

SISTEMA NAZIONALE CICLOVIE TURISTICHE CICLOVIA "TRIESTE-LIGNANO SABBIADORO-VENEZIA"

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

Gruppo di Progettazione Macrotratta Friuli Venezia Giulia



CAVALLIN ASSOCIATI
Studio di Architettura e Urbanistica



INGEGNERI ASSOCIATI



AGRIPLAN
Studio Tecnico associato



BIOPROGRAMM

DOTT. GEOL.
UMBERTO
STEFANEL

DOTT.
ARCHEOLOGO
LUCA VILLA

DOTT.
MAURO
BORGATO

ING.
DANIELE
BERTAGNOLLI

Supporto Tecnico Macrotratta Veneto



Proteco Engineering s.r.l.
Coordinamento operativo e capitolati



Progetto stradale

Geologo
Maurizio
OLIVOTTO

Geologia



Aequa Engineering s.r.l.
Idrogeologia e idraulica



ArcSAT s.n.c.
Archeologia



TEPCO s.r.l.
Inserimento urbanistico
e paesaggio



GEOTOP s.a.s.
Rilievo topografico
e Piano Particolare



SOGEN s.r.l.
Strutture e
geotecnica



SNB Service s.r.l.
Rischio bellico

MACROTRATTA FRIULI VENEZIA GIULIA

TRONCO 2

23 - OPERE D'ARTE

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELLE OPERE D'ARTE

Fase	Codice	Macrotratta	Tronco	Categoria	Allegato	Sub	Tipo	Revisione	Redatto	Verificato	Approvato
F	23	FVG	2	OA	002	00	F	A	C.F.	R.C.	R.C.

<p>REGIONE CAPOFILA</p>  <p>REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA</p>	<p>COORDINAMENTO TECNICO - AMMINISTRATIVO</p>  <p>Veneto Strade S.p.A.</p>
---	---

<p>IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Macrotratta Friuli-Venezia Giulia</p> <p>Dott. PADRINI Marco Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia</p>	<p>IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Macrotratta Veneto</p> <p>Ing. MANGINELLI Gabriella Veneto Strade</p>	<p>RESP. INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</p> <p>Arch. POLO Lorella Veneto Strade</p>
---	---	--

A	AGOSTO 2021	EMISSIONE
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE

SOMMARIO

1. Premessa	1
1.1. Riferimenti normativi.....	1
1.2. Metodo di calcolo	1
1.3. Software da utilizzare	2
1.4. Caratteristiche generali.....	2
2. Materiali utilizzati	2
2.1. Strutture in cemento armato.....	2
2.2. Acciaio d'armatura per c.a.....	3
2.3. Acciaio da carpenteria compreso acciaio cor-ten.....	3
3. Caratterizzazione geotecnica	3
3.1. Passerella in affiancamento a SS14 in Duino-Aurisina	3
3.2. Passerella su Fiume Moschenizza in Duino-Aurisina e Monfalcone	5
3.3. Passerella sul Canale dei Tavoloni in Monfalcone	6
3.4. Passerella sul Fiume Isonzo in San Canzian d'Isonzo.....	8
4. Conclusioni	10

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le indicazioni geotecniche per la progettazione delle strutture di fondazione nell'ambito del Progetto Definitivo per il progetto di fattibilità tecnica ed economica, ai sensi dell'art.23 del d.lgs.

n.50/2016 e s.m.i., della ciclovía turistica Trieste – Lignano Sabbiadoro – Venezia (denominata a fini promozionali ciclovía delle lagune) per la parte ricadente nel territorio della regione autonoma Friuli Venezia Giulia.

La presente relazione ha come obiettivo:

- descrivere la struttura;
- descrivere i materiali impiegati;
- citare la normativa di riferimento;
- descrivere e quantificare i carichi agenti sulle strutture;
- descrivere la metodologia di calcolo;
- indicare le verifiche geotecniche degli elementi di fondazione della struttura di progetto.

Per quanto riguarda l'analisi dei carichi, le combinazioni di carico, il modello di calcolo, la stima dei carichi provenienti dalla sovrastruttura si rimanda alla *Relazione strutturale*.

1.1. *RIFERIMENTI NORMATIVI*

I calcoli sono stati condotti in conformità con quanto disposto dalle seguenti normative:

- Legge 5 novembre 1971 n°1086 “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- Legge 2 febbraio 1974 n°64 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- D.M. 17 gennaio 2018 “Norme tecniche per le costruzioni” (G.U.29 d.d. 20 febbraio 2018 – suppl. ordinario n.8);
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.” (G.U.35 d.d. 11 febbraio 2019 – suppl. ordinario n.5).
- CNR-DT 207/2008 “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”;
- CNR 10011/1997 “costruzioni in acciaio – istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione”;
- UNI EN 1992-1-1:2005 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1992-2:2005 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”;
- UNI EN 1992-2:2005 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi”;
- UNI EN 1993-1-1:2005 “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1993-2:2007 “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti di acciaio”.

1.2. *METODO DI CALCOLO*

Le verifiche di sicurezza dell'opera sono condotte secondo il “metodo semiprobabilistico agli stati limite” in conformità al D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018).

1.3. SOFTWARE DA UTILIZZARE

I risultati dovranno essere ottenuti mediante una procedura di calcolo agli elementi finiti utilizzando software di comprovata affidabilità.

Il codice di calcolo impiegato dovrà rispecchiare le caratteristiche richieste dalla normativa (§10.2 *Norme tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018*):

- Grande diffusione del codice di calcolo sul mercato;
- Storia consolidata del codice di calcolo (svariati anni di utilizzo);
- Utilizzo delle versioni più aggiornate (dopo test);
- Pratica d'uso frequente in studio.

1.4. CARATTERISTICHE GENERALI

1.4.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I del D.M. 17/01/2018, per la struttura in esame si fa riferimento alla categoria 2 *Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari* per cui viene fissato $V_N \geq 50$ anni.

1.4.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso a seconda dell'importanza dell'opera.

La struttura in oggetto è adibita ad uso di civile abitazione e può essere quindi classificata in "**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* secondo quanto riportato al p.to 2.4.2 delle NTC 2018.

1.4.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N C_U = 50 \text{ anni} \cdot 1,0 = 50 \text{ anni}$$

2. MATERIALI UTILIZZATI

Salvo diversa indicazione sugli elaborati grafici, i materiali impiegati sono i seguenti:

2.1. STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

C32/40 – fondazioni, pile e impalcato

- Resistenza cubica caratteristica a 28 gg. $R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza cilindrica caratteristica $f_{ck} = 33,2 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media a trazione semplice $f_{ctm} = 3,10 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza caratteristica a trazione semplice $f_{ctk} = 2,17 \text{ N/mm}^2$

- Resistenza media a trazione per flessione $f_{cm} = 3,72 \text{ N/mm}^2$
- Tensione tangenziale di aderenza (barre ad. m.) in cond. buona ad. $f_{bk} = 4,88 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico $E_{cm} = 33.643 \text{ N/mm}^2$
- Tensione limite in esercizio per combinazione rara $\sigma_c < 0,60 \times f_{ck} = 19,92 \text{ N/mm}^2$
- Tensione limite in esercizio per combinazione q. perm. $\sigma_c < 0,45 \times f_{ck} = 14,94 \text{ N/mm}^2$

2.2. ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A.

Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450C

- Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione limite in esercizio per combinazione rara $\sigma_s < 0,80 \times f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$
- Modulo di elasticità $E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$

2.3. ACCIAIO DA CARPENTERIA COMPRESO ACCIAIO COR-TEN

Si assume un acciaio classificato (tab. 11.3.IX) avente le seguenti caratteristiche:

- Modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$;
- Coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$;
- Coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$;
- Densità $\rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$;
- Resistenza caratteristica di snervamento $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$;
- Resistenza caratteristica di rottura $f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I dati del terreno sono estrapolati dalla Relazione geologica realizzata dal Dott. Geol. Umberto Stefanel.

Viene proposta una caratterizzazione geotecnica di massima e cautelativa per le tipologie di depositi individuate dalla cartografia geologica di progetto ed interessate a vario titolo dagli interventi in progetto, demandando ad approfondimenti litostratigrafici e/o geotecnici puntuali per la realizzazione delle opere.

Per gli interventi con implicazioni di carattere geotecnico sono stati individuati dei parametri geotecnici su base bibliografica.

Si sono stabiliti i seguenti parametri geotecnici medi cautelativi per ciascun intervento:

3.1. PASSERELLA IN AFFIANCAMENTO A SS14 IN DUINO-AURISINA

Per l'attraversamento del canale lungo la S.S. n° 14 "della Venezia Giulia" in Comune di Duino Aurisina (TS) è prevista la realizzazione di una passerella in affiancamento (L=20 metri).

Litologia: Nell' area affiorano calcari stratificati e compatti della "Formazione dei Calcari di Aurisina" e della "Formazione dei Calcari di Monrupino" (del Cenomaniano medio-sup.), con strati immergenti verso Sud-Ovest.

Sono presenti, a ricoprire il basamento calcareo, terreni di varia natura ("Unità dei depositi ubiquitari" – Pleistocene Sup. – Attuale), infrigiditi di acqua per la presenza del complesso di sorgenti carsiche del Timavo.

Idrogeologia: Nella zona sono presenti numerose sorgenti carsiche legate al sistema ipogeo del Timavo; le acque vengono

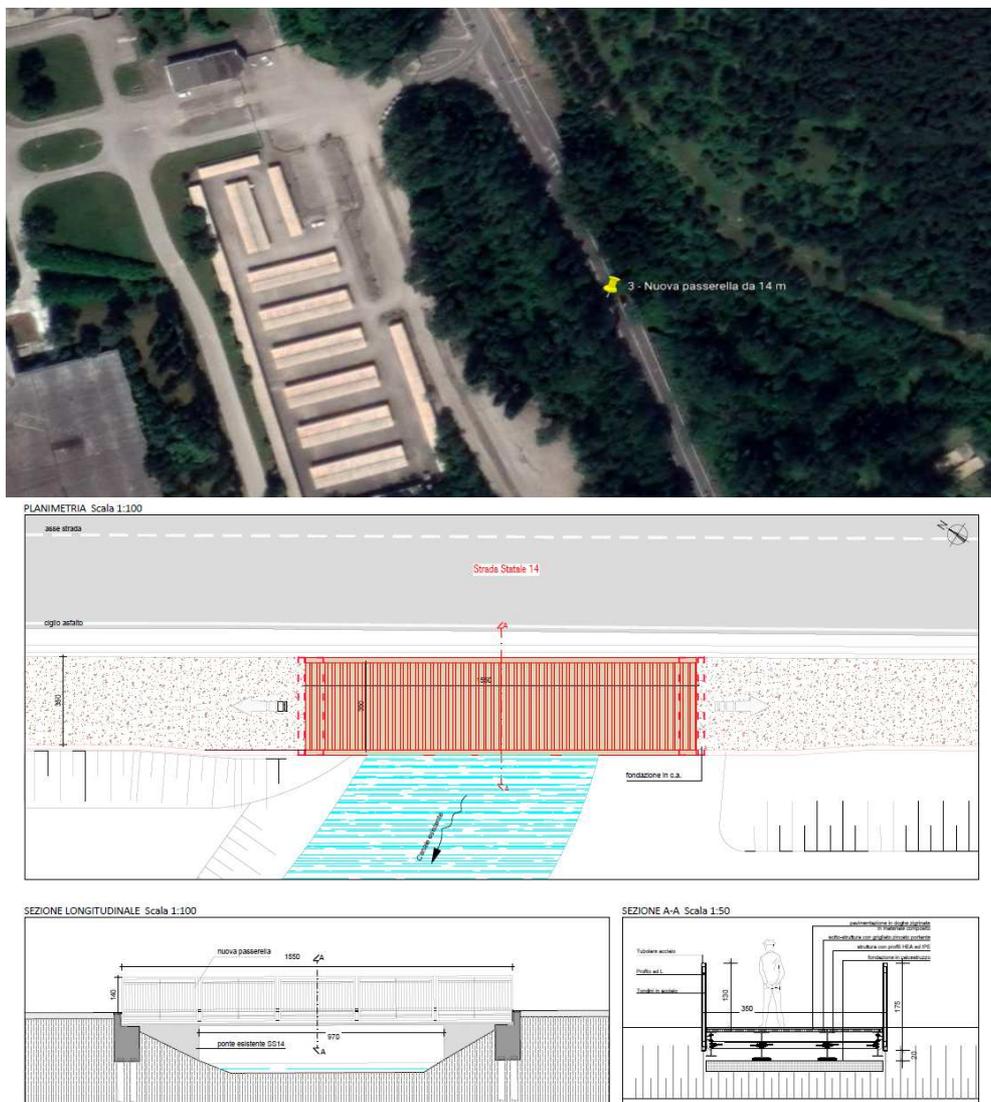
a giorno anche in corrispondenza dei terreni sciolti a contatto con l'ammasso roccioso fratturato e molto trasmissivo per carsismo.

Categoria di Suolo: In considerazione dell'affioramento di un ammasso roccioso calcareo, con Vs generalmente superiori a 800-1000 m/s con copertura di terreni soffici (sabbie e limi prevalenti), si può includere il sito nella Categoria di **Suolo E** (Approccio semplificato e cautelativo).

Categoria Topografica: T1.

Indagini geognostiche, geotecniche e sismiche da effettuare per il Progetto Esecutivo: Si ritengono necessarie le seguenti indagini geognostiche minime:

1. n° 2 sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT in avanzamento (n° 1 sondaggio per spalla) sino ad intercettare il basamento roccioso calcareo integro su cui impostare le fondazioni.
2. Eventuale indagine sismica per definizione Vs30.



Verifiche da effettuare per il Progetto Esecutivo

- Verifica della stabilità interna: metodo geometrico (Eulero)
- Verifica della capacità portante della sezione associata
- Verifica fondazioni speciali

3.2. PASSERELLA SU FIUME MOSCHENIZZA IN DUINO-AURISINA E MONFALCONE

Per l'attraversamento del Canale Moschenizza lungo la S.S. n° 14 "della Venezia Giulia" in Comune di Duino Aurisina (TS) e Monfalcone (GO) è prevista la realizzazione di una passerella in affiancamento (L=28 metri).

Litologia: Nell' area affiorano calcari stratificati e compatti della "Formazione dei Calcari di Aurisina" (al centro dalla Piana del Lisert) e della "Formazione dei Calcari di Monrupino" (del Cenomaniano medio-sup.), con strati immergenti verso Sud-Ovest.

Sono presenti, a ricoprire il basamento calcareo, terreni di varia natura ("Unità dei depositi ubiquitari" – Pleistocene Sup. – Attuale), per lo più argilloso limosi di origine marina, con banchi ghiaiosi di pertinenza dell'Isonzo.

Da dati stratigrafici in possesso la profondità del basamento calcareo si dovrebbe aggirare in 10-15 metri circa.

Sono presenti, a ricoprire il basamento calcareo, terreni di varia natura ("Unità dei depositi ubiquitari" – Pleistocene Sup. – Attuale), infrigiditi di acqua per la presenza del complesso di sorgenti carsiche del Timavo.

Idrogeologia: Nella zona sono presenti numerose sorgenti carsiche legate al sistema ipogeo del Timavo; è presente una falda acquifera superficiale direttamente collegata alle escursioni di marea e al regime idrologico del Timavo.

Categoria di Suolo: In considerazione dell'affioramento di un ammasso roccioso calcareo, con Vs generalmente superiori a 800-1000 m/s con copertura di terreni soffici (sabbie e limi prevalenti), si può includere il sito nella Categoria di **Suolo E** (Approccio semplificato e cautelativo).

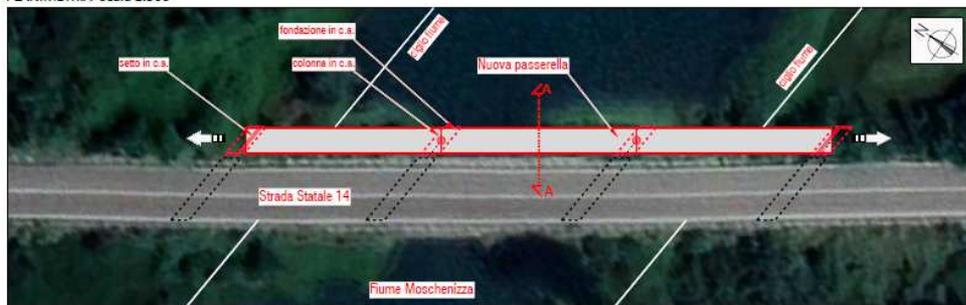
Categoria Topografica: T1.

Indagini geognostiche, geotecniche e sismiche da effettuare per il Progetto Esecutivo: Si ritengono necessarie le seguenti indagini geognostiche minime:

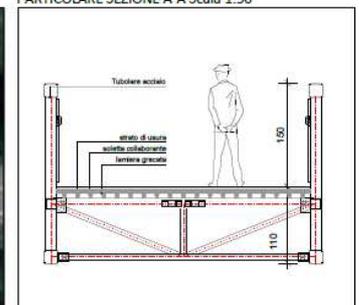
1. n° 2 sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT in avanzamento (n° 1 sondaggio per spalla) sino ad intercettare il basamento roccioso calcareo integro su cui impostare le fondazioni.
2. Eventuale indagine sismica per definizione Vs30.



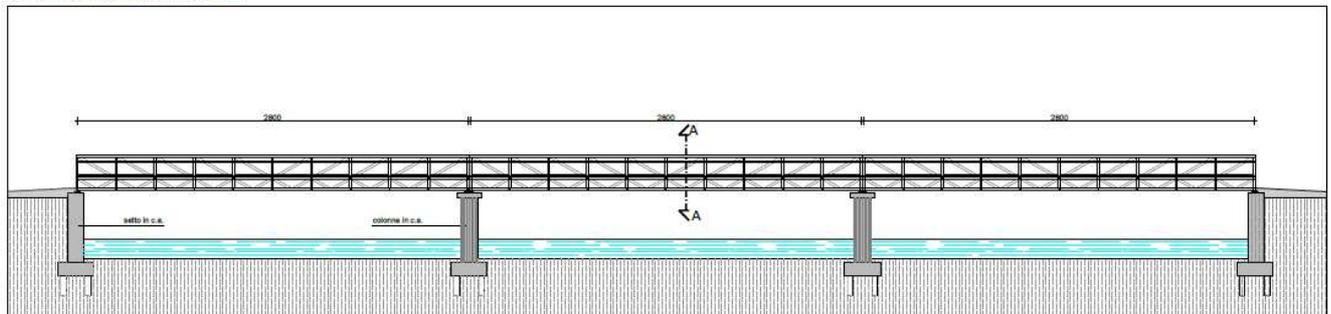
PLANIMETRIA Scala 1:500



PARTICOLARE SEZIONE A-A Scala 1:50



SEZIONE LONGITUDINALE Scala 1:250



Verifiche da effettuare per il Progetto Esecutivo

- Verifica della stabilità interna: metodo geometrico (Eulero)
- Verifica della capacità portante della sezione associata
- Verifica fondazioni speciali

3.3. PASSERELLA SUL CANALE DEI TAVOLONI IN MONFALCONE

Per l'attraversamento del Canale Tavoloni in Comune di Monfalcone (GO) è prevista la realizzazione di una passerella in affiancamento (L=43 metri).

Litologia: Ad Est affiorano calcari stratificati e compatti della "Formazione di Monrupino" (del Cenomaniano medio-sup.), con

strati immergenti verso Sud-Ovest.

Sono presenti, a ricoprire il basamento calcareo, terreni di varia natura ("Unità dei depositi ubiquitari" – Pleistocene Sup. – Attuale), per lo più argilloso limosi di origine marina, con banchi ghiaiosi di pertinenza dell'Isonzo.

Un sondaggio a carotaggio continuo eseguito dallo scrivente poco più a Nord del sito ha fornito la seguente successione dei terreni:

Profondità:	Descrizione Terreni:
0.0 – 1.0 metri:	Terreno di riporto.
1.0 – 6.0 metri:	Sabbia con limo e torba.
6.0 – 9.0 metri:	Limo e argilla con resti vegetali.
9.0 – 12.7 metri:	Sabbia fina con limo e resti vegetali.
12.7 – 14.1 metri:	Argilla limosa color grigio con torba e resti di conchiglie.
14.1 – 23.4 metri:	Ghiaia con sabbia.
23.4 – 29.3 metri:	Argilla grigio azzurra con resti vegetali e organici.
29.3 – 45.0 metri:	Calcere fratturato.

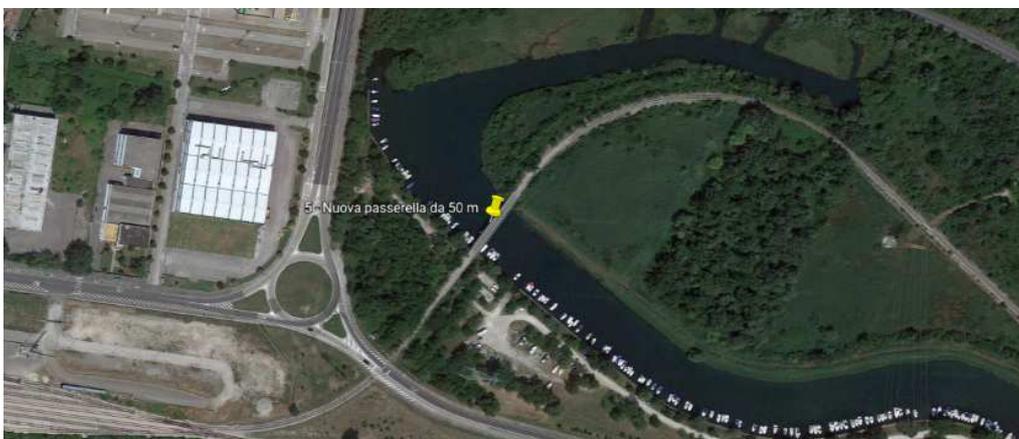
Idrogeologia: Nella zona è presente una falda superficiale, salmastra, legata alle escursioni di marea.

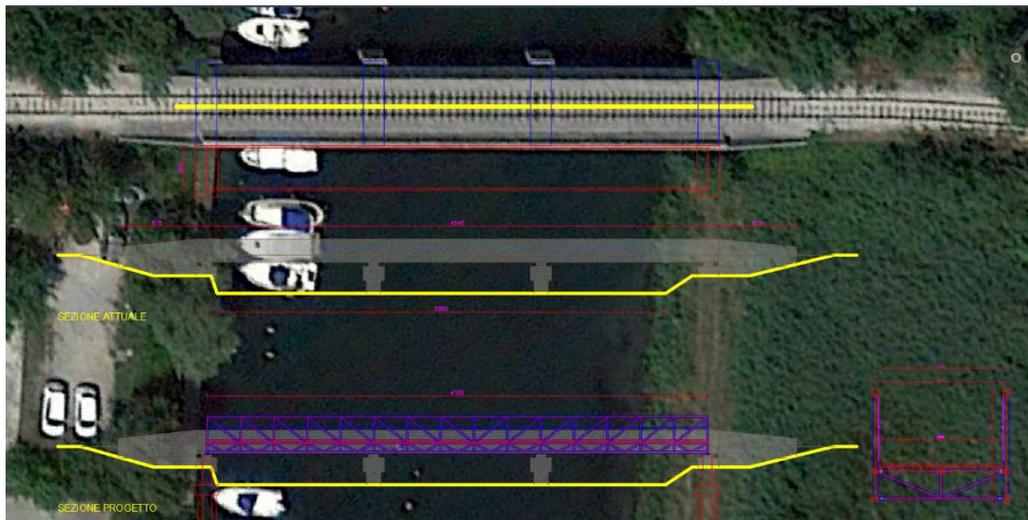
Categoria di Suolo: In considerazione della presenza di un ammasso roccioso calcareo, con Vs generalmente superiori a 800-1000 m/s con copertura di terreni soffici (sabbie e limi prevalenti), si può includere il sito nella Categoria di **Suolo E** (Approccio semplificato e cautelativo).

Categoria Topografica: T1.

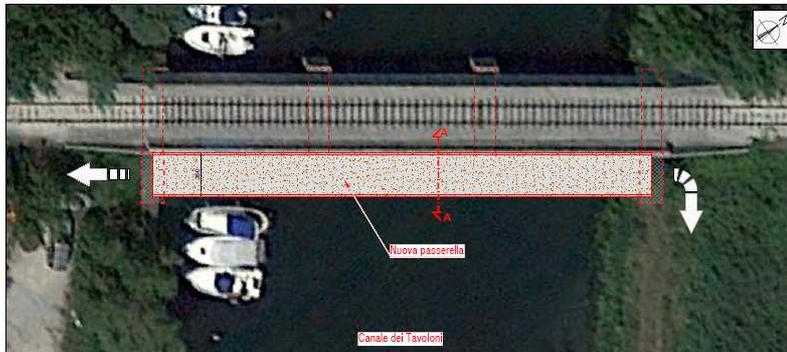
Indagini geognostiche, geotecniche e sismiche da effettuare per il Progetto Esecutivo: Si ritengono necessarie le seguenti indagini geognostiche minime:

1. n° 2 sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT in avanzamento (n° 1 sondaggio per spalla) sino ad intercettare il banco ghiaioso addensato e/o il basamento roccioso calcareo integro su cui impostare le fondazioni.
2. Eventuale indagine sismica per definizione Vs30.

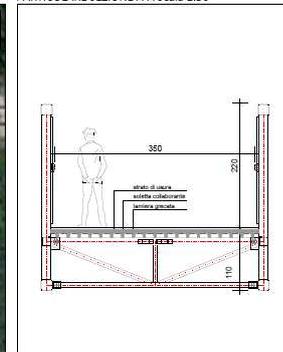




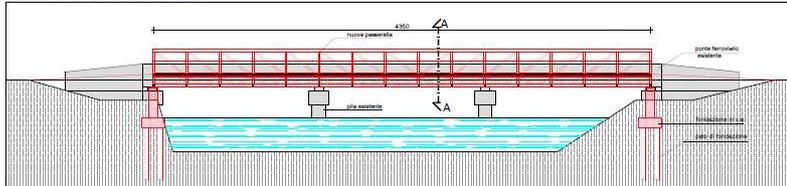
PLANIMETRIA Scala 1:250



PARTICOLARE SEZIONE A-A Scala 1:50



SEZIONE LONGITUDINALE Scala 1:250



Verifiche da effettuare per il Progetto Esecutivo

- Verifica della stabilità interna: metodo geometrico (Eulero)
- Verifica della capacità portante della sezione associata
- Verifica del palo a compressione

3.4. PASSERELLA SUL FIUME ISONZO IN SAN CANZIAN D'ISONZO

Per l'attraversamento del Fiume Isonzo in Comune di San Canzian d' Isonzo (GO) è prevista la realizzazione di una passerella (L=400 metri).

Litologia: Nell' area è presente la "Sub-Unità di Monastero" (IV Secolo D.C. – Attuale) GRA2 costituita da alluvioni ghiaioso sabbiose e sabbioso limose dell'Isonzo.

Nel sottosuolo prevalgono alluvioni sabbiose e sabbiose ghiaiose con livelli e lenti limoso argillose; l'assetto litostratigrafico di tale porzione di Bassa Pianura alluvionale dell'Isonzo risulta assai variabile sia verticalmente che orizzontalmente per la presenza di livelli a varia associazione granulometrica che si sostituiscono e sovrappongono.

Idrogeologia: Nella zona è presente una falda superficiale; in profondità sono presenti acquiferi artesiani.

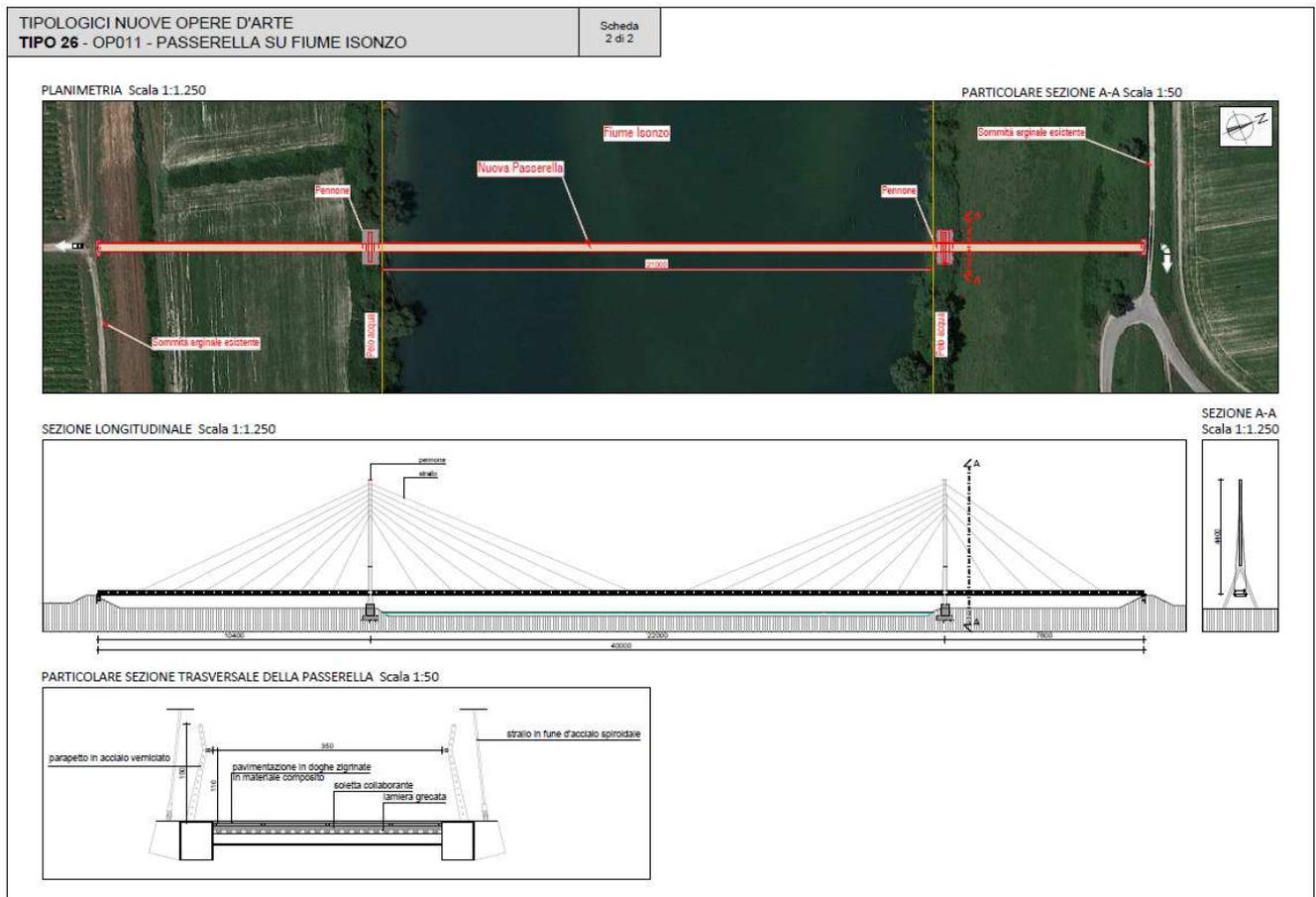
Categoria di Suolo: La prevalenza di terreni fini sabbioso limosi e livelli ghiaiosi sciolti permette, in prima analisi, di classificare il sito nella Categoria di **Suolo C**.

Categoria Topografica: T1.

Indagini geognostiche, geotecniche e sismiche da effettuare per il Progetto Esecutivo: Si ritengono necessarie le seguenti indagini geognostiche minime:

1. n° 2 sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT in avanzamento (n° 1 sondaggio per spalla) sino a 25-30 metri.
2. Eventuale indagine sismica per definizione Vs30.3





Verifiche da effettuare per il Progetto Esecutivo

- Verifica della stabilità interna: metodo geometrico (Eulero)
- Verifica della capacità portante della sezione associata
- Verifica del palo a compressione

4. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state effettuate nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica le principali indicazioni geotecniche per i "Lavori della ciclovia turistica Trieste – Lignano Sabbiadoro – Venezia (denominata a fini promozionali ciclovia delle lagune) per la parte ricadente nel territorio della regione autonoma Friuli Venezia Giulia. Sono stati descritti i materiali impiegati, citata la normativa di riferimento per il calcolo, fornita una indicazione sulle fondazioni da impiegare e sulle verifiche da effettuare nelle successive fasi della progettazione.

Trento, agosto 2021

il Progettista Geotecnico
Dott. Ing. Antonio Licini