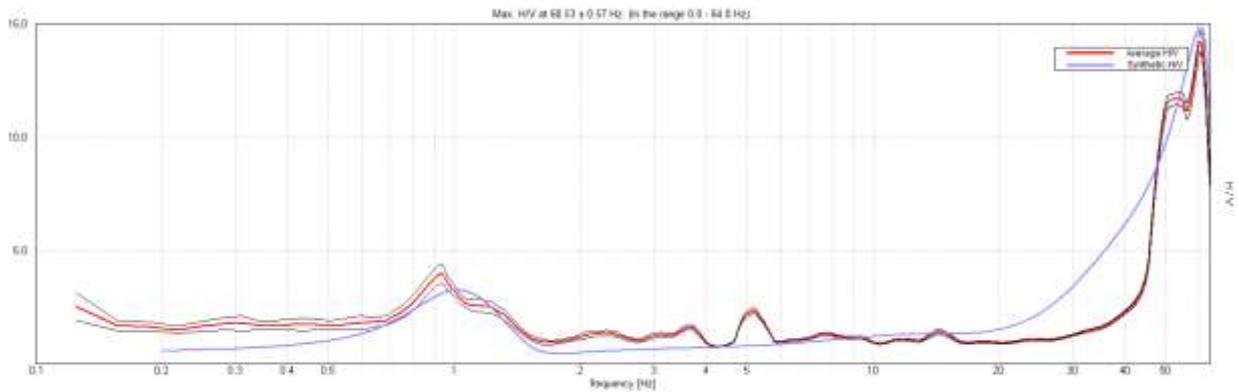
PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO
ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO
VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

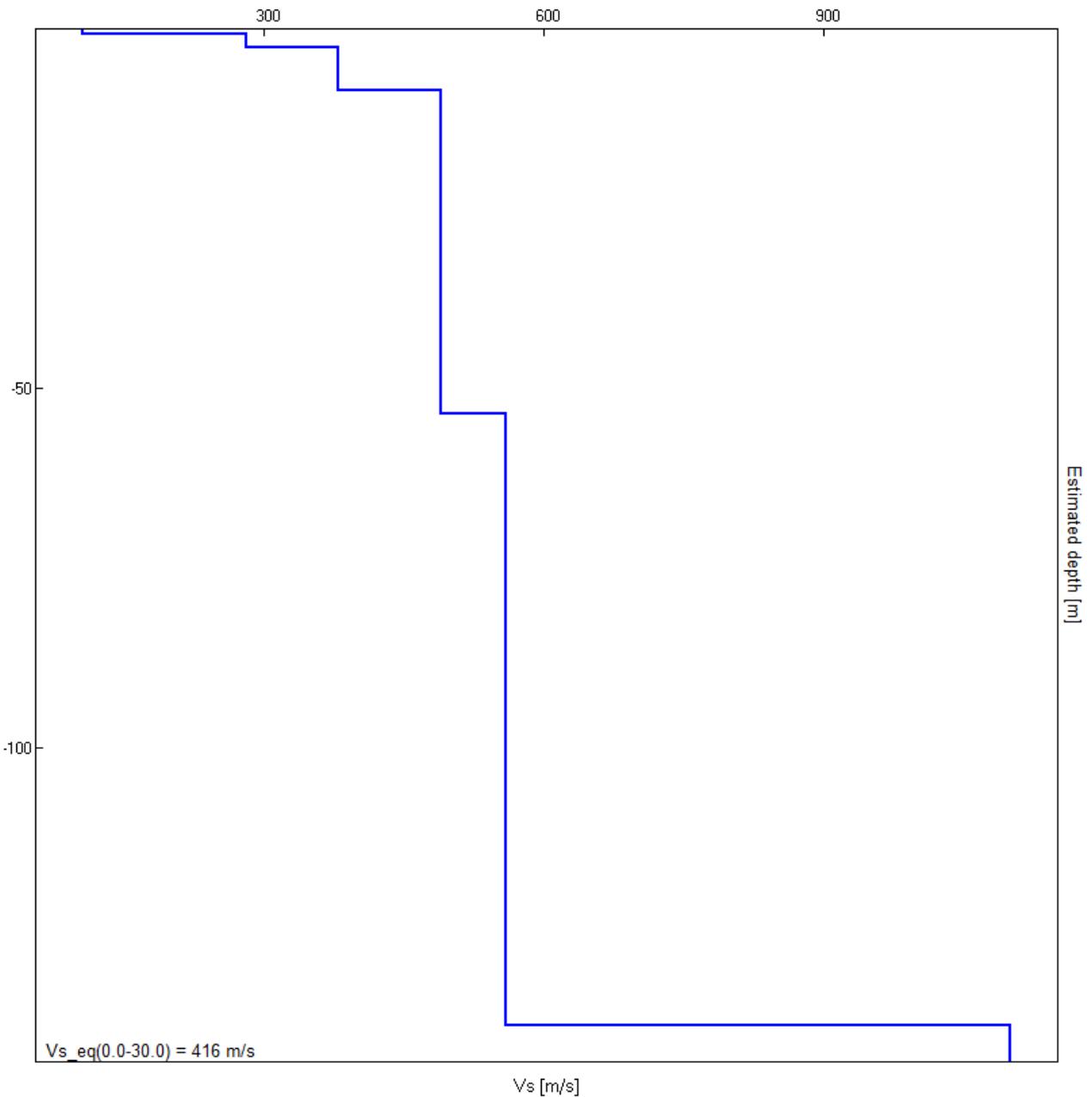


Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.60	0.60	106	0.42
2.50	1.90	282	0.42
8.50	6.00	380	0.42
53.50	45.00	490	0.40
138.50	85.00	560	0.40
inf.	inf.	1100	0.42

Vs eq(0.0-30.0) = 416 m/s

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO
ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO
VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



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

Max. H/V at 60.53 ± 0.57 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	60.53 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	62952.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1081 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	46.781 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	14.21 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.00939 < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.56825 < 3.02656	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.459 < 1.58	OK	

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

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

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI” - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



5.3. ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

A seguire si riporta l'analisi sismica di 2° livello per le opere in progetto poste in **zona sismica 3** con una $A_{g_{max}}$ pari a **0,087693 m/s²** secondo la nuova D.g.r. 11 luglio 2014 – n. X/2129 che prevede l'aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art.3, c. 108, lett. d).

Secondo lo studio geologico – idrogeologico e sismico del P.G.T. , l'area in esame è inserita in **zona Z4a** (Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi) della carta di classificazione della pericolosità sismica locale.

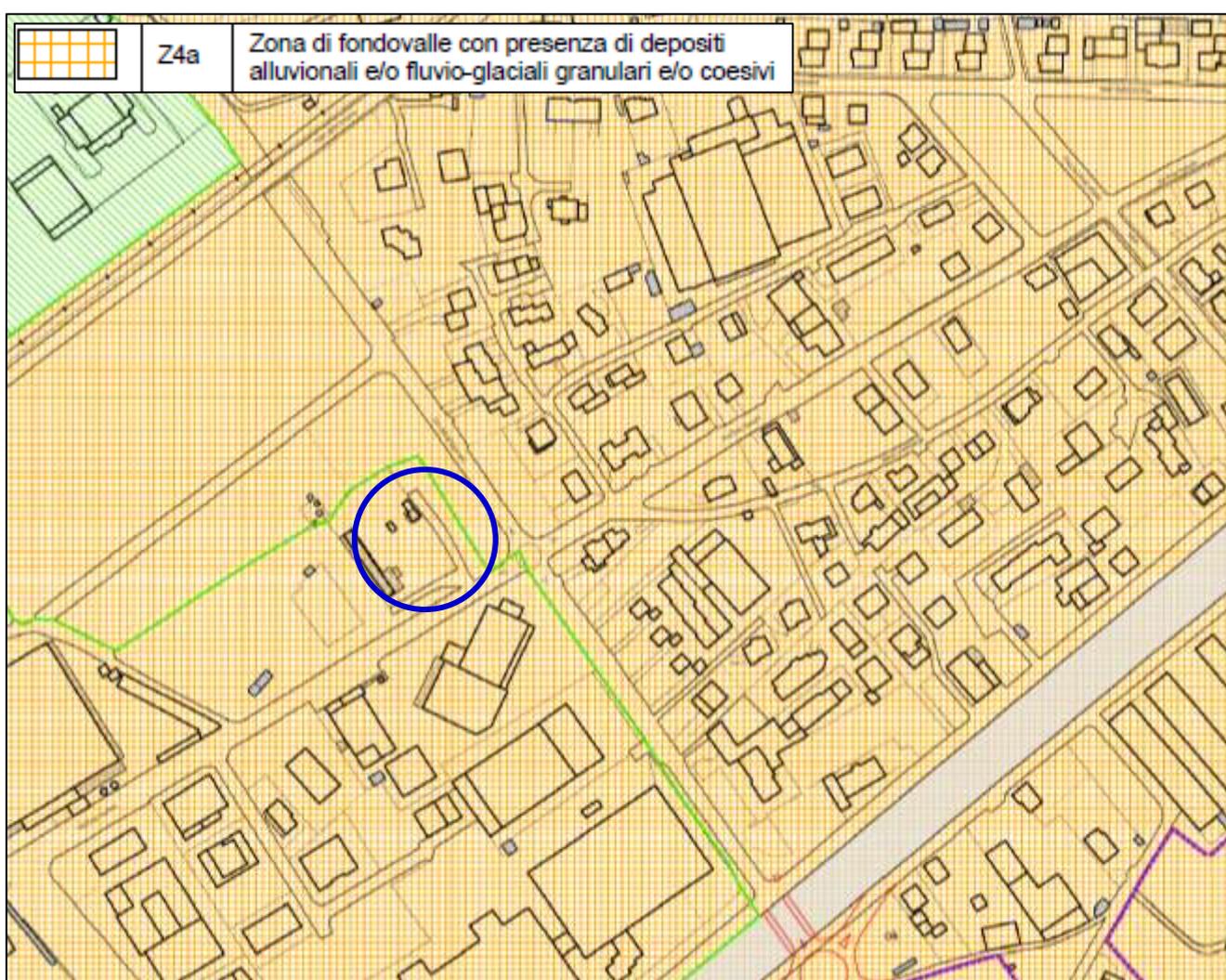


Fig. 12 - Stralcio "Carta della pericolosità sismica locale" del P.G.T. del Comune di Tirano e relativa legenda

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



L'approfondimento di 2° livello consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa.

Il Valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0,1 - 0,5 s e 0,5 - 1,5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio; in particolare l'intervallo tra 0,1-0,5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0,5 e 1,5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0,1 - 0,5 s: questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0,5 – 1,5 s.

L'analisi sismica di 2° livello è stata condotta secondo i criteri proposti nella D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX / 2616. Nello specifico è stata condotta la verifica relativa agli effetti litologici di cui cap. 2.2.2 – Effetti litologici dell'Allegato 5.

Effetti litologici: la procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei terreni presenti in sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento della Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico- geotecnico.

Sulla base delle conoscenze bibliografiche dei terreni in oggetto si individuano le litologie prevalenti e per esse si scelgono le schede che più si avvicinano alla granulometria dei depositi in loco.

Attualmente la Regione fornisce sei schede:

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO



- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- una scheda per litologie prevalentemente sabbiose (**scheda applicata nel caso in esame**).

Una volta individuata la scheda di riferimento in base alla granulometria dei depositi in posto è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità; in particolare si dovrà verificare l'andamento delle Vs con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di Vs inferiori a 600 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

In presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda, potrà esser scelta un'altra scheda che presenti l'andamento della Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

Nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di Vs con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte.

In presenza di alternanze litologiche con inversioni simili di velocità con la profondità si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine e si accerteranno anche i casi in cui i valori di Vs escano dal campo di validità solo a causa dell'inversione.

Si riporta la scheda litologica SABBIOSA - Estratto scheda litologica dell'Allegato 5 DGR n. IX/2616.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO
ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO
VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



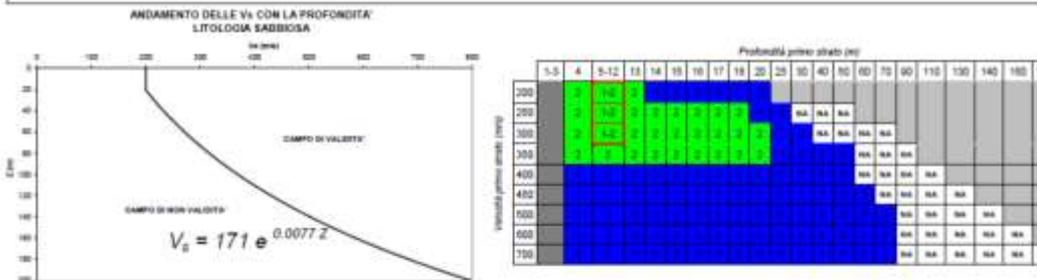
EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:
 Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie

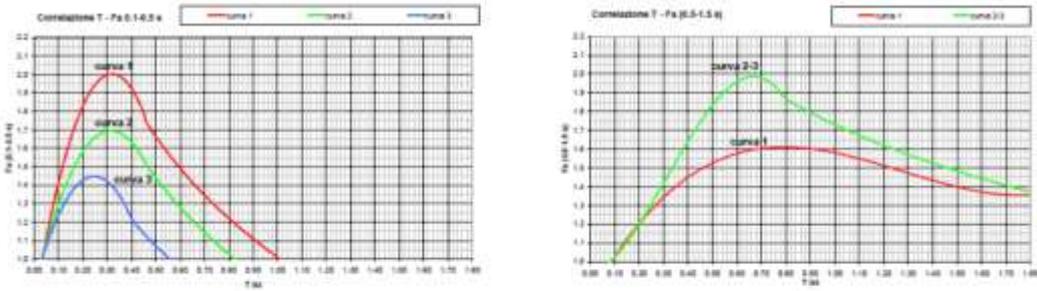
NOTE:
 Comportamento granulare
 Struttura granulo-sostenuta
 Clasti con $D_{max} > 20$ cm inferiori al 15%
 Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
 Frazione limosa fino ad un massimo del 70%

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO



ove
 la sigla NA indica $F_a = 1$

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media V_s minore o uguale a 300 m/s poggiate su strato con velocità maggiore di 500 m/s



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	$0.03 \leq T \leq 0.50$	$0.50 \leq T \leq 1.00$	$T > 1.00$
2	$F_{a(0.5)} = -12.21 T^2 + 7.79 T + 0.70$	$F_{a(1.0)} = 1.01 - 0.04 \ln T$	$F_{a(1.0)} = 1.00$
3	$0.03 \leq T \leq 0.45$	$0.45 \leq T \leq 0.80$	$T > 0.80$
	$F_{a(0.5)} = -0.85 T^2 + 0.44 T + 0.34$	$F_{a(0.8)} = 0.93 - 0.08 \ln T$	$F_{a(0.8)} = 1.00$
	$0.03 \leq T \leq 0.40$	$0.50 \leq T \leq 0.55$	$T > 0.55$
	$F_{a(0.5)} = -0.98 T^2 + 4.77 T + 0.88$	$F_{a(0.55)} = 0.62 - 0.05 \ln T$	$F_{a(0.55)} = 1.00$

Curva	
1	$0.08 \leq T \leq 1.80$
2	$F_{a(0.5)} = 0.57 T^2 - 2.18 T^2 + 2.38 T + 0.81$
3	$0.28 \leq T \leq 0.80$ $0.80 \leq T \leq 1.80$
	$F_{a(0.8)} = -0.11 T^2 + 0.79 T^2 + 0.44 T + 0.93$ $F_{a(1.8)} = 1.73 - 0.01 \ln T$

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della V_s dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento).

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



Nel caso in esame, considerando che il piano di posa delle fondazioni in progetto sarà impostato ad una profondità di circa -1,00 m rispetto al punto di esecuzione del rilievo di sismica passiva HVSR con strumentazione TROMINO®, nell'analisi sismica NON si è tenuto conto dello STRATO SISMICO 1 e della porzione sommitale STRATO SISMICO 2 per uno spessore complessivo di 1,00 m di terreno esaminato. Il primo sismostrato considerato è la porzione basale dello STRATO SISMICO 2 contraddistinto da uno spessore di 1,50 m e da una V_s pari a 282 m/s. Data la potenza poco significativa del sismostrato si è definito un sismostrato superficiale equivalente di spessore 4,00 m e V_s pari a 343,25 m/s, con il conseguente utilizzo per la valutazione del F_a della curva 2 – verde.

Definita la curva da applicare, per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0,1 - 0,5 s e nell'intervallo 0,5 - 1,5 s, si ricava il valore del periodo proprio del sito definito T .

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della V_s è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

ove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello.

T ottenuto è pari a **1,05**.

Il valore di F_a individuato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto dal sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione è effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO



le diverse categorie di suolo (NTC) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D, E) e per i due intervalli 0,1 - 0,5 s e 0,5 - 1,5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune e fornito dalla Regione Lombardia (consultabile in un *database online*), rappresenta il valore soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di Fa con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di +0,1 che tiene in conto la variabilità del fattore di Fa ottenuto.

Si possono quindi presentare due situazioni:

- il valore di Fa è inferiore al valore soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto per normativa;
- il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Vista la struttura dell'opera in progetto, si ritiene a ragione che il Fattore di amplificazione che meglio approssima le condizioni di rischio sismico locali sia quello calcolato **per un breve periodo (valore di Fa 0,1 – 0,5 s) pari a 1,00.**

Tale valore risulta inferiore ai valori soglia forniti da Regione Lombardia (1,50 per la categoria di sottosuolo B) pertanto la **normativa** è da considerarsi **SUFFICIENTE** anche per eventuali fenomeni di amplificazione litologica; si conferma quindi la

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO



Categoria di sottosuolo B.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO
ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO
VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



6. ANALISI DELLE PUBBLICAZIONI, VERIFICA P.A.I. E P.G.T.

Le pubblicazioni consultate hanno fornito le seguenti classificazioni / indicazioni:

- Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia – Territorio e Rischi Idrogeologici Regione Lombardia (l'area in esame ricade all'interno della perimetrazione "Conoidi detritico - alluvionali");



Fig. 13 – Stralcio Carta Inventario Frane e Dissesti Regione Lombardia (fonte S.I.T. Regione Lombardia)

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



- Carta di localizzazione probabile valanghe della Regione Lombardia (S.I.R.VAL.) - Territorio e Rischi Idrogeologici Regione Lombardia (NESSUNA SEGNALAZIONE);
- Centri Instabili della Provincia di Sondrio – CNR / Regione Lombardia (NESSUNA SEGNALAZIONE);
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE – vigente 10/03/2025 (l'area in esame ricade all'interno dello "Scenario raro L – Pericolosità RSCM Reticolo Secondario Collinare e Montano").



Fig. 15 – Stralcio carta Direttiva Alluvioni 2007/60/CE – PGRA vigente (fonte S.I.T. Regione Lombardia)

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



L'area oggetto di studio risulta inserita in **Classe di fattibilità 3g**, secondo lo studio geologico di fattibilità a supporto del vigente P.G.T. ; scopo del presente studio anche la verifica delle prescrizioni / indicazioni contenute nelle N.T.A. di quanto sopra (classificazione e classe di fattibilità).

In fase di sopralluogo NON sono state individuate situazioni di dissesto potenziali o in atto.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO
ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO
VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

In data **03 marzo 2025** sono state eseguite n°6 prove penetrometriche DPSH (*Dynamic Probing Super Heavy*) per valutare i parametri geotecnici dei terreni, nonché il loro grado di addensamento e l'eventuale presenza di acqua sino alla massima profondità investigata.

Le indagini sono state svolte in corrispondenza dell'area progettuale in esame come indicato nella corografia a seguire.

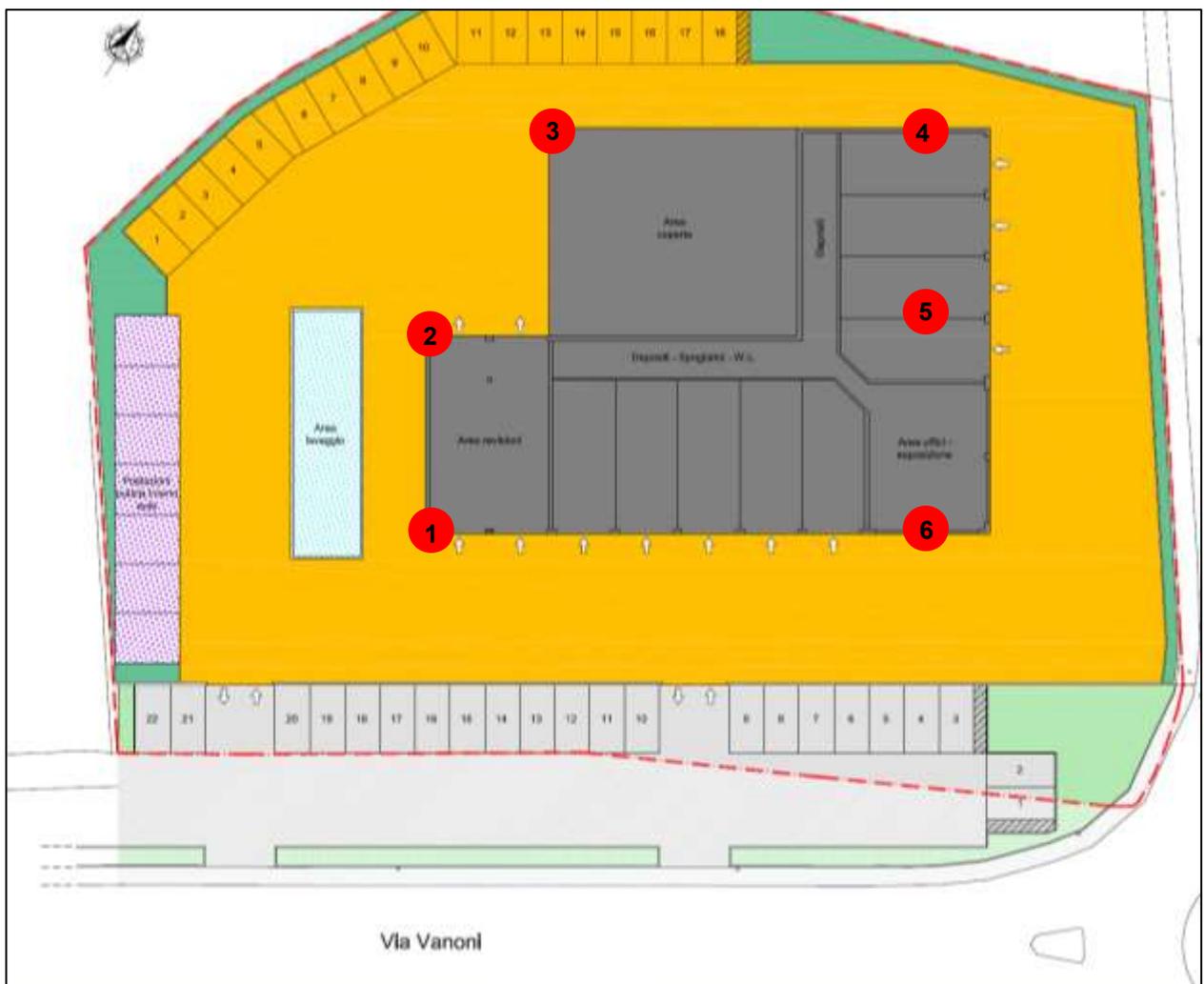


Fig. 16 – Stralcio tavola "Planimetria generale" con ubicazione punti di esecuzione delle prove penetrometriche DPSH (cerchi rossi)

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche DPSH NON si è riscontrata la presenza della falda freatica.

7.1. PROVE PENETROMETRICHE

Nelle prove DPSH in fase di indagine si procede misurando il numero di colpi (N) necessario per ottenere approfondimenti costanti di 20 cm ciascuno. Si determinano così direttamente la resistenza e la densità dei terreni di fondazione ed indirettamente la stratigrafia locale.

La strumentazione utilizzata (DPSH63-75 di Geo Deep Drill S.r.l.) è rigorosamente conforme alle normative vigenti (*International Standard Procedures*); si elencano a seguire le caratteristiche tecniche principali.

Dato	Valore
Modello	DPSH63-75
Tipo	DINAMICO SUPER PESANTE AGI - UNI
Massa battente	63,0 kg - ø: 208 mm x H: 265 mm
Altezza caduta / passiva	> 75 cm (Evo. IV) 463 Joule / massa passiva 4,9 kg
Avanzamento	acquisizione ogni 10 / 20 cm
Punta	ø 50,0 ±0,5 mm - angolo 60°/90° - A 20,0 cm ²
Asta	C40 900/1000x32 mm M22 20/30 cm 5,7/6,3kg
Rivestimento	42x1000 mm acciaio c40
Frequenza colpi	20-30 colpi per minuto
Stabilizzatori	A cilindro oleo. 15,00 cm
Centralina	Briggs & Stratton 3,5 HP 3 lit/min 5litres
Sottocarro	Honda Gx200 5,8Hp 8 lit/min 20lit. acc.elettrica
Carburante	Benzina serbatoio da 4,20 L
Olio idraulico	~ 20,00 L OSO 40 (visc. 40° 41)
Dimensioni	195x75x123cm colonna reclinata
Peso	~ 620 Kg su base
Parti rimovibili	3 (colonna, massa, serbatoio)
Tipi di suolo	Argilla, limo, sabbia, ghiaia
Profondità massima	> 20m argilla, limo, sabbia
Campionatore	fustella PVC ø 40x350mm 60x350mm
Kit sondaggi	3 (coclea ø50x1000) + 3 (asta ø25x1000)
Kit prova statica	Non previsto

Il coefficiente di correlazione tra numero di colpi (N) e N_{spt} per la strumentazione utilizzata è pari a 1,472.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



Fig. 17 – Documentazione fotografica prove penetrometriche DPSH n°1, n°2, n°3, n°4, n°5 e n°6

Di seguito si riporta la profondità massima raggiunta dalle prove, i dati tecnici e le stratigrafie ottenute per ciascuna prova:

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI” - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



Prova n.	Profondità prova (m da p.c.)	Rifiuto ²	Quota inizio prova (m da p.c.)	Livello piezometrico (m da p.c.)
1	1,80	Si	± 0,00	---
2	0,80	Si	± 0,00	---
3	1,80	Si	± 0,00	---
4	0,60	Si	± 0,00	---
5	0,80	Si	± 0,00	---
6	0,40	Si	± 0,00	---

² Per rifiuto si intende l'interruzione della prova a causa del mancato avanzamento di 20 cm delle aste a seguito di 100 colpi del maglio.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



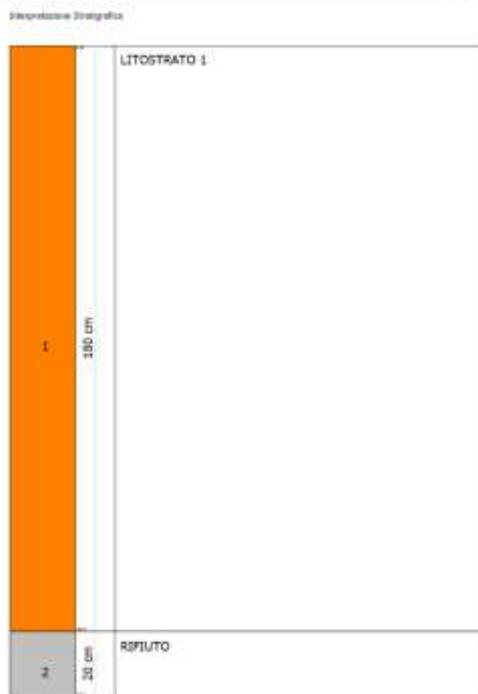
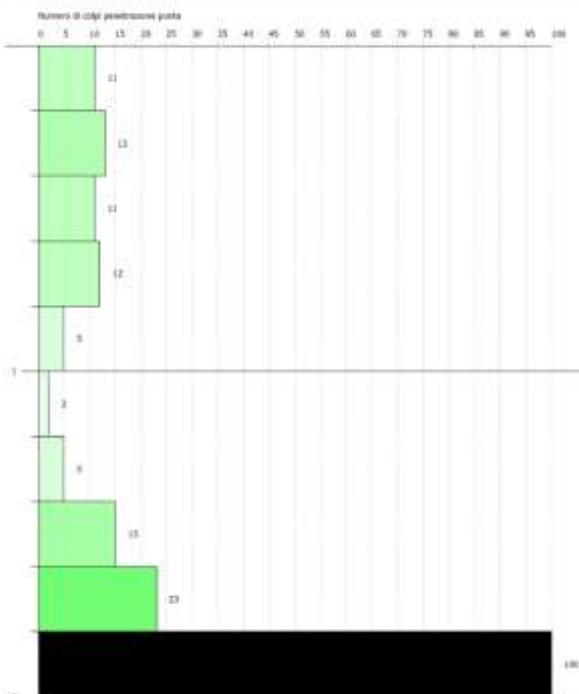
GEOTECNICO SOSTITUITO DEL N. 10
 DIA LUNDOVINO
 INDIRIZZO: VIALE DELL'ARTIGIANATO 1
 23016 PUIOSSOGNO (SO)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato... DPH53-75 GEO DEEP DRILL

Committente: FERRARI AUTO DI FERRARI JOHNNY
 Cantiere:
 Località: VIALE DELL'ARTIGIANATO - VIA EZIO VANONI - COMUNE DI TIRANO (SO)

Data: 03/03/2025

Scala 1:25



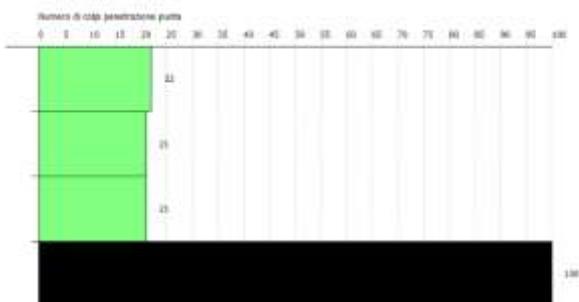
GEOTECNICO SOSTITUITO DEL N. 10
 DIA LUNDOVINO
 INDIRIZZO: VIALE DELL'ARTIGIANATO 1
 23016 PUIOSSOGNO (SO)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
 Strumento utilizzato... DPH53-75 GEO DEEP DRILL

Committente: FERRARI AUTO DI FERRARI JOHNNY
 Cantiere:
 Località: VIALE DELL'ARTIGIANATO - VIA EZIO VANONI - COMUNE DI TIRANO (SO)

Data: 03/03/2025

Scala 1:25



RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI” - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



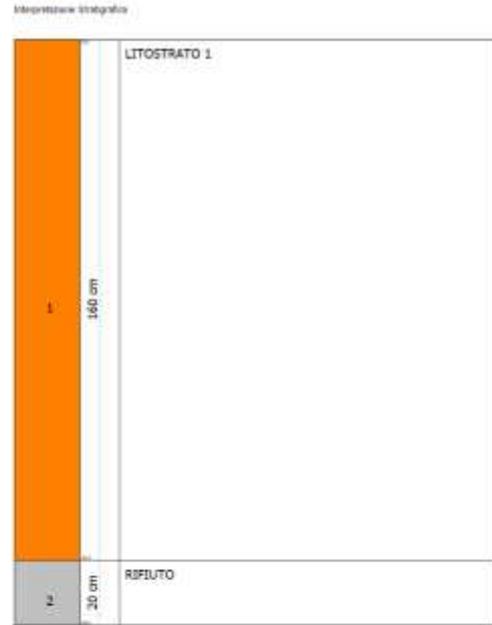
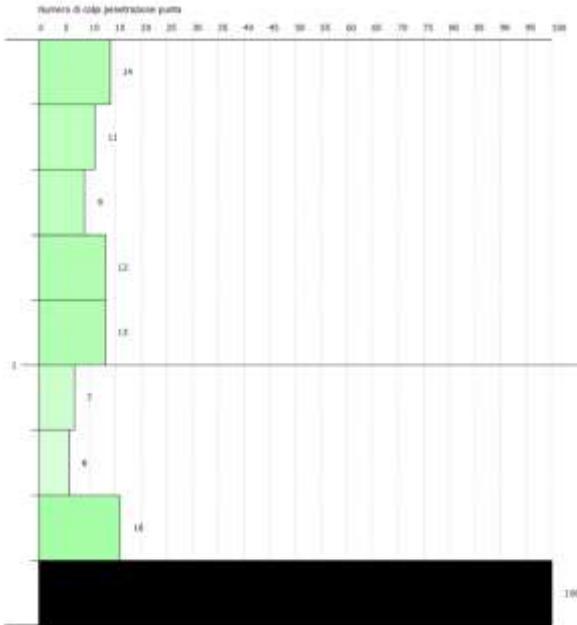
GEOTECNICO S.p.A. snc
 VIA LANGOSARRE
 00191 BRANCO AL TIRANO
 www.geotecnico.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DPSH63-75 GEO DEEP DRILL

Committente: FERRARI AUTO DI FERRARI JOHNNY
 Cantiera:
 Località: VIALE DALL'ARTIGIANATO - VIA EZIO VANONI - COMUNE DI TIRANO (SO)

Date: 03/03/2025

Scala: 1:10



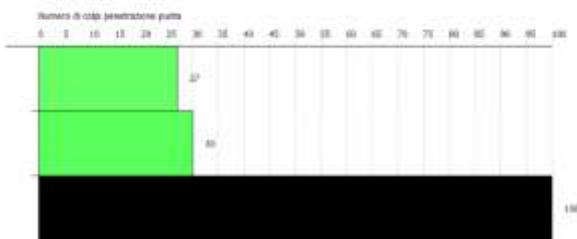
GEOTECNICO S.p.A. snc
 VIA LANGOSARRE
 00191 BRANCO AL TIRANO
 www.geotecnico.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... DPSH63-75 GEO DEEP DRILL

Committente: FERRARI ALTO DI FERRARI JOHNNY
 Cantiera:
 Località: VIALE DALL'ARTIGIANATO - VIA EZIO VANONI - COMUNE DI TIRANO (SO)

Date: 03/03/2025

Scala: 1:10



RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



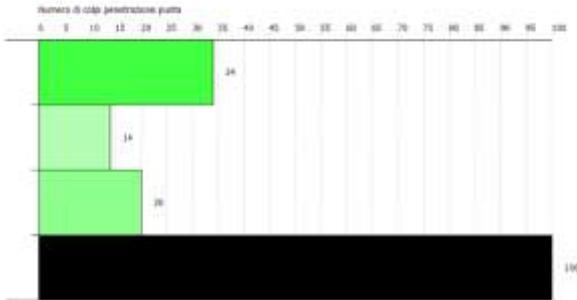
GEOTECNICO S.p.A. -
 VIA LANGOSSE
 03010 BRACCANO (FR) -
 WWW.GEOTECNICO.IT

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5
Strumento utilizzato... DPSH63-75 GEO DEEP DRILL

Committente: FERRARI AUTO DI FERRARI JOHNNY
 Cantiera:
 Località: VIALE DELL'ARTIGIANATO - VIA EZIO VANONI - COMUNE DI TIRANO (SO)

Date: 03/03/2025

Scen.1.11



GEOTECNICO S.p.A. -
 VIA LANGOSSE
 03010 BRACCANO (FR) -
 WWW.GEOTECNICO.IT

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.6
Strumento utilizzato... DPSH63-75 GEO DEEP DRILL

Committente: FERRARI AUTO DI FERRARI JOHNNY
 Cantiera:
 Località: VIALE DELL'ARTIGIANATO - VIA EZIO VANONI - COMUNE DI TIRANO (SO)

Date: 03/03/2025

Scen.1.11



RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



8. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

8.1. STRATIGRAFIA

La stratigrafia è stata dedotta dalle evidenze di superficie, dalle conoscenze dello scrivente, dai dati disponibili in bibliografia ed archivio, dalle prove penetrometriche DPSH e dall'indagine di sismica passiva HVSR con strumentazione TROMINO ®.

Le prove penetrometriche DPSH hanno manifestato il rifiuto all'avanzamento delle aste, presumibilmente per la presenza di materiale di riporto grossolano (presenza di blocchi), ad una profondità massima pari a -1,80 m dal piano campagna attuale (prova penetrometrica DPSH n°1).

Le indagini hanno permesso di ricostruire una successione stratigrafica CAUTELATIVA che prevede:

- Un primo ed unico lito-strato costituito prevalentemente da materiale di riporto (terreni sabbiosi e ghiaiosi con presenza di ciottoli) che si sviluppa fino ad una profondità di circa -1,80 m dal piano campagna attuale (LitoSTRATO 1).

Al di sotto è presumibile un miglioramento delle caratteristiche geotecniche e del grado di addensamento dei terreni.

Si prescrive in fase esecutiva la realizzazione di scavi d'assaggio durante i quali si dovrà riservare attenzione alla natura dei depositi e dovranno essere segnalate eventuali difformità o repentine variazioni litologiche non rilevabili dalle indagini svolte nel presente documento (causa rifiuto all'avanzamento delle aste).

Strato	Profondità (m da p.c.)	Nspt medio	Addensamento
LitoSTRATO 1	Da 0,00 a -1,80	16	Moderatamente addensato

NOTA: per valori di Nspt pari a 0, si intende l'approfondimento delle aste di 20 cm senza alcuna battuta del maglio sulla colonna di aste, ma esclusivamente per effetto del peso delle stesse e del maglio / gravità.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO



L'indagine di sismica passiva HVSR con strumentazione TROMINO® mette in mostra la presenza di un sismostrato superficiale con uno spessore di 0,60 m ed una V_s pari a 106 m/s (STRATO SISMICO 1); seguito da un secondo sismostrato con potenza di 1,90 m e V_s pari a 282 m/s (STRATO SISMICO 2), da un terzo sismostrato con potenza di 6,00 m e V_s pari a 380 m/s (STRATO SISMICO 3), da un quarto sismostrato con potenza di 45,00 m e V_s pari a 490 m/s (STRATO SISMICO 4) e da un quinto sismostrato con potenza di 85,00 m e una V_s pari a 560 m/s (STRATO SISMICO 5). Oltre -138,50 m di profondità la prova ha identificato la presenza di un sismostrato con V_s pari a 1100 m/s che presumibilmente rappresenta il *bedrock* o depositi molto addensati (STRATO SISMICO 6).

Per completezza si riporta la stratigrafia del pozzo di riferimento citato nel capitolo “4. Caratteri idrogeologici e idrografia superficiale”.

PROVINCIA DI SONDRIO Settore Risorse Naturali e Pianificazione Territoriale Servizio Acqua ed Energia							
UBICAZIONE E STRATIGRAFIA POZZI							
CODICE REGIONALE Captazione	COORDINATE UTM32 WGS84		STRATIGRAFIA				
	Est.	Nord	da (m)	a (m)	descrizione		
Id_pratica SO03056122019	POZ SO03SO01406600049		589.190,25	5.118.045,50	0,00	0,50	terreno di riporto
Industriale					0,50	20,00	sabbia con ciottoli
					20,00	30,00	ghiaia ciottolosa grossa con sabbia
					30,00	40,00	ghiaia grossa con sabbia
					40,00	47,00	ghiaia grossa

Fig. 18 – Stratigrafia pozzo Codice Regionale SO03SO01406600049

Detto ciò, si prevede alla quota di imposta delle fondazioni in progetto la presenza di terreno di riporto (LitoSTRATO 1).

8.2. PARAMETRI GEOTECNICI

Nel presente paragrafo si riportano i parametri geotecnici caratteristici riferiti ai terreni in esame.

L'elaborazione dei risultati delle indagini è stata condotta servendosi del *software DYNAMIC PROBING di GEOSTRU*, del quale lo studio scrivente è titolare di regolare licenza.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO



LitoSTRATO 1 – Materiale di riporto:

- | | |
|--|---------------------------|
| ✓ PESO NATURALE TERRENO (γt) | 1,90 – 2,00 (t/m^3) ; |
| ✓ PESO NATURALE TERRENO IMMERSO (γt) | 1,00 – 1,10 (t/m^3) ; |
| ✓ ANGOLO DI ATTRITO (φ) | $35^\circ \pm 1$; |
| ✓ COESIONE | 0,00 (kg/cm^2) ; |
| ✓ MODULO ELASTICO (E) | > 210 (kg/cm^2) ; |
| ✓ COEFF. DI REAZIONI [per fondazione larga 0,3 m] (Kw) | > 8,4 (kg/cm^3) . |

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO
ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO
VANONI” - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



9. VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

In riferimento alla componente orizzontale dei carichi agenti (contributo non rilevante), alla geometria delle fondazioni ed all'ubicazione del piano di posa delle fondazioni incassato, si è ritenuto dispensabile lo svolgimento di tale verifica.



10. VERIFICA DELLA STABILITA` GLOBALE

Rimandando alle considerazioni riportate nei capitoli specifici (caratteri geologici e geomorfologici), si ribadisce che in considerazione delle caratteristiche del contesto locale e delle opere proposte non si prevedono incrementi di carico che possano determinare variazioni delle condizioni attuali. In fase esecutiva sarà possibile rilevare e confermare la presenza delle condizioni di cui nel presente documento o in alternativa rilevare la presenza di condizioni differenti e conseguentemente effettuare le verifiche di stabilità tarate sul nuovo modello geologico.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

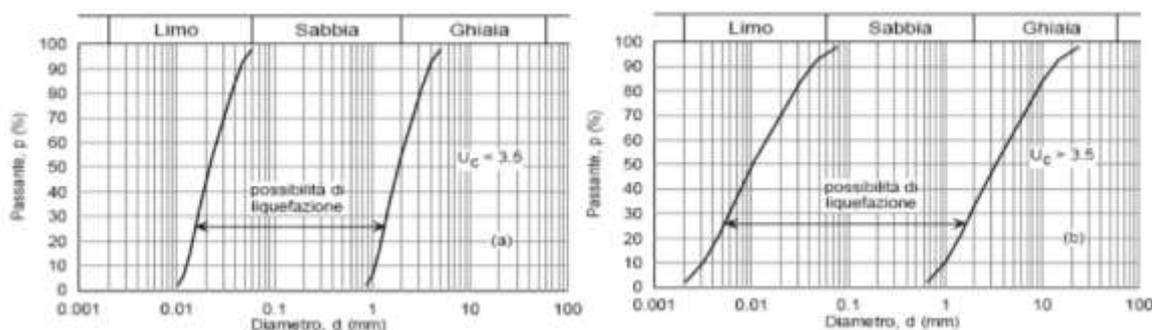
PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO
ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO
VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



11. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

La verifica alla liquefazione può essere omessa in conseguenza della soddisfazione di almeno una delle condizioni di cui a seguire:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1 g$;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinato in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura sottostante nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ (grafico a sinistra) e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ (grafico a destra).



Per quello che riguarda la condizione 1, tenendo conto dei parametri e dei coefficienti sismici ricavati per il sito in esame (riferimento *Cap. 5.1. Inquadramento sismico generale*) risulta che per lo stato limite SLV si ha un valore di ag_{max} (accelerazione orizzontale massima attesa al sito) inferiore a $0,1 g$.

Pertanto, poiché la condizione 1 è soddisfatta, si può omettere la verifica alla stabilità nei confronti della liquefazione per i terreni di sedime.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO



12. APERTURA, SOSTEGNO E PROBLEMATICHE RELATIVE AI FRONTI DI SCAVO

Come si evince dagli elaborati di progetto NON è prevista l'esecuzione di sbancamenti per altezze rilevanti. In considerazione della natura e dei parametri geotecnici dei terreni oggetto di scavo, nell'apertura dei fronti di scavo si dovranno adottare delle inclinazioni massime pari a 45° - 50°.

Si rammenta che gli scavi in terreno naturale andranno mantenuti aperti per il minor tempo possibile ed il bordo coperto mediante teli impermeabili, nel caso di abbondanti piogge (per evitare erosioni dovute agli agenti atmosferici e alle acque selvagge), evitando sovraccarichi in prossimità dei cigli superiori di scavo (passaggio automezzi, depositi provvisori di materiali ed attrezzatura, installazione di gru e macchine pesanti, ecc.), nonché evitando il passaggio delle maestranze a tergo delle opere di sostegno in presenza di scavi aperti e non protetti. Qualora si dovessero manifestare indizi o segnali di instabilità, i lavori andranno sospesi ed andrà verificato il sussistere delle condizioni di sicurezza.

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO
ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO
VANONI" - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



13. STABILITA` GLOBALE POST OPERAM

In considerazione:

- del contesto geologico – geomorfologico – idrogeologico locale (area stabile ed assenza di dissesto);
- della natura e dei parametri geotecnici dei terreni oggetto di studio (depositi alluvionali di conoide);
- della tipologia di intervento edilizio (realizzazione nuovo insediamento artigianale);

si è ritenuto dispensabile lo svolgimento di analisi di stabilità globale dell'area post-opera.

Non sono previsti incrementi di carico che possano determinare situazioni critiche per la stabilità.



14. ANNOTAZIONI CONCLUSIVE

È stata redatta la presente relazione geologica e geotecnica ai sensi del D.M. 11.03.88, del D.M. 159 del 14.09.2005 e del D.M. 17.01.2018 (*Aggiornamento NTC 2018* entrato in vigore il 22.03.2018) allo scopo di evidenziare eventuali problematiche di carattere geologico, idrogeologico e geotecnico alla fattibilità di quanto in progetto (**PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI”**).

L'indagine condotta ha verificato la COMPATIBILITÀ delle opere in progetto con l'assetto geologico, idrogeologico e sismico locale.

Le prove penetrometriche DPSH hanno manifestato rifiuto all'avanzamento delle aste alla profondità massima di -1,80 m dal piano campagna per la probabile presenza di materiale di riporto grossolano e ciottoli. Si prescrive pertanto in fase esecutiva la realizzazione di scavi d'assaggio durante i quali si dovrà riservare attenzione alla natura dei depositi e dovranno essere segnalate eventuali difformità o repentine variazioni litologiche non rilevabili dalle indagini svolte nel presente documento (causa rifiuto all'avanzamento delle aste).

Si rinnova in ogni caso la disponibilità dello scrivente ad effettuare ulteriori sopralluoghi in corso d'opera qualora emergessero situazioni geologiche non previste nel presente studio.

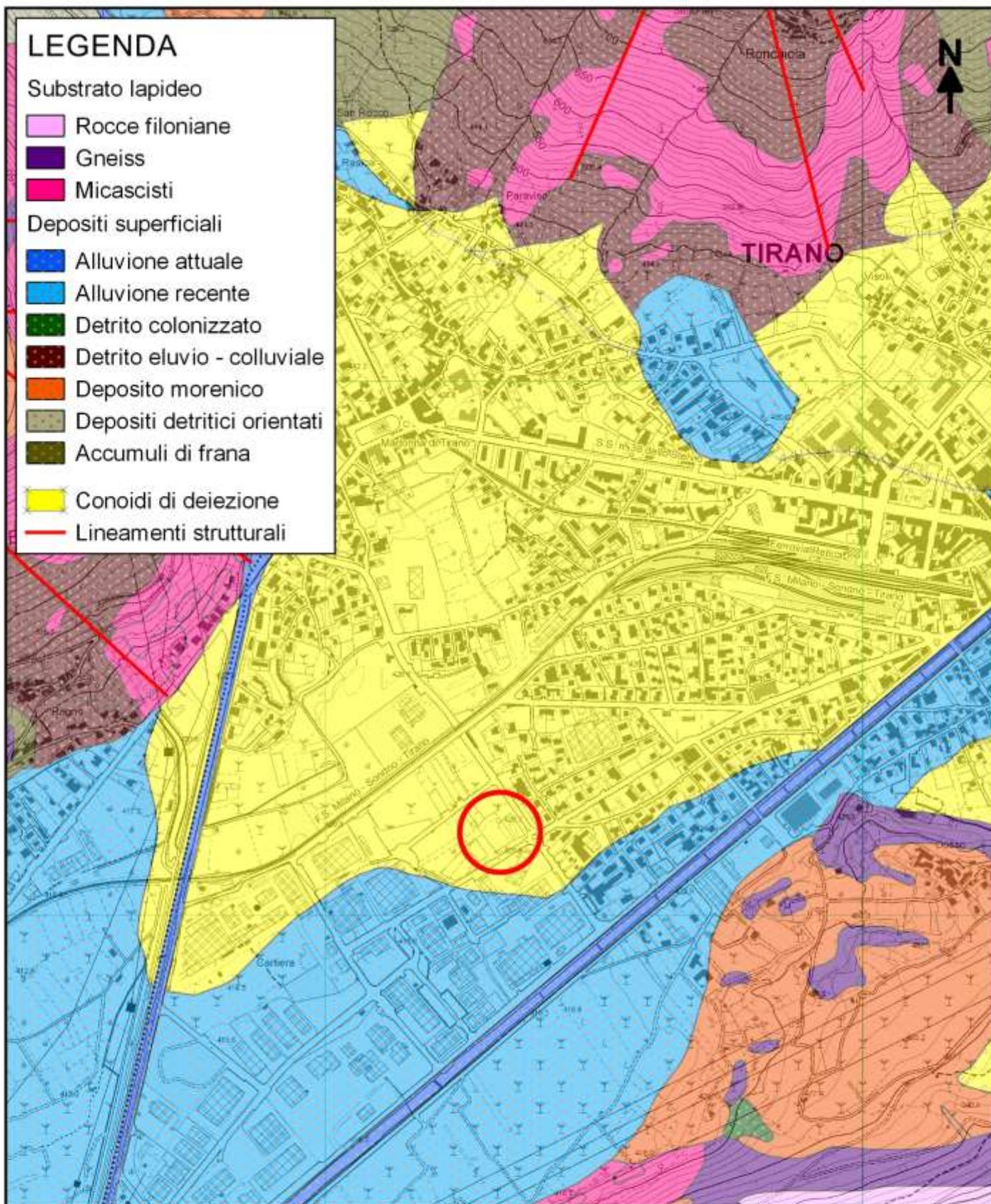
Cercino, lì aprile 2025

Dr. Fabrizio Bigioli Geologo

(documento firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs. 82/2005)

RELAZIONE GEOLOGICA (R1-R3) E GEOTECNICA (R2) CON ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

PROGETTO DI “STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO INSEDIAMENTO ARTIGIANALE NELL'AREA SITA IN TIRANO ALL'INCROCIO TRA VIALE DELL'ARTIGIANATO E VIA EZIO VANONI” - FG. 43 MAPP. 140-950-141-142-909-911



CARTA GEO LITOLOGICA

scala 1:10.000

Estratto cartografico geo ambientale Regione Lombardia



area di studio