



Comune di Fano

Provincia di Pesaro Urbino

SETTORE 5° LAVORI PUBBLICI
U.O.C. COORDINAMENTO E PROGRAMMAZIONE LAVORI PUBBLICI

LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA CICLOVIA ADRIATICA III STRALCIO DALL'HOTEL PLAYA AL FIUME METAURO

CUP E31B21000950001

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

GEN 8-1-A
RELAZIONE GEOLOGICA
E GEOTECNICA



Progettisti:

Arch. Irene Esposito
Arch. Enrico Guaitoli Panini

**ASSESSORE ALLA QUALITÀ URBANA, MOBILITÀ
SOSTENIBILE E INNOVAZIONI TECNOLOGICHE**
Dott.ssa Fabiola Tonelli

Collaboratori:

Paes. Giulia Mazzali
Arch. Eleonora Vaccari
Paes. Ilaria Rinaldi
Dott. Bruno Mine

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Dott. Ing. Federico Fabbri
Dirigente Settore V - Lavori Pubblici

Geologo

Gianluca Vaccari

ASSISTENTE AL RUP
Urb. Pia M. A. Miccoli
Coordinatrice del progetto Pinqua Metaurilia

COORDINATRICE MOBILITÀ SOSTENIBILE
Arch. Paola Stolfa

CODICE

GEN 8-1

REVISIONE

A

FORMATO

A4

DATA

Luglio 2022

Dott. Gianluca Vaccari

Geologo

Studio:

Strada Cavidole 12/C

41126 Portile (Mo)

Tel 059-353059

Cell. 3474935672

e-mail: vaccari.gianluca@gmail.com

Modena, 07/07/2022

RELAZIONE GEOLOGICA – GEOTECNICA

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA: LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA
CICLOVIA ADRIATICA III STRALCIO DALL'HOTEL PLAYA AL FIUME METAURO**

PROVINCIA: PESARO URBINO

COMUNE: FANO

Indice del contenuto

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	6
4. RIPRESE FOTOGRAFICHE.....	12
5. CRITICITÀ GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE	19
6. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO.....	26
7. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI E DELLE OPERE DA REALIZZARE.....	35
8. SINTESI DEI RISULTATI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	42

1. PREMESSA

La Ciclovia Adriatica attraversa per più di 800 km le regioni Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo, Molise e Puglia, sviluppandosi su un percorso pressoché interamente litoraneo e correndo parallelamente al tracciato della E55, e della strada Romea scendendo nella parte centrale e parallelamente alla SS16 Adriatica arrivando fino in Puglia.

Il presente studio geologico e geotecnico riguarda il progetto di realizzazione di un tratto di Ciclovia situato nel territorio del Comune di Fano (PU) denominato III STRALCIO FUNZIONALE HOTEL PLAYA-FIUME METAURO. Questo tracciato è stato elaborato a marzo 2021 nell'ambito del Progetto PINQuA "Mataurilia Orti da #Hub-itare" ed è presente nell'aggiornamento del Masterplan riguardante il Progetto della Ciclovia Adriatica nel Comune di Fano, approvato con delibera della giunta Comunale n°39 del 25/02/2021. Il progetto relativo a questo tratto di ciclovia prevede inoltre la realizzazione di un nuovo sottopasso ciclopedonale in affiancamento a quello già esistente in corrispondenza dell'Hotel Playa. A seguito delle attività e valutazioni preliminari è stato selezionato il tracciato definitivo che sarà l'oggetto del presente studio.

Il presente studio è stato svolto, infatti, a supporto del progetto di fattibilità tecnico-economica dell'opera in oggetto, ed è finalizzato all'esame delle caratteristiche geologiche e litostratigrafiche del sottosuolo delle aree che saranno interessate dall'intervento, nonché all'individuazione delle criticità geologiche e geomorfologiche potenzialmente interferenti con la stabilità e la sicurezza dell'opera stessa.

Al fine di delineare con maggior dettaglio il quadro geologico e geomorfologico dell'area, nel mese di febbraio 2022 è stato effettuato un sopralluogo; la committenza ha inoltre reso possibile la consultazione di studi e indagini pregressi eseguiti precedentemente nella medesima area, i cui dati e risultati sono stati integrati con dati bibliografici e cartografici.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il tratto di Ciclovia Adriatica oggetto del presente studio si trova nel territorio comunale di Fano. In particolare il tratto in esame si colloca a sud del centro abitato, estendendosi in corrispondenza della fascia litoranea a partire dal Fiume Metauro fino all'Hotel Playa, per una lunghezza complessiva di circa 3 km. Il tracciato in oggetto per tutto il suo percorso si sviluppa tra la Strada Statale 16 Adriatica e la Linea Ferroviaria Bologna-Ancona, parallelamente alla sede ferroviaria.

L'ubicazione del tracciato oggetto di studio è illustrata in figura 1 e figura 2.



Figura 1 – Inquadramento dell'area interessata dal tracciato della Ciclovia Adriatica III Stralcio Funzionale Hotel Playa-Fiume Metauro

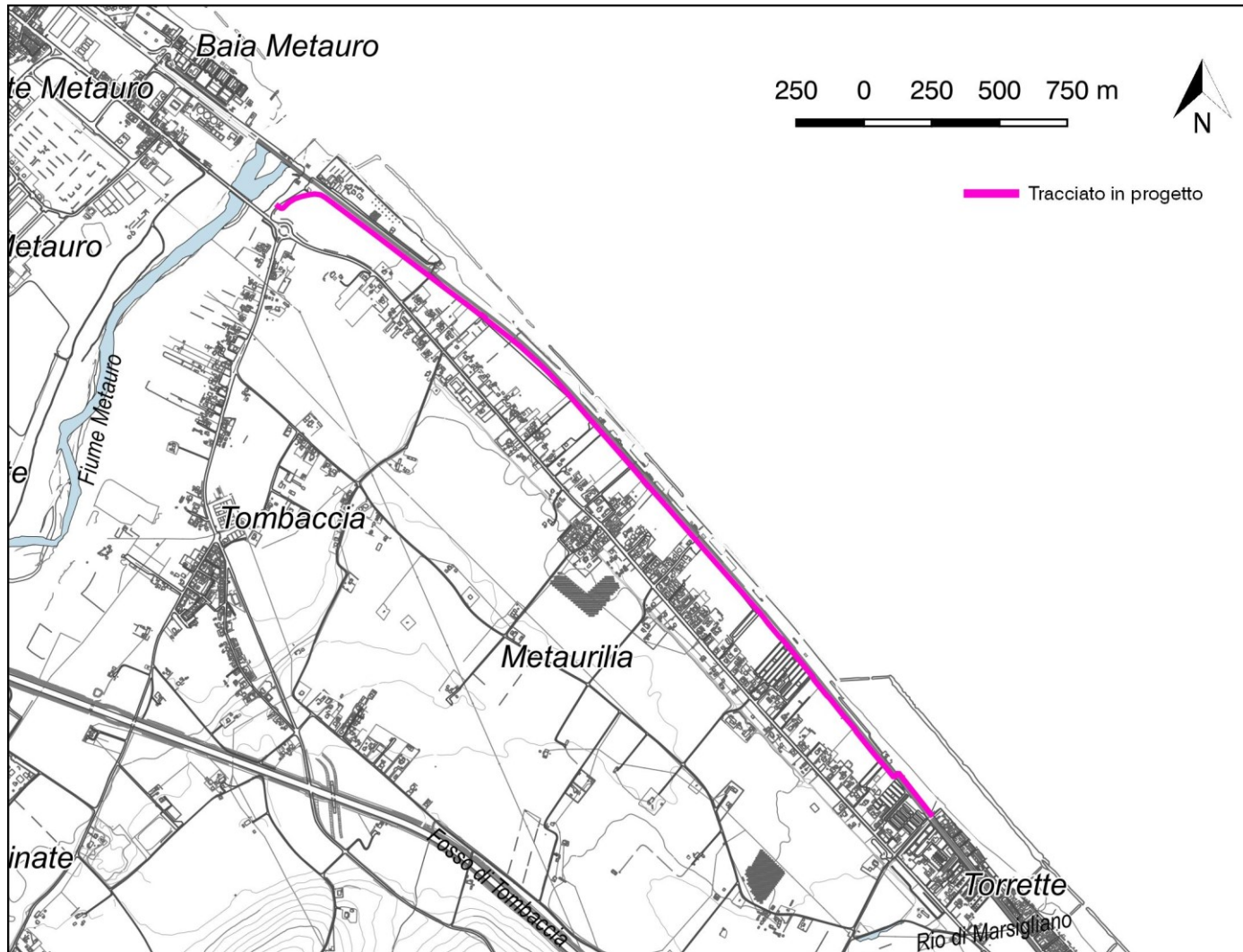


Figura 2 – COROGRAFIA - Carta Tecnica Regionale –Scala 1:25.000

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area interessata dal tracciato III Stralcio Hotel Playa-Fiume Metauro si sviluppa interamente in ambito costiero, con quote topografiche massime pari a circa 3.5 m s.l.m.; l'estremità settentrionale giunge in prossimità della foce del Fiume Metauro. In generale l'assetto geologico dell'area interessata dal tracciato di ciclovia è rappresentato da coperture quaternarie appartenenti al Sintema del Musone (Olocene), ovvero depositi alluvionali del Fiume Metauro, del Torrente Arzilla e di alcuni corsi d'acqua minori, depositi di spiaggia e coltri eluvio-colluviali.

Nel dettaglio si ha che, a partire dal tratto nord in prossimità dell'alveo del Metauro, le coperture sono di origine alluvionale: si tratta di depositi attuali e di depositi terrazzati (Unità MUSb e MUSbn), costituiti da ghiaie e sabbie prevalenti con lenti sabbioso-ghiaiose o argilloso-sabbiose, queste ultime più frequenti nei primi metri a partire dal piano campagna.

Procedendo verso sud, si osserva che gran parte del tracciato sorge su una coltre di depositi di spiaggia antica costituiti da ghiaie, sabbie, limi e argille in proporzione variabile (Unità MUSg2b), e depositi di spiaggia attuale (Unità MUSg2a); questi ultimi, che interessano l'estremità meridionale del tracciato, il quale occupa un'area di spiaggia, sono costituiti principalmente da ghiaie e sabbie in proporzione variabile.

Per quanto riguarda il substrato geologico, in quest'area esso è rappresentato dalla Formazione delle Argille Azzurre, risalente al Plio-Pleistocene e costituita da argille e argille siltoso-marnose generalmente grigie e grigio-azzurre con stratificazione sottile e poco marcata, con presenza di subordinate intercalazioni di arenarie fini e finissime.

Nella figura 4 e ss. è illustrata la cartografia geologica relativa alle aree interessate dal tracciato in progetto, tratta dalla Carta Geologica della Regione Marche.

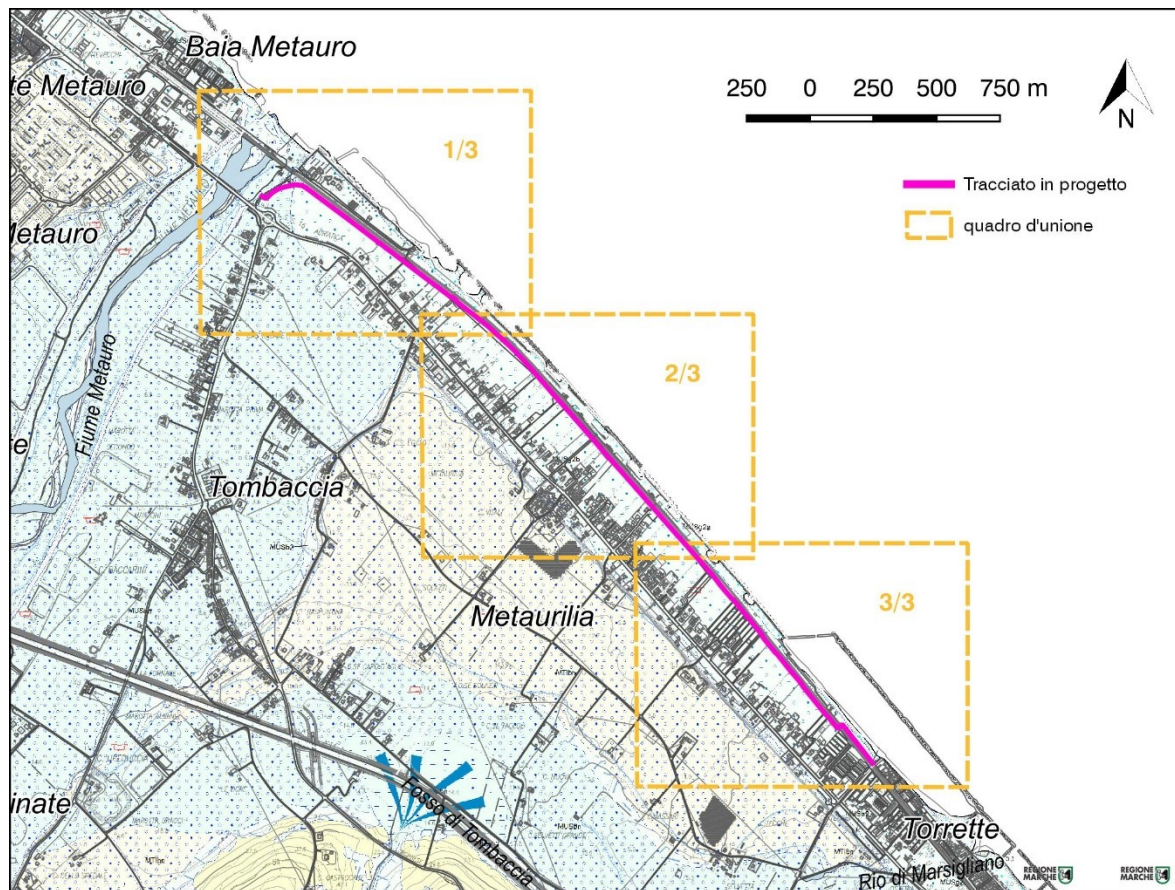


Figura 3 – CARTA GEOLOGICA; Quadro d'unione. Scala 1:25.000. Tratto da: *Carta Geologica Regione Marche*

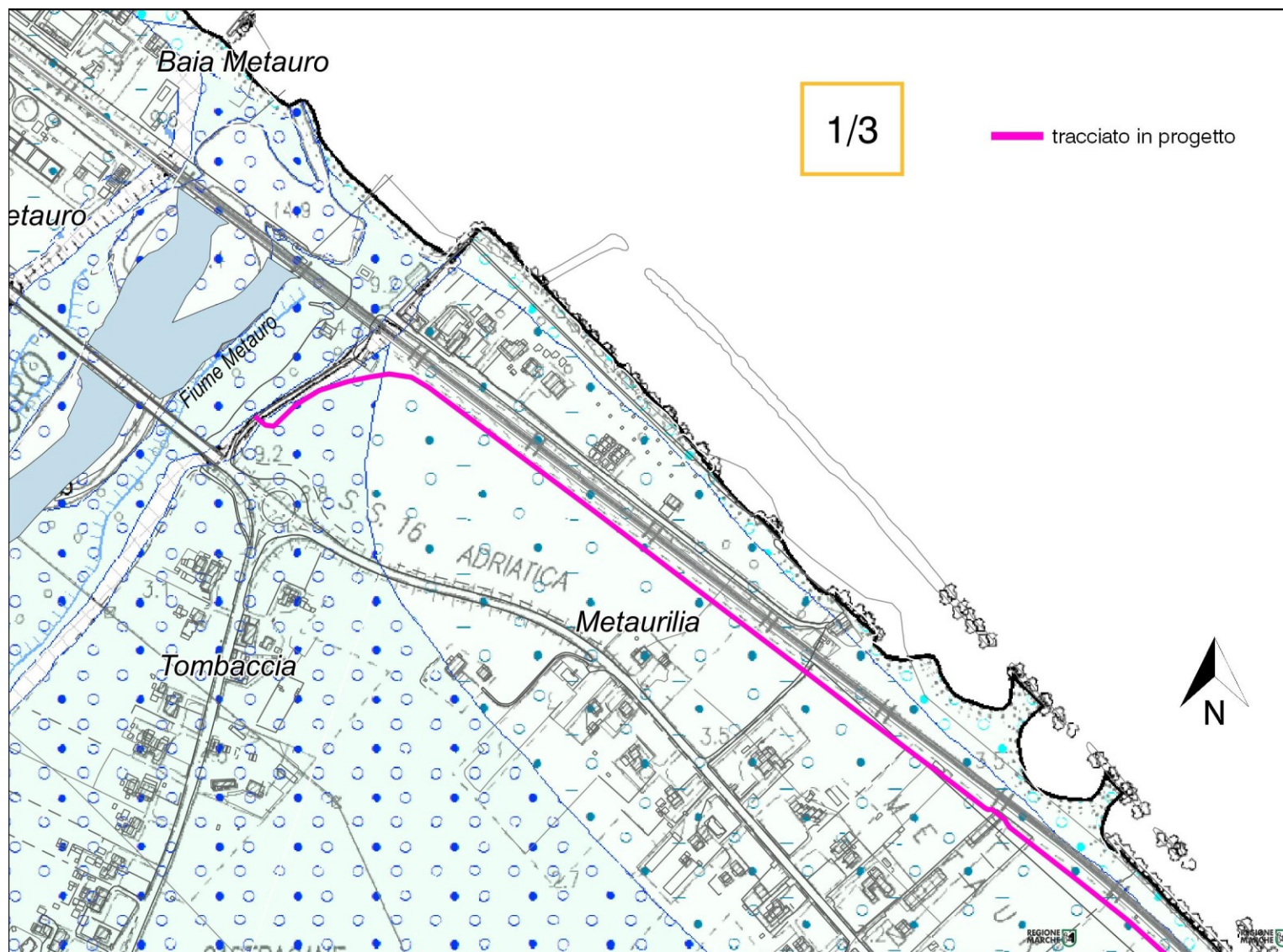


Figura 4 – CARTA GEOLOGICA – Tav. 1/3. Scala 1:6500. Tratto da: *Carta Geologica Regione Marche*

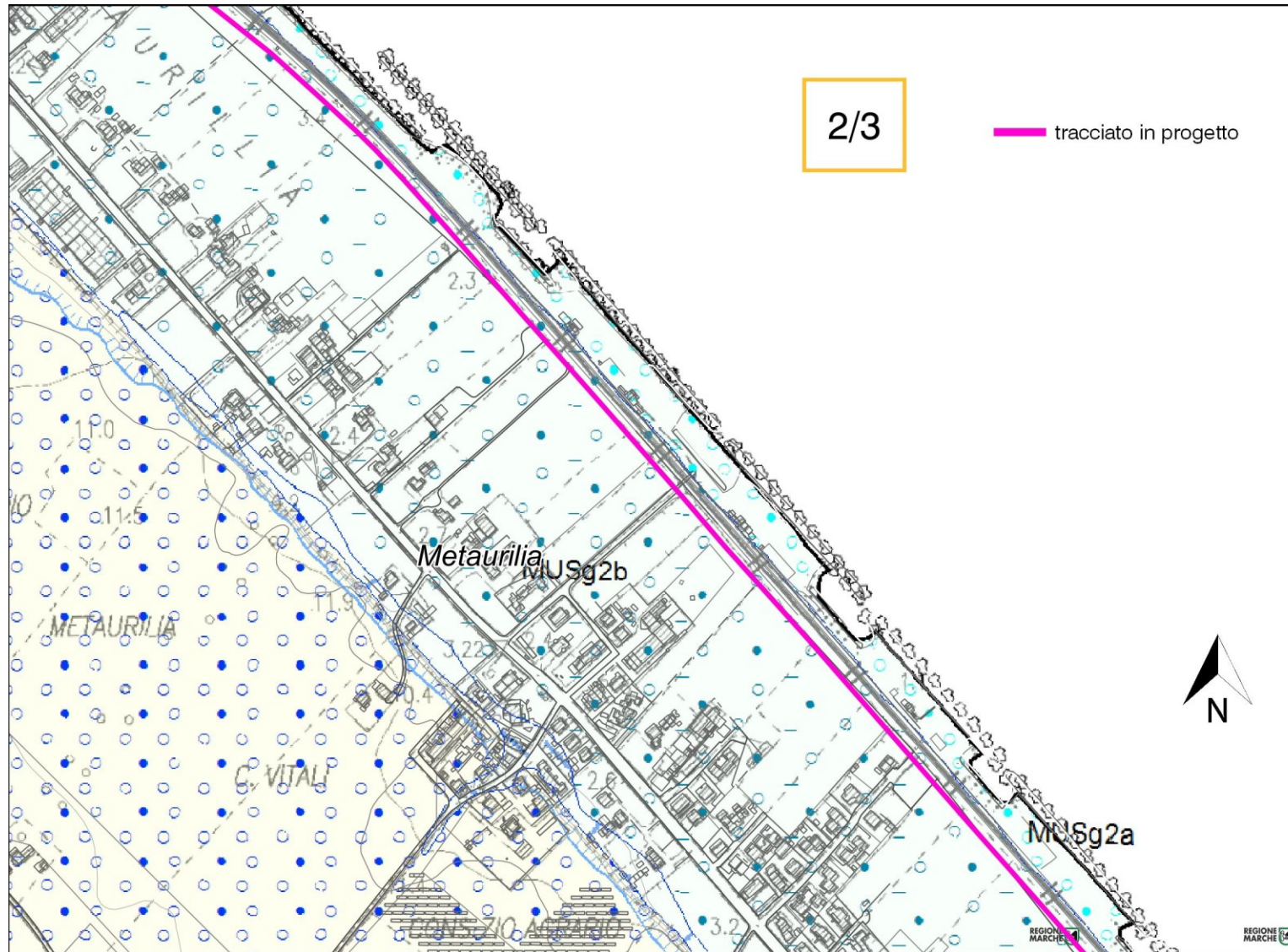


Figura 5 – CARTA GEOLOGICA -- Tav. 2/3. Scala 1:6500. Tratto da: *Carta Geologica Regione Marche*

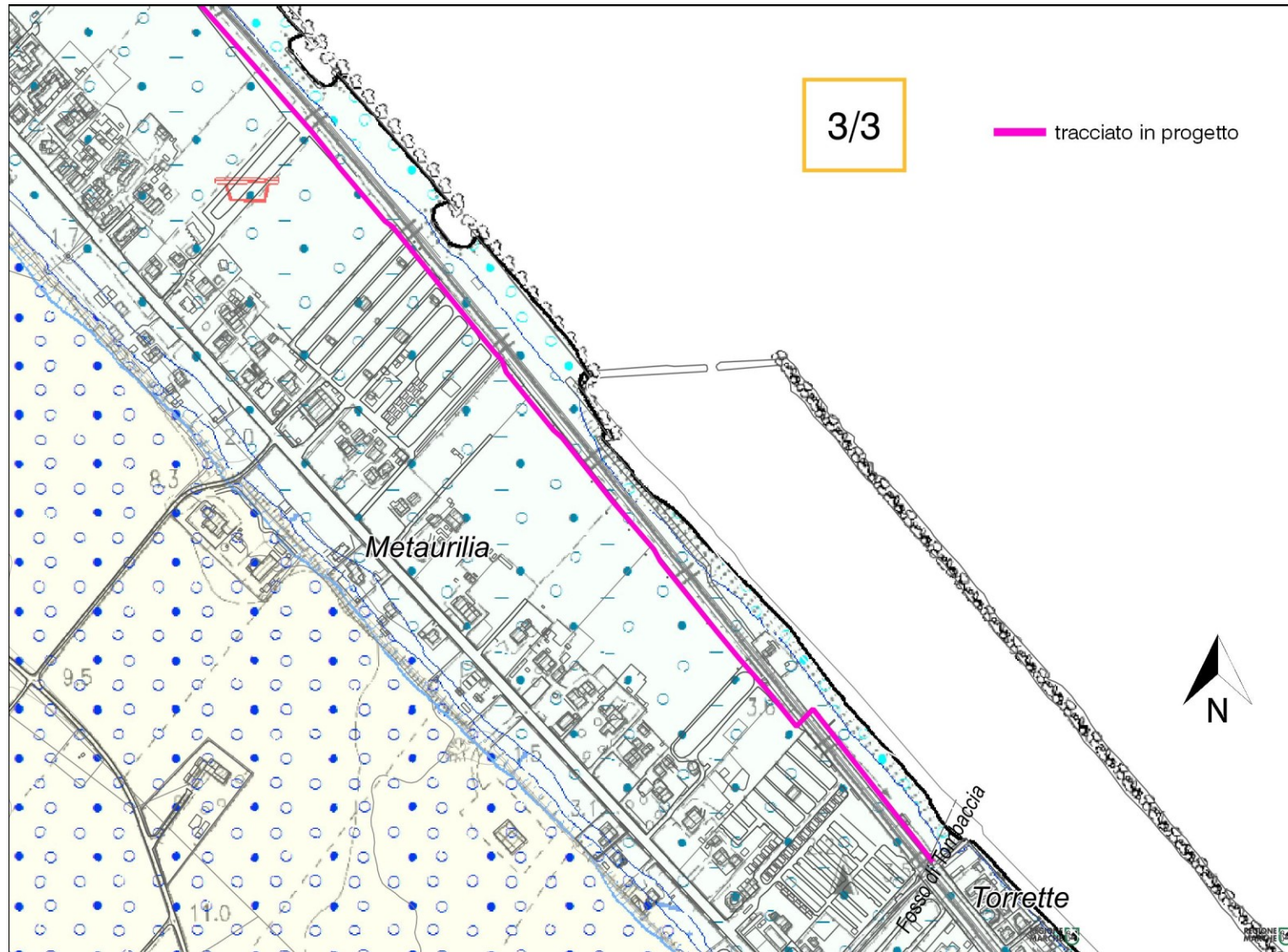


Figura 6 – CARTA GEOLOGICA – – Tav. 3/3. Scala 1:6500. Tratto da: *Carta Geologica Regione Marche*

LEGENDA GEOLOGICA

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

SINTEMA DEL MUSONE

(OLOCENE)

	MUSa1	Frane in evoluzione
	MUSb2	Depositi eluvio-colluviali
	MUSb	Depositi alluvionali attuali a) ghiaie e sabbie prevalenti con lenti sabbioso- limoso- argillose b) sabbie limi e argille con subordinate lenti ghiaiose
	MUSbn	Depositi alluvionali terrazzati a) ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie, limi ed argille b) argille, limi e sabbie associate a subordinate ghiaie
	MUSg2a	Depositi di spiaggia attuale ghiaie e sabbie in proporzioni variabili
	MUSg2b	Depositi di spiaggia antica ghiaie, sabbie, limi e argille in proporzioni variabili

SINTEMA DI MATELICA

(PLEISTOCENE SUPERIORE)

	MTIbn	Depositi alluvionali terrazzati a) ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie, limi ed argille b) argille, limi e sabbie associate a subordinate ghiaie
--	-------	---

SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLA

SUCCESSIONE PLIOCENICA

	FAA	FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE Pliocene inferiore p.p. Pleistocene inferiore p.p.
		Deposito/struttura antropica
		Contatto stratigrafico o litologico
		Contatto stratigrafico o litologico incerto
		Orlo di terrazzo fluviale
		Orlo di scarpata antropica
		Stratificazione diritta
		Stratificazione orizzontale diritta
		Conoide alluvionale e da debris flow
		Cava attiva / inattiva

Figura 7 – LEGENDA CARTA GEOLOGICA. Tratto da: *Carta Geologica Regione Marche*

4. RIPRESE FOTOGRAFICHE

Nel mese di febbraio 2022, durante il sopralluogo, è stato effettuato un sorvolo con drone che ha permesso di avere una visione panoramica della zona e di effettuare le riprese di seguito riportate.



Fotografia 1 - Ripresa fotografica dell'area in prossimità del Fiume Metauro



Fotografia 2 - Ripresa fotografica della foce del fiume Metauro.



Fotografia 3 - Ripresa fotografica del tratto di SS16 in prossimità del Fiume Metauro.



Fotografia 4 - Ripresa fotografica del tratto di SS16 e dalla foce del Fiume Metauro, vista da sud.



Fotografia 5 - Ripresa fotografica dell'area che comprende il Campeggio Mare Blu fino all'Hotel Playa.



Fotografia 6 - Ripresa fotografica dell'area che va dal Campeggio Mare Blu fino all'Hotel Playa.



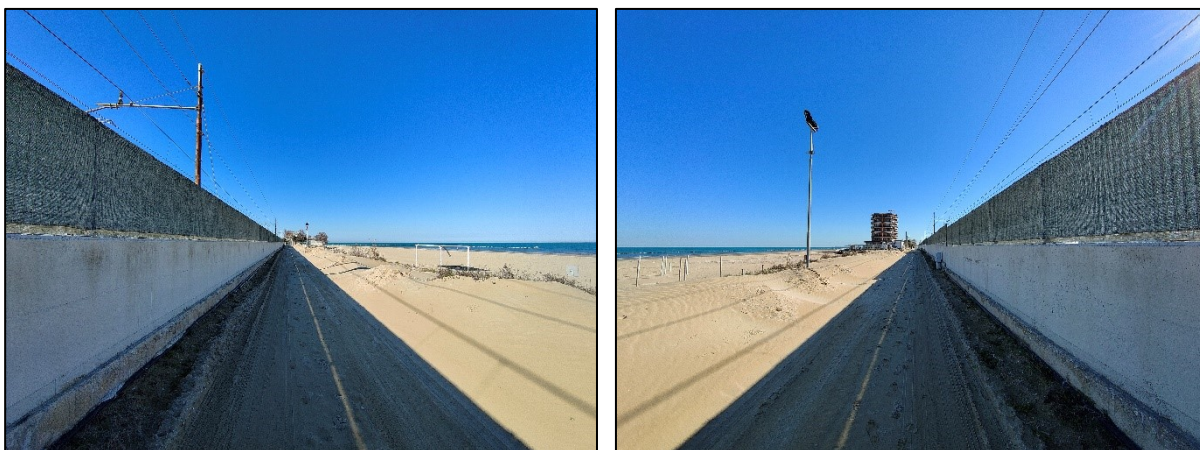
Fotografia 7 - Ripresa fotografica dell'area che va dall'Hotel Playa al Campeggio Mare Blu.



Fotografia 8 - Ripresa fotografica dell'area che comprende il Campeggio Metaurilia fino all'Hotel Playa.



Fotografia 9 - Ripresa fotografica dell'area che comprende il Campeggio Metaurilia fino all'Hotel Playa.



Fotografia 10 - Riprese fotografiche del tratto di strada che prosegue da via Buonincontri a partire dall'Hotel Playa. Vista nord e vista sud.



Fotografia 11 - Riprese fotografiche del sottopasso presente nei pressi dell'Hotel Playa.



Fotografia 12 - Ripresa fotografica del sottopasso presente in corrispondenza del Campeggio Mare Blu.



Fotografia 13 - Ripresa fotografica del tratto di spiaggia che comprende il sottopasso del Campeggio Mare Blu fino all'Hotel Playa.



Fotografia 14 - Ripresa fotografica del tratto di spiaggia che comprende il sottopasso del Campeggio Mare Blu fino all'Hotel Playa. Dettaglio della massicciata della ferrovia in erosione.

5. CRITICITÀ GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

Le principali criticità di tipo geologico e geomorfologico, individuabili in relazione alla sicurezza e alla stabilità dell'opera in progetto, sono in primo luogo legate ai fenomeni di erosione costiera ed eolica, e in generale a tutti i fenomeni legati all'attività del mare e del vento, i quali rappresentano i principali agenti morfogenetici dell'ambiente costiero. In generale si ha che maggiore è la vicinanza alla linea di costa, maggiore è l'influenza di questi fenomeni. Il tratto settentrionale, prossimo alla foce del Fiume Metauro, è inoltre estremamente influenzato dall'attività fluviale, occupando un'area caratterizzata da rischio esondazione R4 (molto elevato) secondo la classificazione del Piano di Assetto Idrogeologico (si veda carta in figura 8). Attualmente il tratto costiero di interesse è quasi completamente coperto da opere rigide di difesa; in generale, essendo l'evoluzione geomorfologica del litorale governata sostanzialmente dagli apporti solidi continentali e dall'erosione marina eventualmente mitigata dalle opere di difesa, gli eventuali squilibri tra gli apporti solidi da parte del Metauro e i fenomeni di erosione marina possono portare ad avanzamenti o arretramenti della linea di costa. Dalla mappatura delle aree soggette a inondazione marina, attuata in ottemperanza alla Direttiva Europea 2007/60/CE recepita con D.lgs. n. 49/2010 (si vedano figure 9 e ss.), si osserva che il tracciato della ciclovia in progetto si collocherebbe al di fuori delle aree inondabili caratterizzate da tempi di ritorno (T_R) pari a 20, 100 e 200 anni, compreso il primo tratto meridionale che a partire dall'Hotel Playa prende sviluppo sul prolungamento di via Buonincontri per circa 200 m. D'altra parte, dal punto di vista geomorfologico la maggiore vicinanza alla linea di costa di quest'ultimo tratto fa sì che esso risenta maggiormente dei fenomeni di ingressione marina e delle mareggiate, nonché dei fenomeni dovuti all'attività eolica che determinano il trasporto e l'accumulo di materiale dalla spiaggia verso l'entroterra. Le criticità aumenterebbero notevolmente prolungando questo tratto sulla spiaggia oltre i 200 m previsti, poiché sarebbe necessario occupare un'area inondabile con tempo di ritorno di 20 anni, e inoltre sarebbero amplificati gli effetti di tutti i fenomeni sopra citati.

Non da ultima si segnala la compresenza, in tutto il territorio in cui è compreso il tracciato, di fattori predisponenti il fenomeno della liquefazione, quali le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni e la soggiacenza della falda idrica che si attesta a quote relativamente superficiali. In figura 13 è riportato un estratto della Carta delle Microzone Omogenee in

Prospettiva Sismica tratta dallo Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Fano in cui si osserva che l'intero tracciato ricade in aree di attenzione di instabilità per liquefazione.

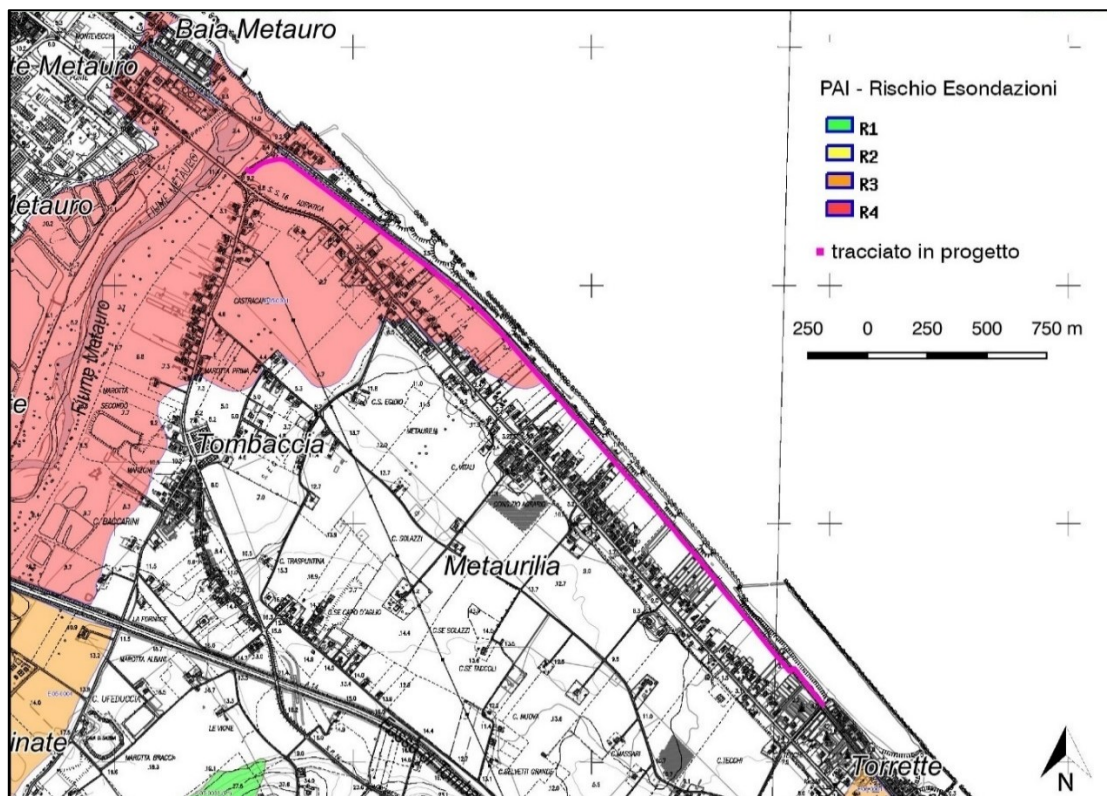


Figura 8 – PAI – Rischio esondazioni.

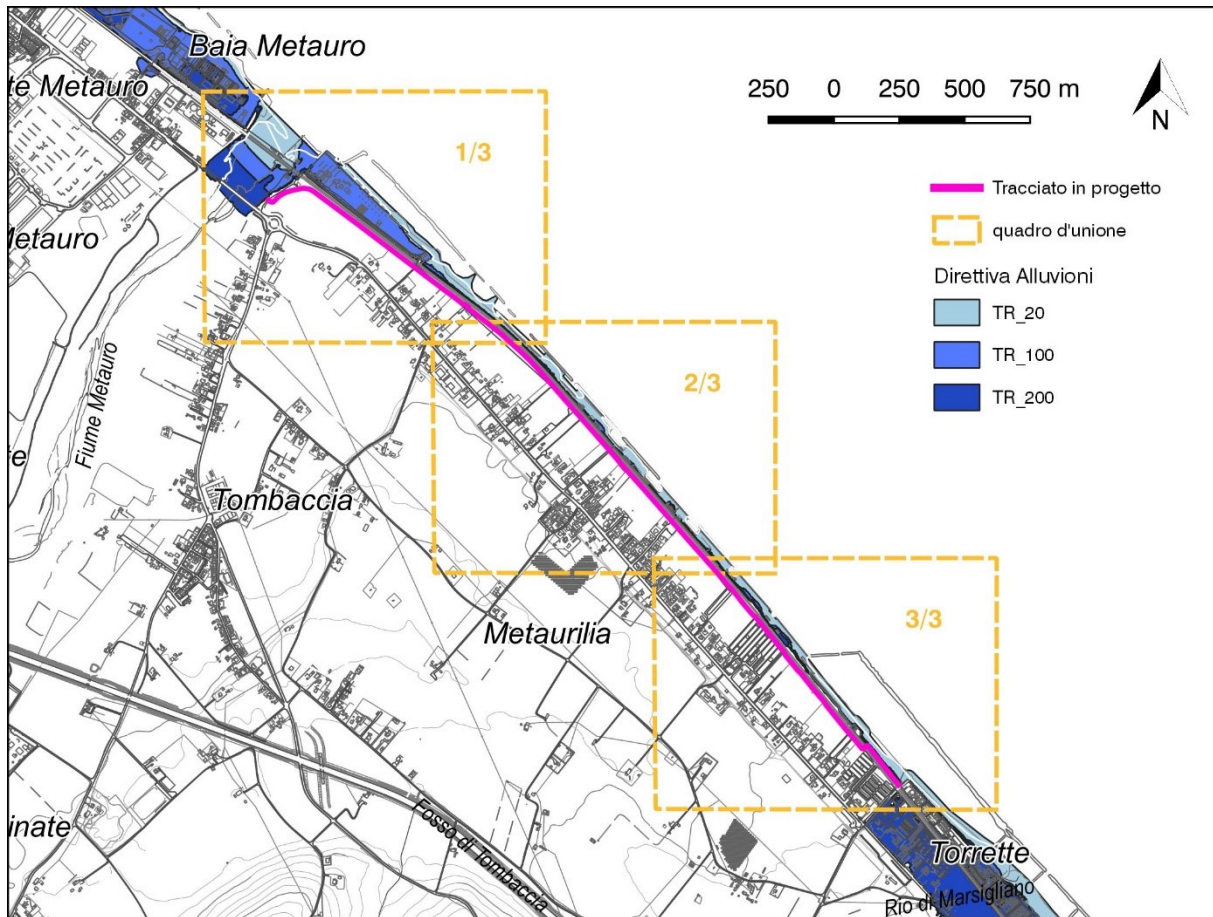


Figura 9 – Direttiva alluvioni; aree inondabili e tempi di ritorno. Quadro d’unione. Scala 1:25000. (Regione Marche, Servizio Infrastrutture, Trasporti ed Energia; Difesa della costa).

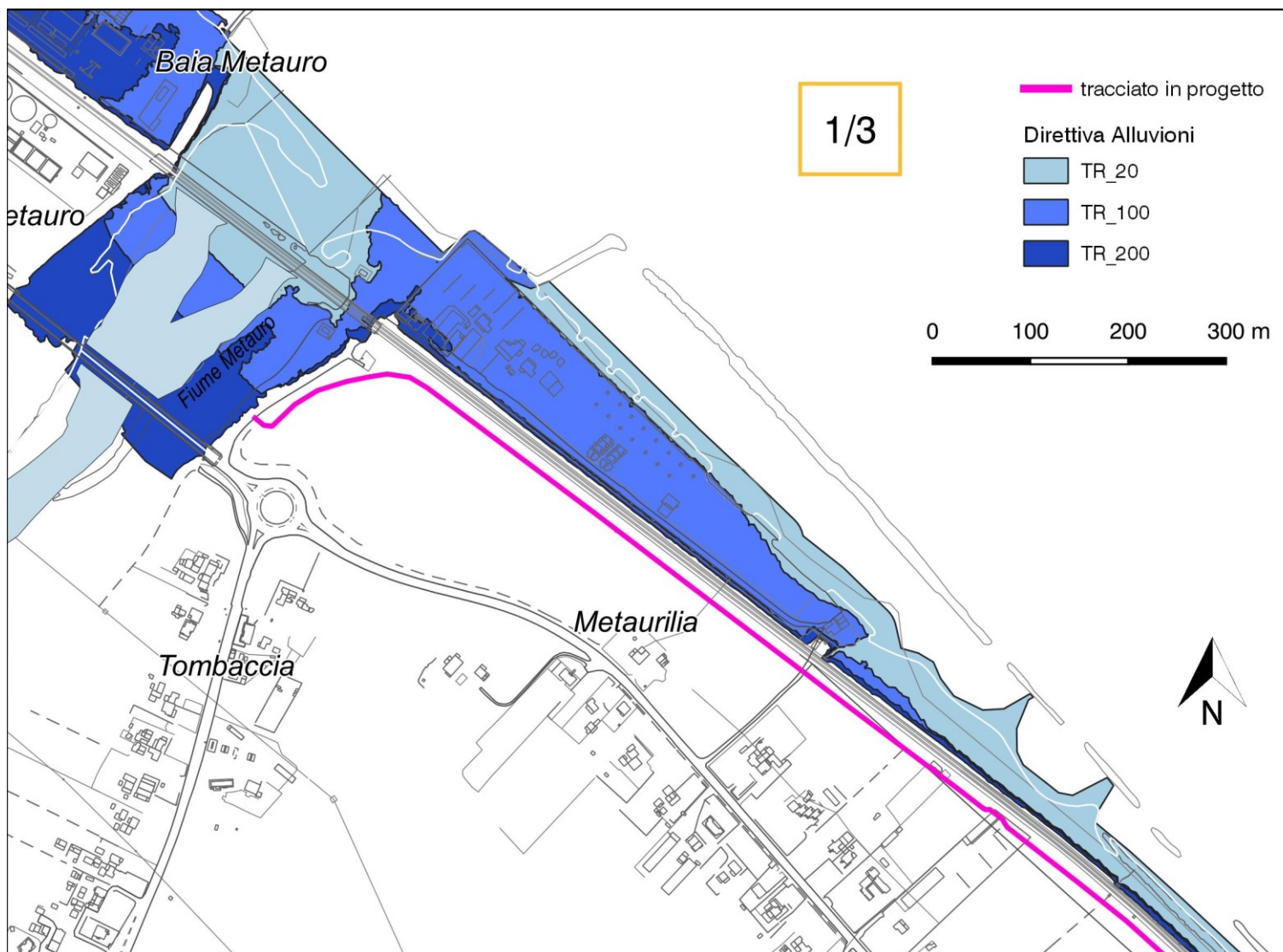


Figura 10 – Direttiva alluvioni, Tav. 1/3. Scala 1:6500. (Regione Marche, Servizio Infrastrutture, Trasporti ed Energia; Difesa della costa).

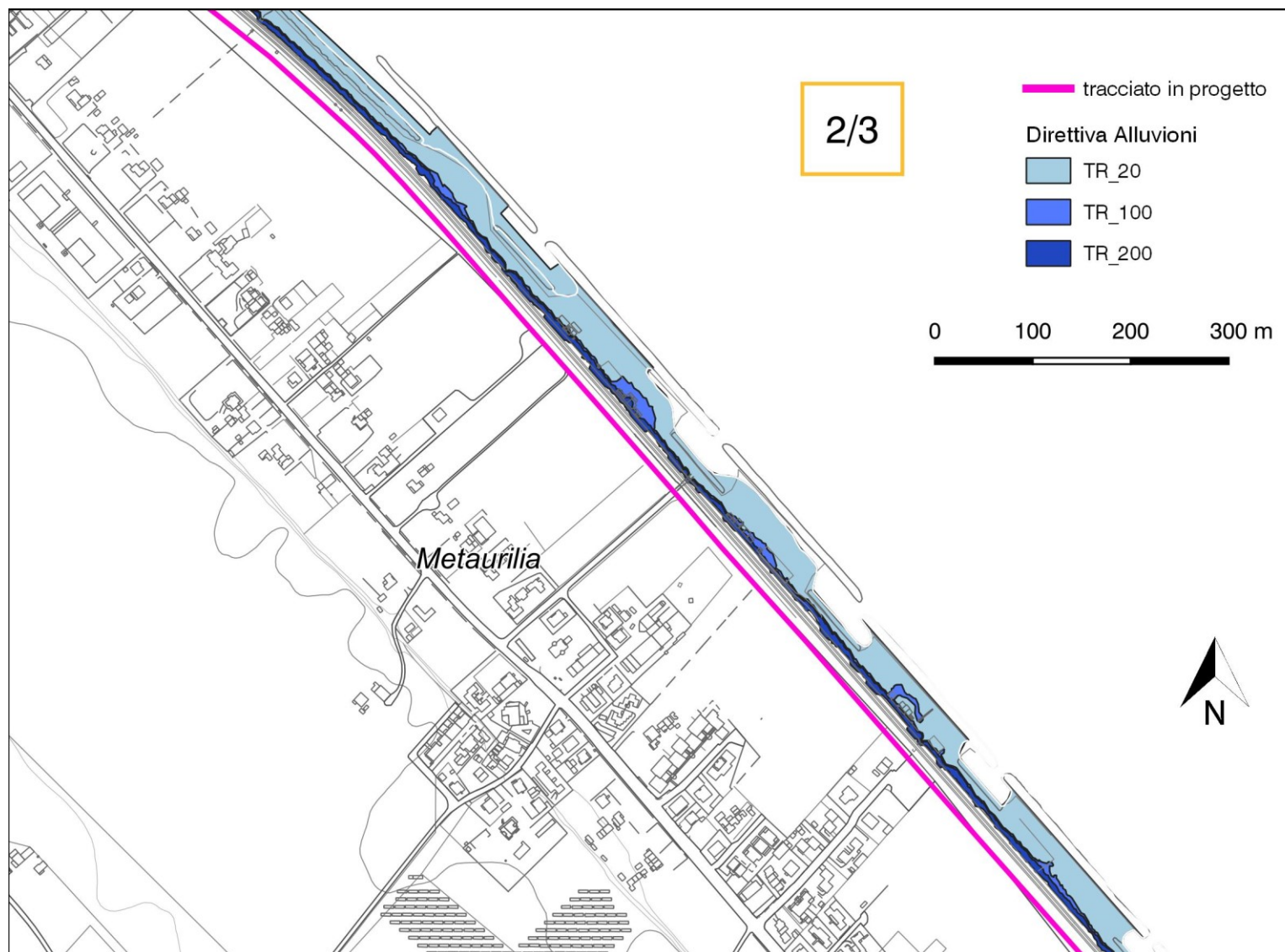


Figura 11 – Direttiva alluvioni, Tav. 2/3. Scala 1:6500. (Regione Marche, Servizio Infrastrutture, Trasporti ed Energia; Difesa della costa).

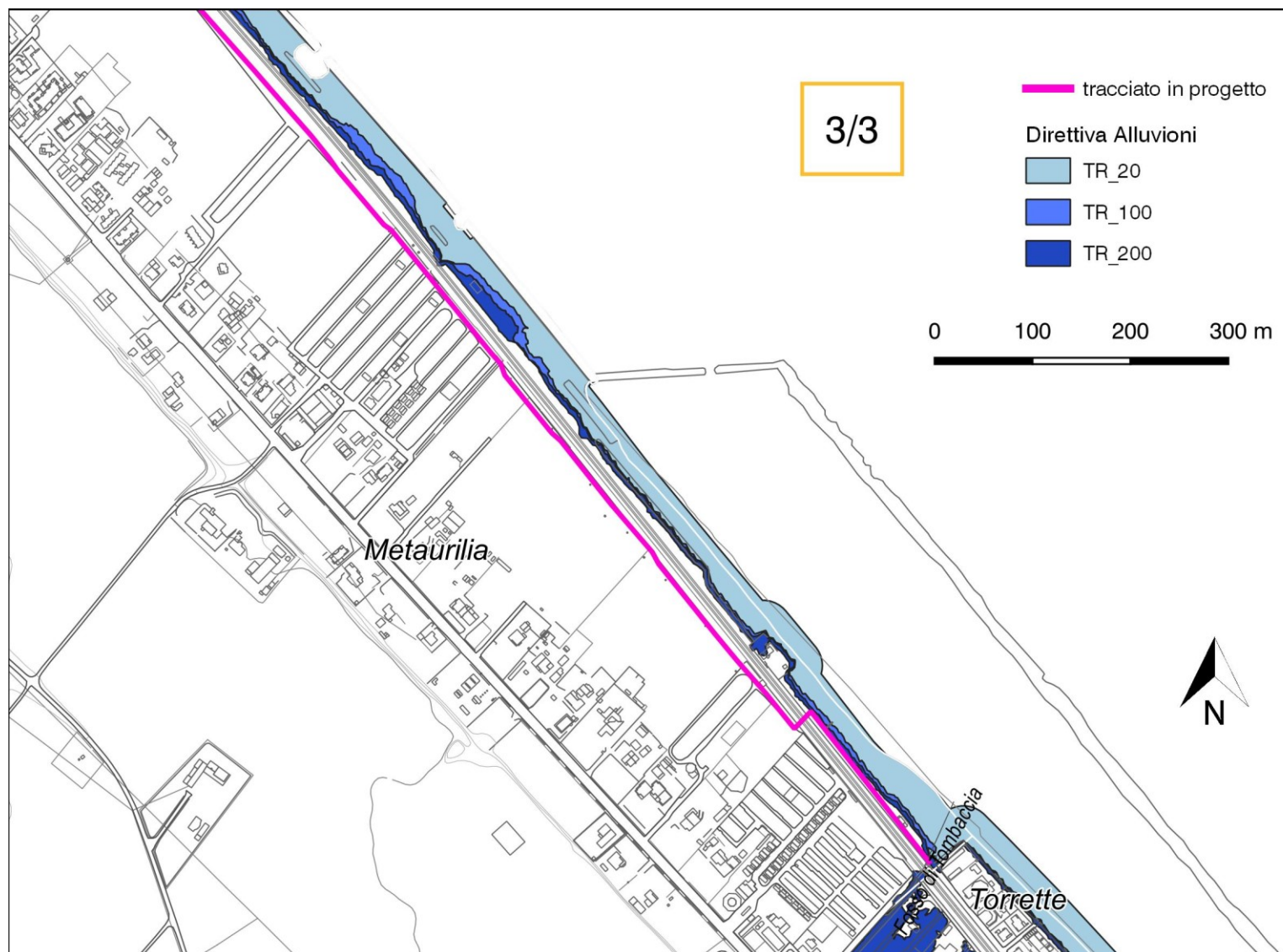
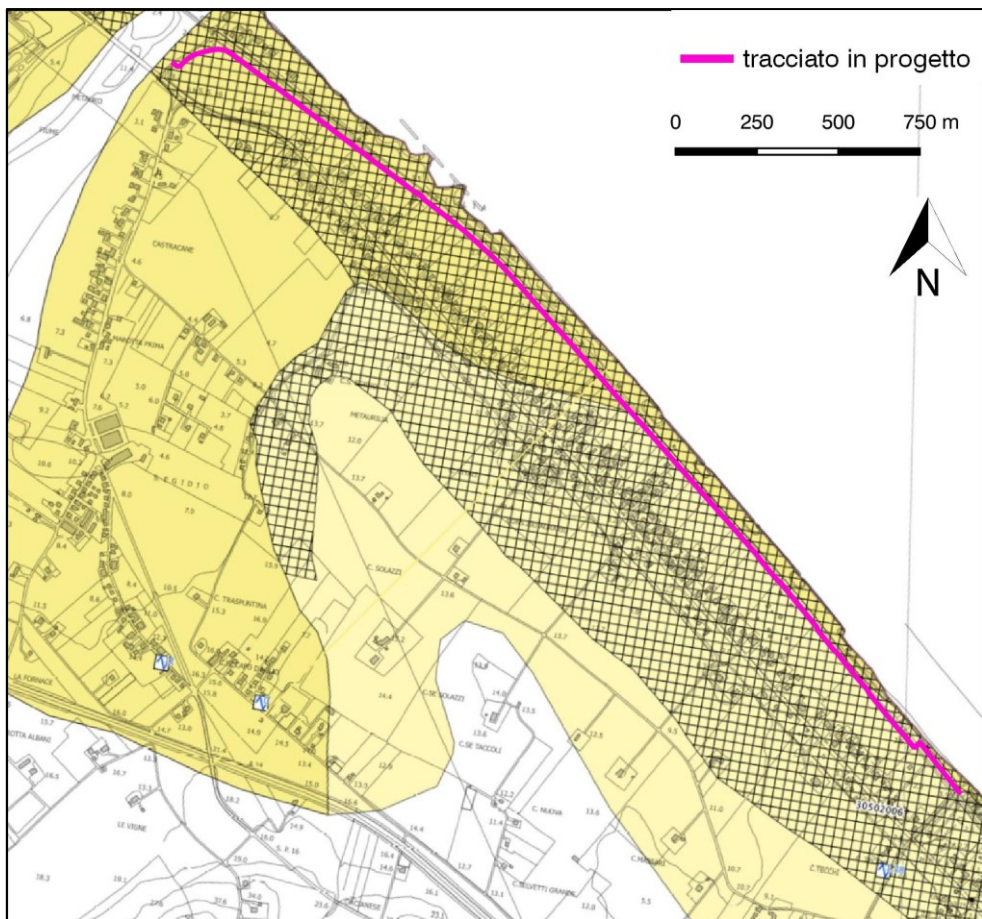


Figura 12 – Direttiva alluvioni, Tav. 3/3. Scala 1:6500. (Regione Marche, Servizio Infrastrutture, Trasporti ed Energia; Difesa della costa).

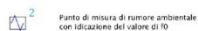


Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

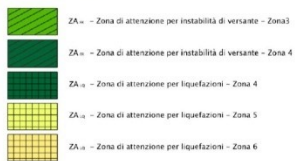


Per la descrizione dettagliata delle zone vedere la relazione illustrativa.

Punti di misura di rumore ambientale



Zone di attenzione per Instabilità



Forme di superficie e sepolte

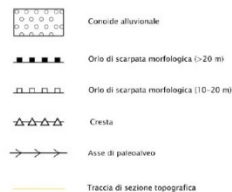


Figura 13 – Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Fano)

6. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

La definizione dell'assetto litostratigrafico e di un modello geologico di massima rappresentativo del sottosuolo nelle aree interessate dalla realizzazione dell'intervento in progetto, si è basata sostanzialmente sulla consultazione di dati cartografici e bibliografici e di dati ottenuti da indagini e studi pregressi eseguiti nella medesima area e forniti dalla committenza, integrati e validati e dalle osservazioni e dai rilievi eseguiti in sito.

In particolare, grazie agli studi geologici eseguiti in precedenza nell'area di interesse, è stato possibile consultare i dati di prove geognostiche in sito quali prove penetrometriche dinamiche, prove penetrometriche statiche, pozzi per acqua e sondaggi a distruzione.

L'ubicazione delle indagini sopracitate è illustrata nella figura 14. Nelle figure 15 e ss. sono invece illustrati i risultati ottenuti dalle prove penetrometriche DPSH.

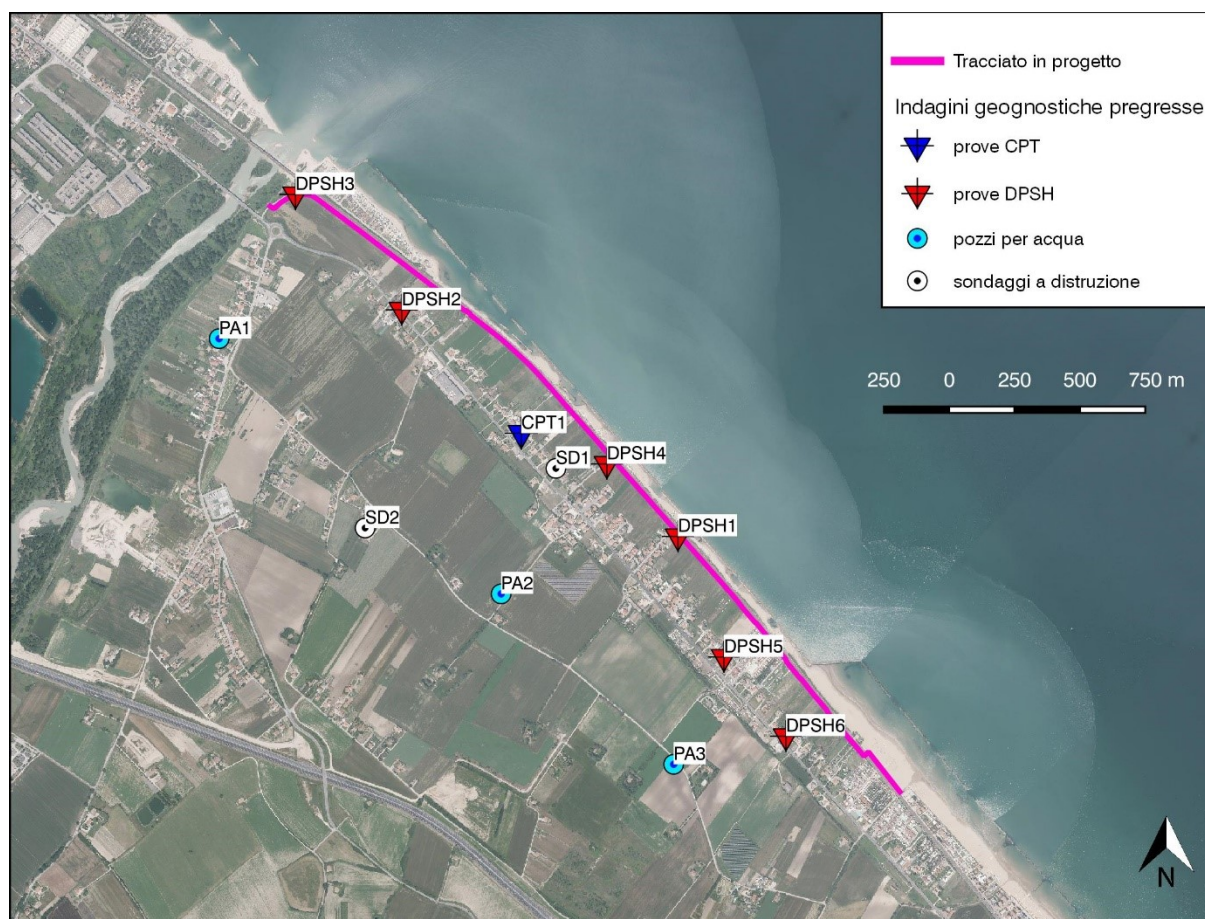


Figura 14 – UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE. Scala 1:25000.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di Fano
 Cantiere: PINQUA - Variante PRG - Ciclovia Adriatica
 Località: Metaurilla - Comune di Fano (PU)

Data: 02/03/2022

Scala 1:50

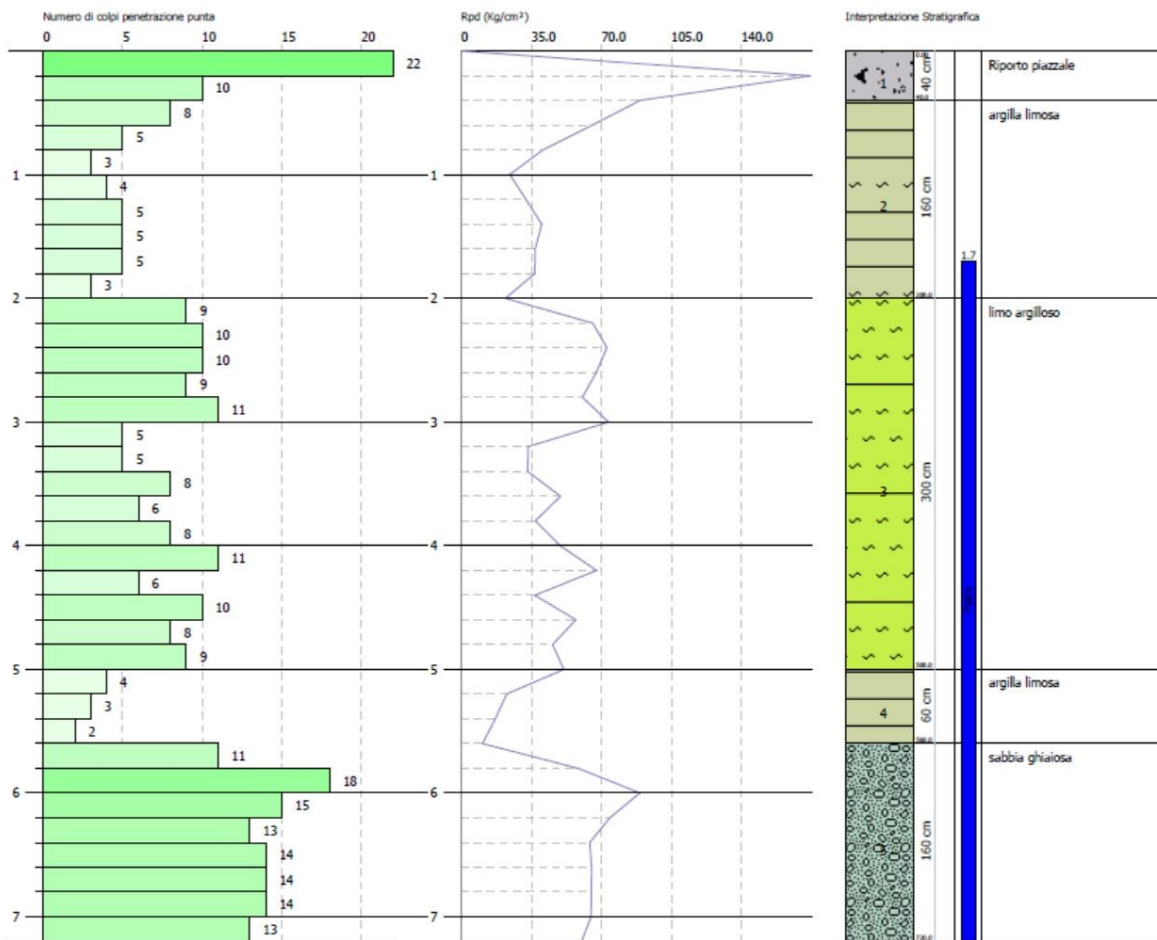


Figura 15 – Diagramma del numero di colpi, della resistenza alla punta e interpretazione litologica ottenuti dalla prova DPSH-2. Fonte: Dott. Geol. Cesare Bisiccia.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di Fano
 Cantiere: PINQUA - Variante PRG - Ciclovia Adriatica
 Località: Metauria - Comune di Fano (PU)

Data: 02/03/2022

Scala 1:50

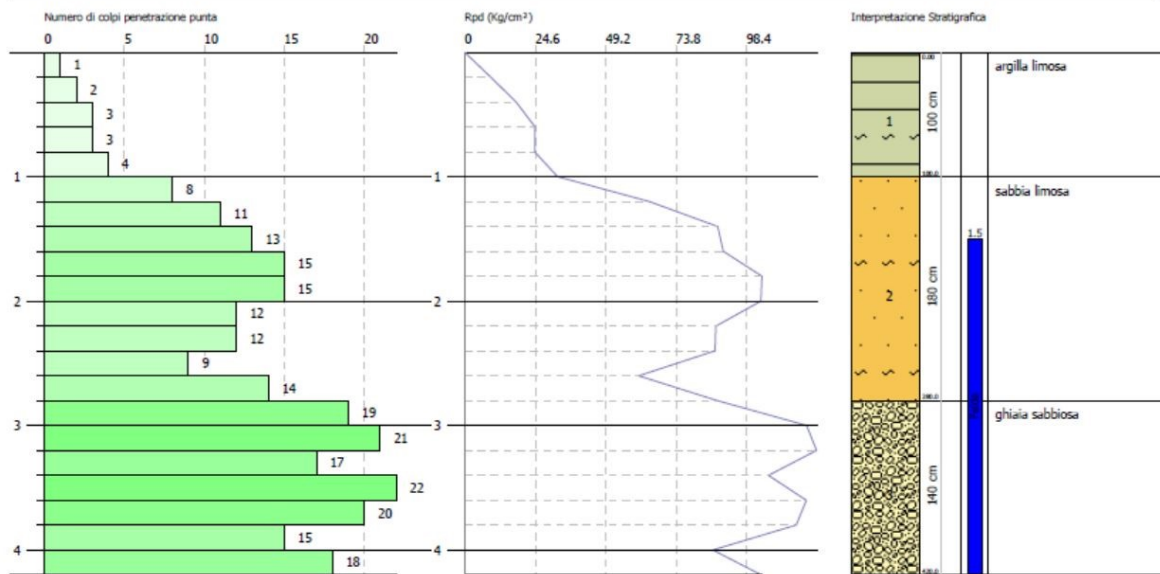


Figura 16 – Diagramma del numero di colpi, della resistenza alla punta e interpretazione litologica ottenuti dalla prova DPSH-3. Fonte: Dott. Geol. Cesare Bisiccia.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH3
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di Fano
 Cantiere: PINQUA - Variante PRG - Ciclovia Adriatica
 Località: Metaurilia - Comune di Fano (PU)

Data: 02/03/2022

Scale 1:50

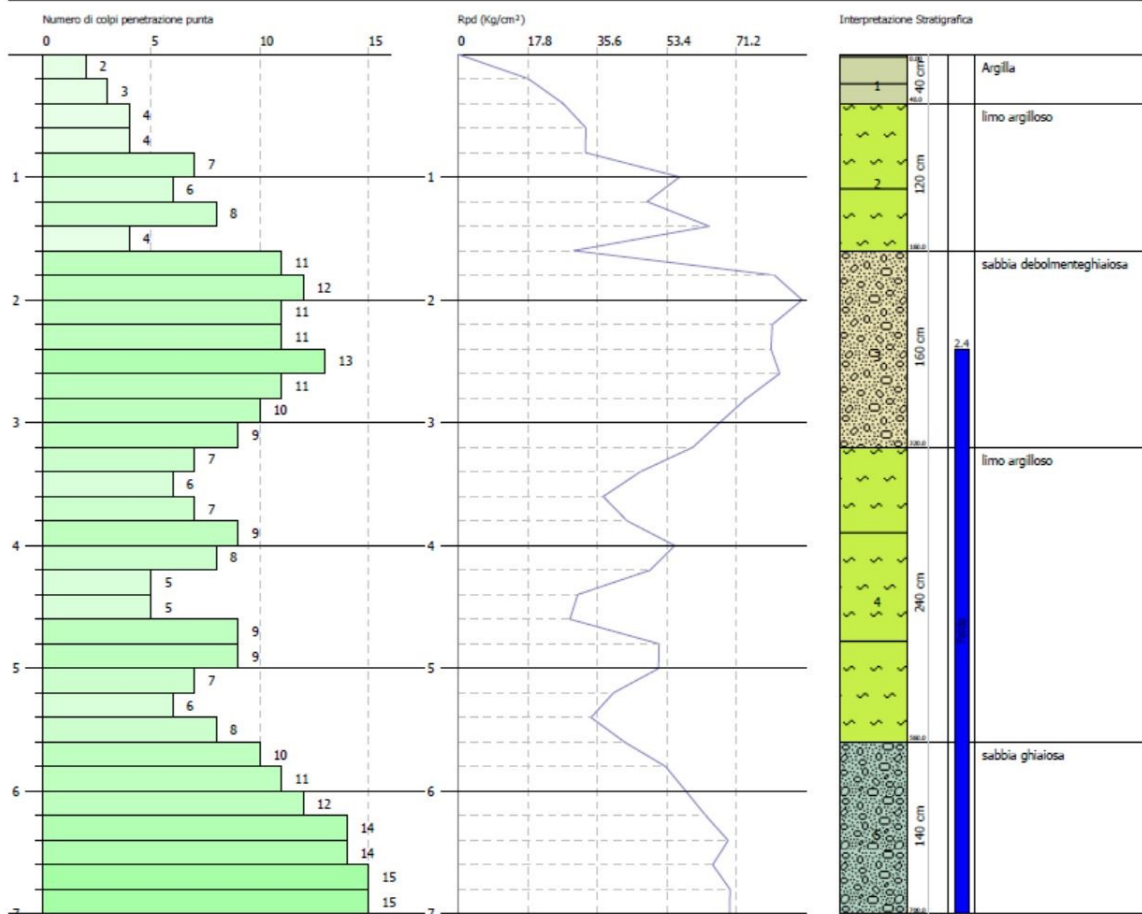


Figura 17 – Diagramma del numero di colpi, della resistenza alla punta e interpretazione litologica ottenuti dalla prova DPSH-3. Fonte: Dott. Geol. Cesare Bisiccia.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH4
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di Fano
 Cantiere: PINQUA - Variante PRG - Ciclovia Adriatica
 Località: Metaurilla - Comune di Fano (PU)

Data: 12/03/2022

Scala 1:55

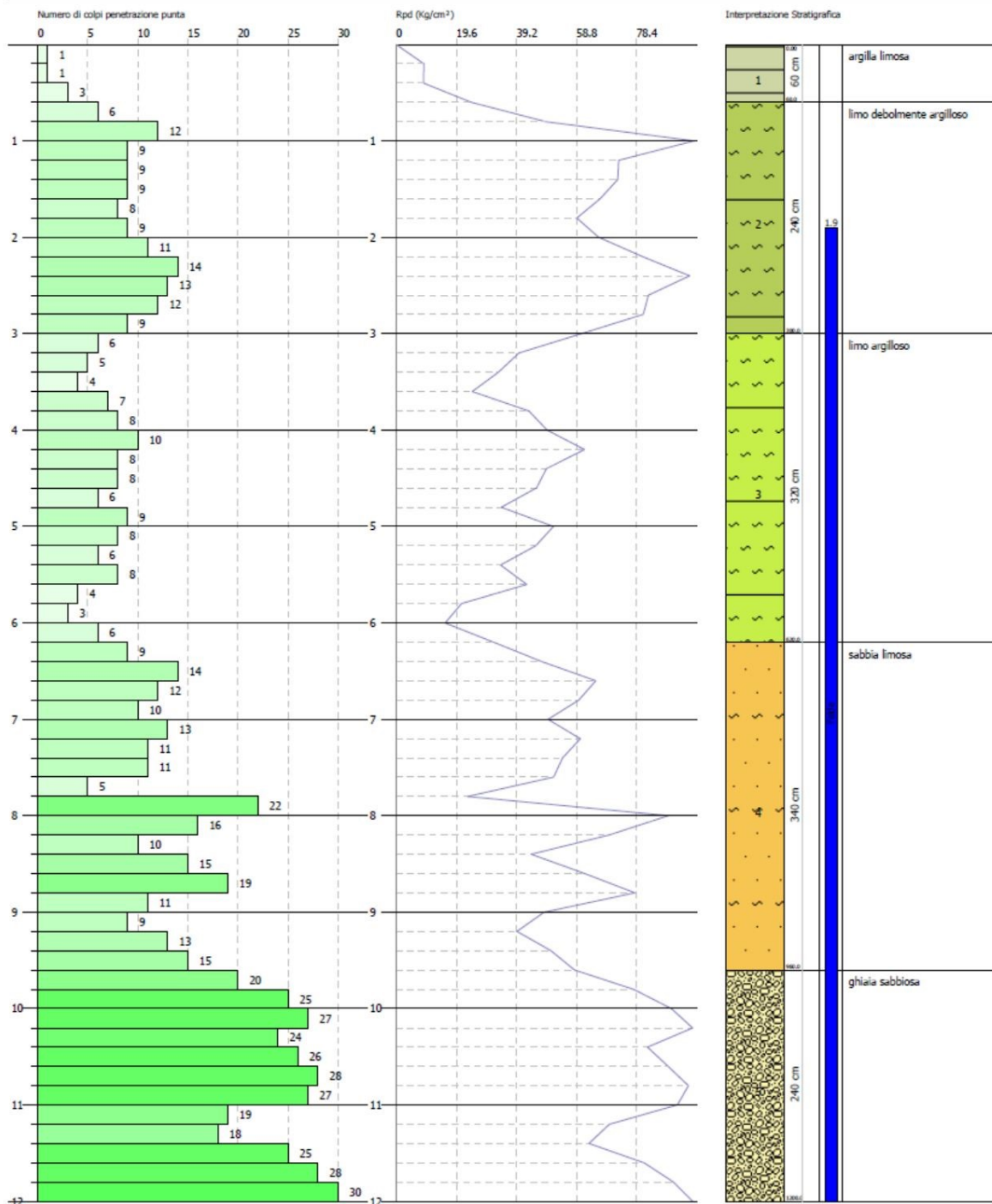


Figura 18 – Diagramma del numero di colpi, della resistenza alla punta e interpretazione litologica ottenuti dalla prova DPSH-3. Fonte: Dott. Geol. Cesare Bisiccia.

Prova penetrometrica dinamica - DPSH5

cantiere: Fano (PU) - Via Adriatica Sud
 quota inizio: piano campagna data: gennaio 2012
 prof. falda: assente *Z.S.M.*

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH 1

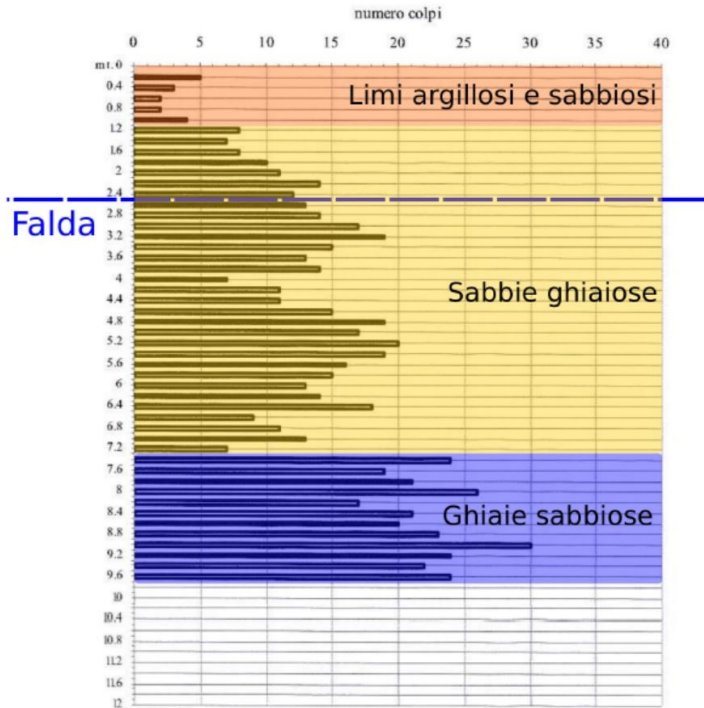
Penetrometro dinamico pesante tipo "Emilia" :

Peso maglio: 63.50 Kg.

Caduta
 maglio: 75cm.

Sezione
 punta: 20cmq. Peso aste: 6.20Kg/ml.

Prof. m	P1 n.colpi	Rd
0.0		
0.2	5	47.57
0.4	3	28.54
0.6	2	17.6
0.8	2	17.6
1	4	35.2
1.2	8	70.41
1.4	7	61.6
1.6	8	65.5
1.8	10	81.87
2	11	90.06
2.2	14	114.62
2.4	12	98.25
2.6	13	99.5
2.8	14	107.15
3	17	130.12
3.2	19	145.42
3.4	15	114.81
3.6	13	93.41
3.8	14	100.6
4	7	50.3
4.2	11	79.04
4.4	11	79.04
4.6	15	101.57
4.8	19	128.66
5	17	115.12
5.2	20	135.43
5.4	19	128.66
5.6	16	102.44
5.8	15	96.04
6	13	83.23
6.2	14	89.64
6.4	18	115.25
6.6	9	54.64
6.8	11	66.79
7	13	78.93
7.2	7	42.5
7.4	24	145.72
7.6	19	109.69
7.8	21	121.24
8	26	150.11
8.2	17	98.15
8.4	21	121.24
8.6	20	110.06
8.8	23	126.57
9	30	165.09
9.2	24	132.07
9.4	22	121.06
9.6	24	126.16



Origine del dato: elaborazione stratigrafica Servizi Sismici S.n.c. (Sassoferrato); modificato.

Figura 19 – Risultati della prova denominata DPSH-5.

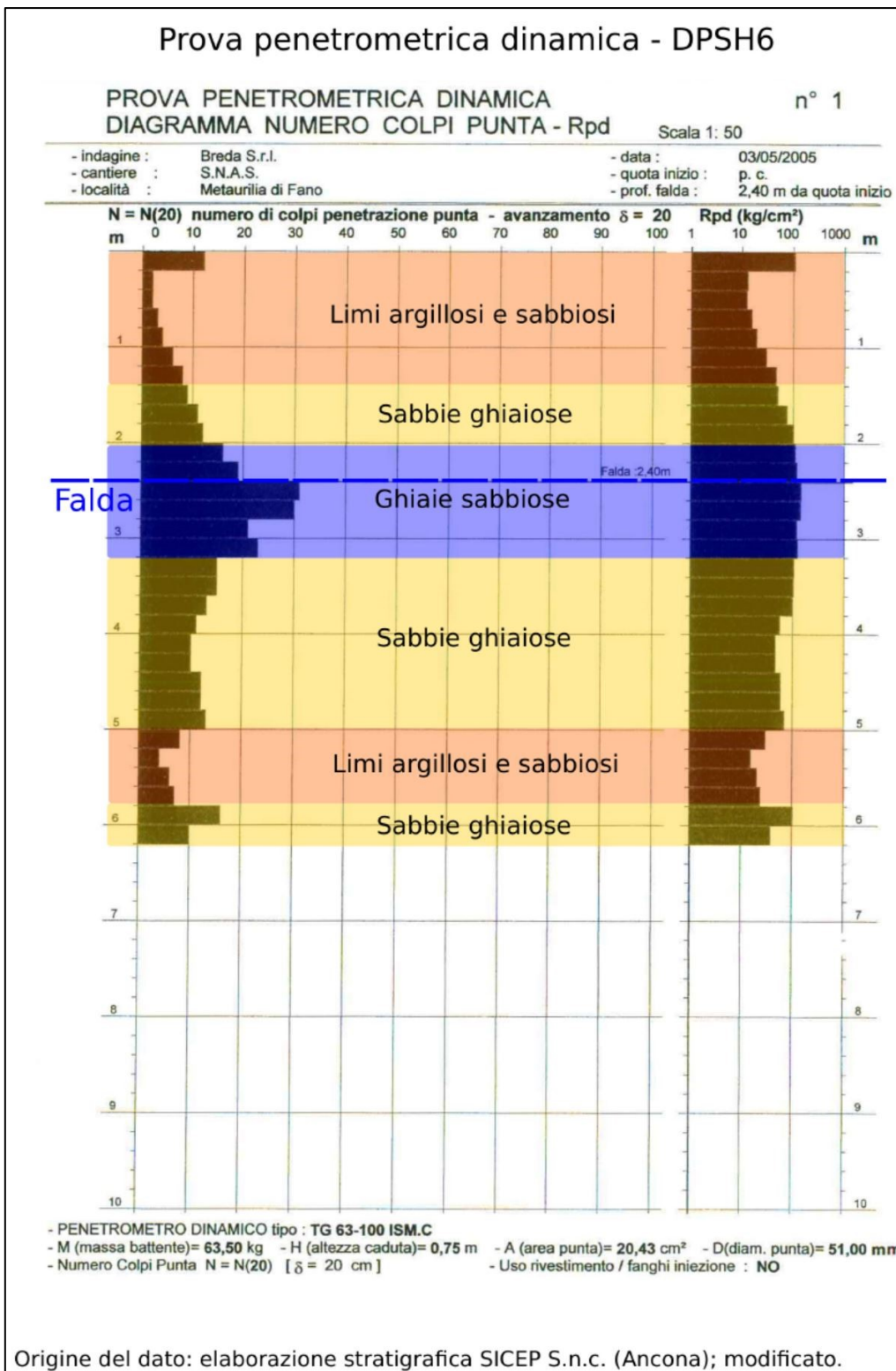


Figura 20 – Risultati della prova denominata DPSH-6.

Le indagini geognostiche sopracitate, prese in considerazione per questo studio, sono state eseguite per la maggior parte nella fascia compresa tra la SS16 e il litorale, in corrispondenza quindi di terreni appartenenti all'Unità MUS2b costituita da depositi di spiaggia antica. La prova DPSH-2, invece, è stata eseguita in corrispondenza dell'Unità MUSb, mentre i pozzi per acqua e i sondaggi a distruzione sono stati eseguiti in corrispondenza di depositi di terrazzo alluvionale presenti nella fascia più interna della costa (Sintema di Matelica, Pleistocene superiore, Unità MTIbn).

In generale, dalle prove penetrometriche sopracitate si osserva che il sottosuolo è costituito prevalentemente da sedimenti alluvionali e/o costieri caratterizzati da alternanze di terreni fini argilloso-limosi e terreni più grossolani quali sabbie, sabbie limose, sabbie ghiaiose, ghiaie e ghiaie sabbiose.

Inoltre, la misura della soggiacenza della falda idrica all'interno dei fori di sondaggio delle prove eseguite ha messo in evidenza che nell'area di interesse la soggiacenza si attesta a profondità comprese all'incirca tra -1.5 e -2.5 m da p.c., con possibilità di oscillazioni stagionali. I valori di soggiacenza risultati da ciascuna indagine sono illustrati nella figura 21.



Figura 21 – Valori di soggiacenza della falda misurati in occasione delle indagini geognostiche pregresse considerate per il presente studio. Scala 1:25000.

7. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI E DELLE OPERE DA REALIZZARE

Nel presente capitolo è riportata una descrizione degli interventi ed opere progettuali da realizzare per la costruzione della ciclovia con evidenziati gli aspetti geologici e geomorfologici e le relative criticità in modo da fornire le indicazioni necessarie alle fasi successive di progettazione.

Il tracciato oggetto di studio è stato suddiviso in quattro parti distinte in funzione delle caratteristiche del percorso e delle criticità geologiche e geomorfologiche:

- **Percorso ciclovia lato mare (via Buonincontri), tratto sud compreso tra L'Hotel Playa ed il nuovo sottopasso in progetto**

La ciclovia in questo tratto è impostata su una strada esistente, Via Buonincontri, e non si rilevano criticità dal punto di vista della stabilità dell'area di sedime del fondo stradale in quanto già in essere. Tuttavia questo tratto di strada, di lunghezza pari a circa 200 m, essendo dislocato lato mare rispetto alla linea ferroviaria Ancona – Rimini, risente degli effetti delle attività marina ed eolica.

Sulla base degli studi eseguiti e del rilievo effettuato sono stati individuate due criticità che dovranno essere prese in considerazione in fase di progettazione esecutiva:

- Criticità trasporto eolico di sabbia con deposizione sul tracciato stradale.

Durante il sopralluogo eseguito si è constatato che il tratto di strada disposto lato mare rispetto alla linea ferroviaria, è sede preferenziale di depositi eolici di natura sabbiosa. In Fotografia 15 è riportata un'immagine della strada dove sono evidenti gli accumuli di sabbia trasportata dal vento.

- Criticità area inondabile.

Nel capitolo 5 della presente relazione si fa riferimento alla mappatura delle aree soggette a inondazione marina, attuate in ottemperanza alla Direttiva Europea 2007/60/CE recepita con D.lgs. n. 49/2010 (si vedano figure 9 e ss.), dove si osserva che il tracciato della ciclovia in progetto, nel tratto in questione (Figura 12) si collocherebbe al di fuori delle aree inondabili caratterizzate da tempi di ritorno (T_R) pari a 20, 100 e 200 anni. Considerato che il limite dell'area inondabile T_R 200 anni è posto in adiacenza alla ciclovia nel tratto in questione e che la maggiore vicinanza alla linea di costa di quest'ultimo fa sì che esso risenta maggiormente dei fenomeni di

ingressione marina e delle mareggiate, si ritiene opportuno prevedere in fase di progettazione esecutiva la realizzazione di un'opera di protezione a difesa di possibili allagamenti.



Fotografia 15 Depositi di sabbia lungo la sede stradale

In virtù delle criticità individuate si consiglia di prevedere la realizzazione di un rilevato o di un'opera di difesa tale da garantire la protezione del tratto di ciclabile in questione, in modo da contrastare in primo luogo il trasporto eolico e contenere l'accumulo di materiale sulla ciclabile stessa; allo stesso tempo, tale barriera potrà essere progettata in modo da ridurre il rischio di allagamenti in caso di mareggiate o ingressioni marine eccezionali.

- **Percorso ciclovia in adiacenza al lato ovest del rilevato ferroviario**

La pista ciclabile in progetto si sviluppa, per la maggior parte del tracciato, parallelamente al lato occidentale del rilevato della linea ferroviaria Ancona-Rimini. Nella fascia compresa tra la linea ferroviaria e l'entroterra i terreni su cui si intende realizzare l'infrastruttura viaria sono attualmente adibiti a seminativo o mantenuti a prato stabile (Fotografia 16).

In questo tratto di ciclovia non si rilevano particolari criticità dal punto di vista geologico-geomorfologico. Tuttavia, considerato che tali terreni sono stati sottoposti nel tempo a processi di aratura per consentirne le coltivazioni e che tali operazioni agricole hanno provocato un rimaneggiamento del primo sottosuolo fino ad una profondità di circa -0,6 m/-0,8 m, si ritiene opportuno tenere conto di questo aspetto nella progettazione del pacchetto di sottofondo stradale.



Fotografia 16 Veduta panoramica di un tratto di percorso tipo della pista ciclabile

- **Sottopasso rilevato ferroviario**

L'opera di maggior rilievo prevista lungo il tracciato che necessita una caratterizzazione di maggiore dettaglio è rappresentata dal sottopasso ferroviario ciclabile che verrà realizzato in corrispondenza del Km 160 della linea ferroviaria Ancona-Rimini, di cui è illustrata una sezione schematica in figura 22. L'opera sarà costituita da uno scatolare che sarà posizionato sotto i binari tramite il metodo dello "spingitubo". La dimensione del monolite in c.a. sarà 2.60 x 3.50 metri internamente e 3.40 x 4.30 metri esternamente, dunque avrà uno spessore di 0.40 metri, e sarà posizionato almeno un metro sotto il "piano del ferro", pertanto il piano di posa dello stesso si collocherà all'incirca alla profondità di -4.50 m dalla superficie.

Per la caratterizzazione preliminare del sottosuolo dell'area in cui sarà realizzato il sottopasso ferroviario dal punto di vista litostratigrafico si fa riferimento in particolare alla prova DPSH-6 che è quella più prossima all'area di intervento, da cui si osserva che già a -1.40 m di profondità da p.c. sono presenti terreni grossolani sabbioso-ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi. Inoltre, la misura della soggiacenza della falda idrica all'interno dei fori di sondaggio delle prove eseguite ha messo in evidenza che nell'area di interesse la soggiacenza si attesta a profondità comprese all'incirca tra -1.5 e -2.5 m da p.c., con possibilità di oscillazioni stagionali.

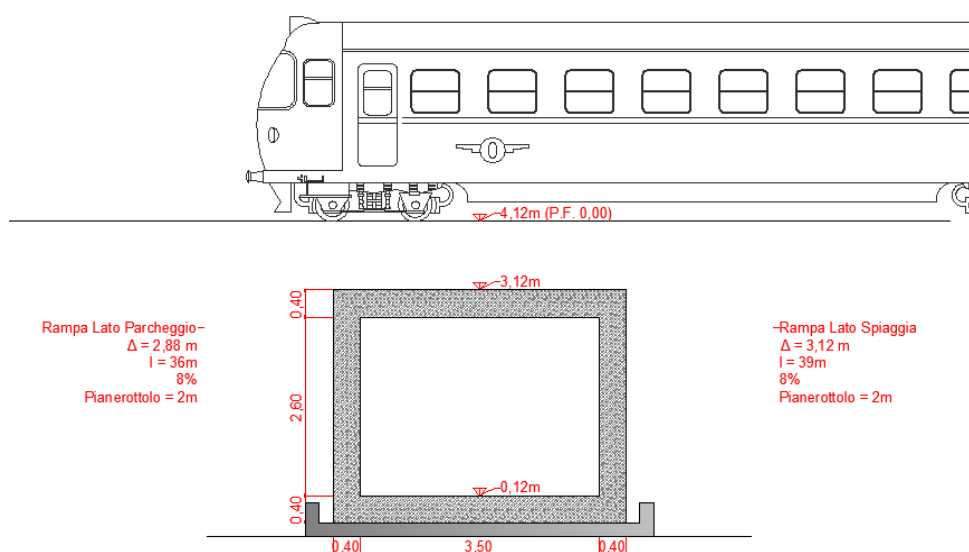


Figura 22 – Sezione schematica del sottopasso scatolare in progetto.

Sulla base dei dati litostratigrafici e geotecnici presi a riferimento è possibile affermare che per la realizzazione del sottopasso e le relative rampe di collegamento alla ciclovia è necessario prevedere la realizzazione di opere di contenimento dei fronti di scavo, come ad esempio l'infissione di palancole. Il sottosuolo è caratterizzato dalla presenza di terreni incoerenti sabbioso-ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi saturi dalla profondità di circa -1.5 / -2.5 m da p.c., pertanto, per evitare che si inneschino fenomeni di rifluimento delle sabbie e garantire la stabilità delle pareti di scavo e del rilevato della linea ferroviaria, sarà necessario prevedere opere provvisorie di sostegno opportunamente dimensionate.

Per la raccolta dei dati geologici, litostratigrafici, geotecnici ed idrogeologici dell'area in cui si intende procedere alla realizzazione del sottopasso si consiglia di prevedere l'esecuzione delle seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- Esecuzione di n. 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono spinte sino a -20 m di profondità dal p.c. ubicate ad est ed ad ovest del rilevato ferroviario
- Esecuzione di prove di dissipazione per determinare la permeabilità del sottosuolo
- Prelievo di campioni indisturbati da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio per determinare i valori di C' e F_i che non sono determinabili con precisione con le CPTU.

Le elaborazioni dei risultati delle prove proposte consentiranno di fornire al progettista un modello litostratigrafico e geotecnico rappresentativo della zona oggetto di intervento.

- **Tratti in rilevato**

Il progetto prevede la realizzazione di due tipologie di rilevati:

- Rilevato isolato Sezione Tipo HH nel tratto di collegamento alla futura passerella ciclopedonale (Figura 23).

Tale rilevato andrà realizzato previo scotico di 0,3 m del terreno superficiale, andrà predisposto il piano di posa su cui realizzare il rilevato mediante la stesa e rullatura del terreno di riporto per strati successivi dello spessore massimo di 30 cm fino al raggiungimento della quota di progetto. Alle scarpate del rilevato dovrà essere conferita una pendenza idonea in funzione del tipo di materiale utilizzato (per limi sabbiosi $\leq 25^\circ$).

- Rilevato in allargamento a quello della sede stradale Sezione Tipo EE anello ciclopedonale (Figura 24).

Nelle aree dove il rilevato sarà realizzato in ampliamento al rilevato stradale si raccomanda di eseguire un adeguato ammorsamento del rilevato alla scarpata esistente, eventualmente mediante sagomatura della scarpata con gradoni, prima della posa del terreno di riporto; come per la tipologia del rilevato precedente il terreno riportato dovrà inoltre essere posato per strati di spessore pari a 30 cm, ciascuno adeguatamente rullato e compattato, al fine di ottenere le caratteristiche geotecniche ottimali; al rilevato dovrà essere conferita una pendenza idonea in funzione del tipo di materiale utilizzato (per limi sabbiosi $\leq 25^\circ$).

Ciclovia Adriatica
Sezione Tipo HH - Tratto di collegamento alla futura passerella ciclopedonale
Scala 1:200

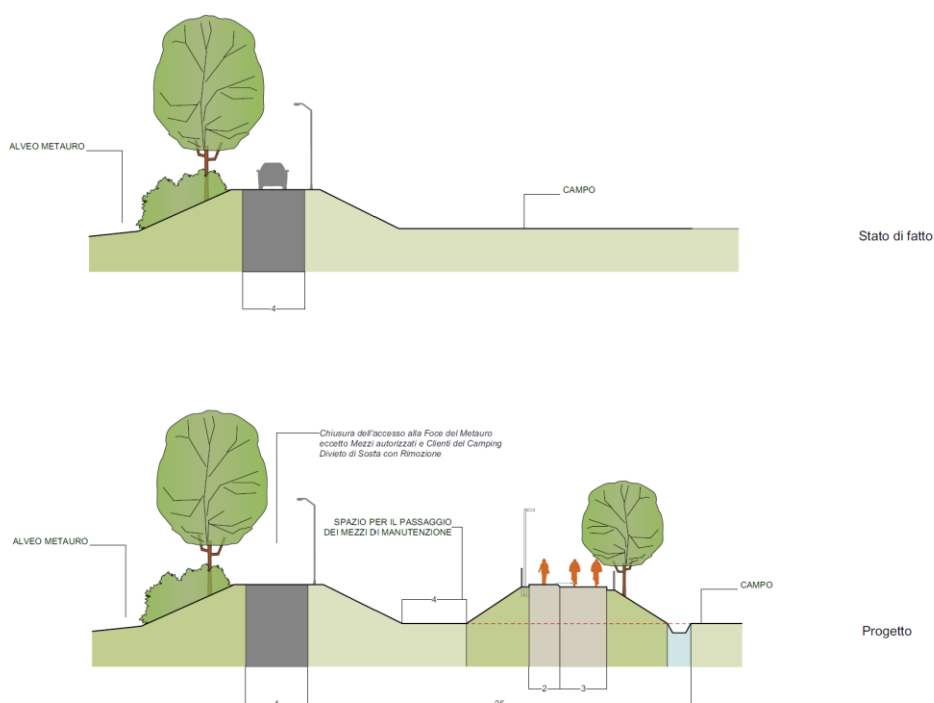


Figura 23 SEZIONE TIPO HH

Accessi
Sezione Tipo A_EE - Anello ciclabile
Scala 1:200

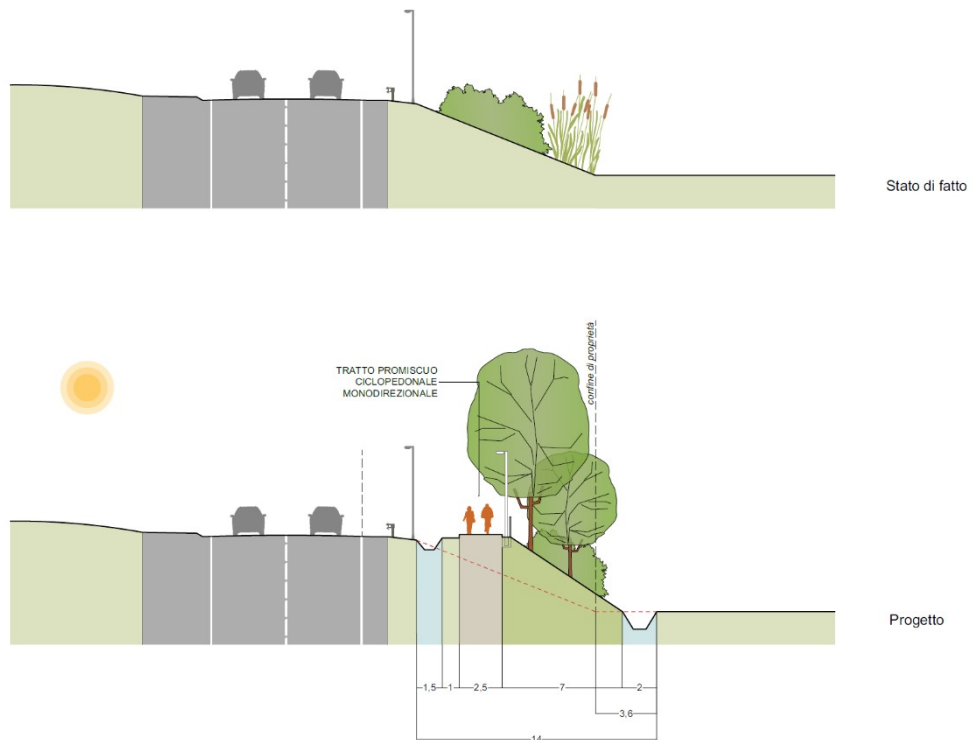


Figura 24 SEZIONE TIPO EE

8. SINTESI DEI RISULTATI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio geologico e geotecnico è stato svolto a supporto del progetto di fattibilità tecnico-economica per la realizzazione della Ciclovia Adriatica III Stralcio dall'Hotel Playa al Fiume Metauro, che interessa un'area situata nel Comune di Fano.

La caratterizzazione geologica, geotecnica e litostratigrafica del sottosuolo interessato dalla realizzazione dell'opera è stata svolta sulla base della consultazione di dati cartografici e bibliografici e di dati ottenuti da indagini e studi pregressi eseguiti nella medesima area e forniti dalla committenza, integrati e validati e dalle osservazioni e dai rilievi eseguiti in sito.

L'assetto litostratigrafico del sottosuolo nell'area di intervento emerso da questo studio risulta così caratterizzato:

- terreni di copertura costituiti da depositi quaternari alluvionali e/o costieri caratterizzati da alternanze di sedimenti fini argilloso-limosi e sedimenti più grossolani quali sabbie, sabbie limose, sabbie ghiaiose, ghiaie e ghiaie sabbiose, con prevalenza dei materiali fini nei primi metri a partire dal piano campagna.
- substrato geologico rappresentato dalla Formazione delle Argille Azzurre (Pliocene-Pleistocene), ovvero argille e argille siltoso-marnose con stratificazione sottile e poco marcata e con subordinate intercalazioni di arenarie fini e finissime.
- la soggiacenza della falda freatica si attesta a quote mediamente comprese tra -1.5 e -2.5 m da p.c., con possibilità di oscillazioni stagionali.

Per quanto riguarda le criticità di tipo geologico e geomorfologico emerse in relazione alla sicurezza e alla stabilità dell'opera in progetto, si hanno:

- fenomeni di arretramento o avanzamento della linea di costa dovuti agli squilibri tra gli apporti solidi continentali e l'erosione marina;
- fenomeni di ingressione marina;
- trasporto eolico e accumulo di materiale dalla spiaggia verso l'entroterra.

Gli effetti di questi fenomeni sono maggiormente influenti nelle zone più prossime alla linea di costa.

Inoltre si hanno:

- fenomeni legati all'attività fluviale del Metauro, da cui derivano possibili allagamenti in occasione di eventi di piena eccezionali (aree ricadenti *zona a rischio esondazione molto elevato secondo* la classificazione PAI), in particolare per quanto riguarda il tratto nord del tracciato della ciclovia;
- predisposizione al fenomeno della liquefazione in tutta l'area interessata dalla realizzazione del tracciato di ciclovia, dovuta alle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni e alla presenza della falda idrica a quote piuttosto superficiali.

Le prescrizioni di tipo geologico e geotecnico sono esposte in dettaglio nel capitolo dedicato (capitolo 7 della presente relazione). Tutto ciò premesso, in conclusione si osserva che:

- dal punto di vista della stabilità geologica e geomorfologica, il punto più critico è rappresentato dal primo tratto di ciclabile che si imposta su via Buonincontri a partire dall'Hotel Playa, per una lunghezza pari a 200 m, dove, vista la posizione, sono maggiori gli effetti delle attività marina ed eolica. A questo proposito si consiglia la realizzazione di idonee barriere a protezione di questo tratto di ciclabile, in modo da contrastare il trasporto eolico e contenere l'accumulo di materiale sulla ciclabile stessa, nonché di contrastare eventuali mareggiate di portata eccezionale; gli effetti delle criticità che influenzano questo tratto aumenterebbero notevolmente prolungandolo sulla spiaggia oltre i 200 m previsti;
- per la realizzazione del nuovo sottopasso ferroviario, costituito da uno scatolare in c.a. il cui piano di posa si collocherà a una quota di circa -4.5 m dalla superficie, si dovrà tenere in considerazione che la soggiacenza della falda in quest'area ha valori molto prossimi alla superficie (tra -2.5 e -1.5 m da p.c. circa); si dovrà inoltre prevedere la realizzazione di opere provvisorie di sostegno dei fronti di scavo per contrastare fenomeni di rifluimento delle sabbie e garantire la stabilità delle pareti di scavo; alla luce di ciò, in fase di progettazione esecutiva si rende necessario predisporre gli adeguati approfondimenti geognostici con studi e indagini puntuali al fine di definire in dettaglio il modello geologico, geotecnico e idrogeologico del sottosuolo interessato dalla suddetta opera;

- laddove sia prevista la realizzazione di rilevati in terra, si raccomanda di eseguire,, previo scotico di 0,3 m del terreno superficiale, un adeguato ammorsamento del rilevato alla scarpata esistente eventualmente mediante sagomatura della scarpata con gradoni, prima della posa del terreno di riporto; il terreno riportato dovrà inoltre essere posato per strati di spessore pari a 30 cm, ciascuno adeguatamente rullato e compattato, al fine di ottenere le caratteristiche geotecniche ottimali; al rilevato dovrà essere conferita una pendenza idonea in funzione del tipo di materiale utilizzato (per limi sabbiosi $\leq 25^\circ$).
- in fase di progettazione esecutiva dovranno essere predisposti ulteriori studi geognostici, supportati da campagne di indagini geotecniche e geofisiche, al fine di definire con adeguato dettaglio il modello geologico, geotecnico e idrogeologico del sottosuolo di riferimento per i calcoli progettuali, nonché di valutare il rischio del fenomeno della liquefazione mediante le opportune prove e analisi, in particolare a supporto della progettazione del nuovo sottopasso ferroviario. A questo proposito si consiglia di prevedere in fase di progettazione esecutiva le seguenti indagini geognostiche:
 - Esecuzione di n. 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono spinte sino a -20 m di profondità dal p.c. ubicate ad est e ad ovest del rilevato ferroviario;
 - Esecuzione di prove di dissipazione per determinare la permeabilità del sottosuolo
 - Prelievo di campioni indisturbati da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio per determinare i valori di C' e F_i che non sono determinabili con precisione con le CPTU.

Le elaborazioni dei risultati delle prove proposte consentiranno di fornire al progettista un modello litostratigrafico e geotecnico rappresentativo della zona oggetto di intervento.

In considerazione dei risultati del presente studio si dichiara la fattibilità geologica dell'intervento in progetto alle condizioni precedentemente specificate.

Modena 07/07/2022

Il Tecnico

Dott. Geol. Gianluca Vaccari

