

PROGETTO ESECUTIVO

OPERE DI CONTENIMENTO DEI LIVELLI DI PIENA IN SPONDA SINISTRA DEL FIUME ADDA IN COMUNE DI LODI (LO)

II FASE DI INTERVENTO FUNZIONALE

CIG - 82254808D2
CUP - B13H19000480002

DICEMBRE 2022

Studio HYDRA s.r.l.

Via Fermi 20 - 20057 ASSAGO (MI)
tel: (02) 23185801 - e-mail: studiohydrasrl@studiohydra.it

I PROGETTISTI:

Dott. Ing. SILVIO ROSSETTI
Dott. Ing. ALESSANDRA BERTOGLIO

REDAZIONE	Veronica Cornalba	Aspetti strutturali:	Aspetti ambientali e catastali:
VERIFICA	Laerte Roselli	 STUDIO MALERBA STUDIO DI INGEGNERIA viale Abruzzi, 17 - 20131 MILANO - tel: (02) 29526561 fax: (02) 29526561 - e-mail: mail@studiomalerba.net	GEOLAMBDA Engineering S.r.l. Sede operativa: via A. Diaz, 22 - 26845 Codogno (LO) tel: (+39) 0377.433021 fax (+39) 0377.402035 www.geolambda.eu - pec: geolambda@geolambda.viapec.it e-mail: laura.pezzoni@geolambda.it
APPROVAZIONE	Silvio Rossetti	Prof. Ing. PIER GIORGIO MALERBA	Dott. Ing. LAURA PEZZONI

REVISIONI	N.	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
	1					
	2					
	3					

TITOLO:

RELAZIONE SULLA GESTIONE DELLE MATERIE

ELABORATO:

FASE

PE

TIPO

RGM

COMMESSA

250-06

NUMERO

A.04.02

REV

00

INDICE

1. PREMESSA	1
2. DESCRIZIONE SINTETICA DELLE OPERE IN PROGETTO	2
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
4. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO	9
5. CARATTERISTICHE DELLE MATERIE PRESENTI NEL SOTTOSUOLO	10
6. GESTIONE DELLE MATERIE	15

RELAZIONE SULLA GESTIONE DELLE MATERIE

1. PREMESSA

Il presente Progetto Esecutivo ha per oggetto la realizzazione di una campata aggiuntiva in sinistra idraulica dell'esistente Ponte Storico di Lodi, finalizzata all'incremento del deflusso idrico attraverso il ponte. L'intervento, assieme all'arginatura in sponda sinistra a valle del Ponte Storico (PE redatto dagli scriventi Professionisti nel novembre 2020 ed interventi appaltati da AIPO ed attualmente in fase di avanzata realizzazione) e alla riattivazione di un vecchio ramo secondario del fiume Adda in sinistra idraulica, appena a monte del Ponte Storico, con l'asportazione del materiale accumulatosi nei decenni (PE in avanzata fase di redazione da parte degli scriventi Professionisti), è necessario per completare il Quadro generale degli interventi individuati per la salvaguardia del territorio comunale di Lodi.

Nella presente relazione, dopo una breve descrizione dei principali interventi previsti, sono esposte le modalità di gestione e di smaltimento, nonché i siti di recapito delle materie risultanti dalle operazioni di scavo e di demolizione previste dal progetto, che verranno eseguite in conformità a quanto previsto dalle normative vigenti. Inoltre vengono individuati possibili siti per l'approvvigionamento dei materiali per la realizzazione del corazzamento del fondo e delle sponde del f. Adda e per il sottofondo stradale.

2. DESCRIZIONE SINTETICA DELLE OPERE IN PROGETTO

Attualmente, le condizioni di deflusso attraverso il Ponte Storico di Lodi sono tali da sollecitare molto più pesantemente le campate in destra idraulica, mentre quelle in sinistra contribuiscono solo in maniera molto parziale allo scorrimento della corrente.

Il Ponte Storico di Lodi, infatti, è ubicato subito a valle di un'importante curva verso sinistra del fiume Adda; per questa ragione, la dinamica di deflusso è tale per cui, nel tratto di fiume posto a cavallo del Ponte Storico, la corrente si concentra principalmente in destra idraulica.

Inoltre, tale caratteristica di deflusso si è accentuata dopo la costruzione, a metà degli anni '80 del secolo scorso, della briglia fluviale circa 150 m a valle del Ponte Storico, resasi necessaria allo scopo di stabilizzare il fondo alveo nella zona del ponte ed impedire che l'effetto dell'erosione regressiva innescata dalla rotta del "Casellario", con il salto del meandro di "Soltarico", si propagasse fino a minare le fondazioni delle pile.

La presenza della briglia ha comportato un significativo rallentamento della corrente nella zona del ponte, con l'instaurarsi di condizioni favorevoli al sovralluvionamento in sponda sinistra (sponda interna), che, negli anni, ha portato al progressivo interrimento della porzione sinistra dell'alveo posta immediatamente a monte del ponte.

Allo scopo di equilibrare il deflusso idraulico attraverso il Ponte Storico, incrementando l'efficacia delle pile in sinistra idraulica, attualmente poco influenti, il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica del gennaio 2018 ha previsto la realizzazione delle seguenti due opere:

- a) Una campata aggiuntiva in sinistra idraulica del Ponte Storico, oggetto del presente Progetto Esecutivo delle opere di II Fase di intervento funzionale, finalizzata all'incremento della capacità di deflusso attraverso il ponte;
- b) La riattivazione del preesistente ramo fluviale secondario a monte del Ponte Storico, finalizzata al miglioramento dell'alimentazione delle campate in sinistra dello stesso ponte, oggetto del Progetto Esecutivo delle opere di III Fase di intervento funzionale, in corso di avanzata predisposizione da parte dei sottoscritti Professionisti per conto di AIPO.

Al fine di incrementare il deflusso idraulico attraverso il ponte ed, in particolare, attraverso le pile in sinistra idraulica, attualmente poco efficaci, il presente Progetto Esecutivo prevede la realizzazione di una campata aggiuntiva in sinistra; tale nuova campata è costituita da uno scatolare in c.a. realizzato oltre l'attuale spalla in muratura del Ponte Storico, in analogia a

quanto già fatto in passato in destra idraulica per conferire continuità al Lungo fiume tra le zone di monte e di valle rispetto al ponte.

Per massimizzare la luce netta della campata aggiuntiva, ed ottenere così la massima sezione idraulica possibile, lo scatolare è realizzato con una parziale demolizione del corpo in muratura della spalla esistente.

Lo scatolare ha larghezza interna netta pari a 8,16 m, è impostato a quota +61,60 m s.l.m. e presenta muri di spessore variabile per irrigidire la struttura in corrispondenza dei nodi tra pareti verticali e solette orizzontali.

La sezione trasversale dell'intervento in corrispondenza del Ponte è rappresentata nella tavola grafica D.05.04 allegata al presente Progetto, uno stralcio della quale è riportato in Fig. 2.1.

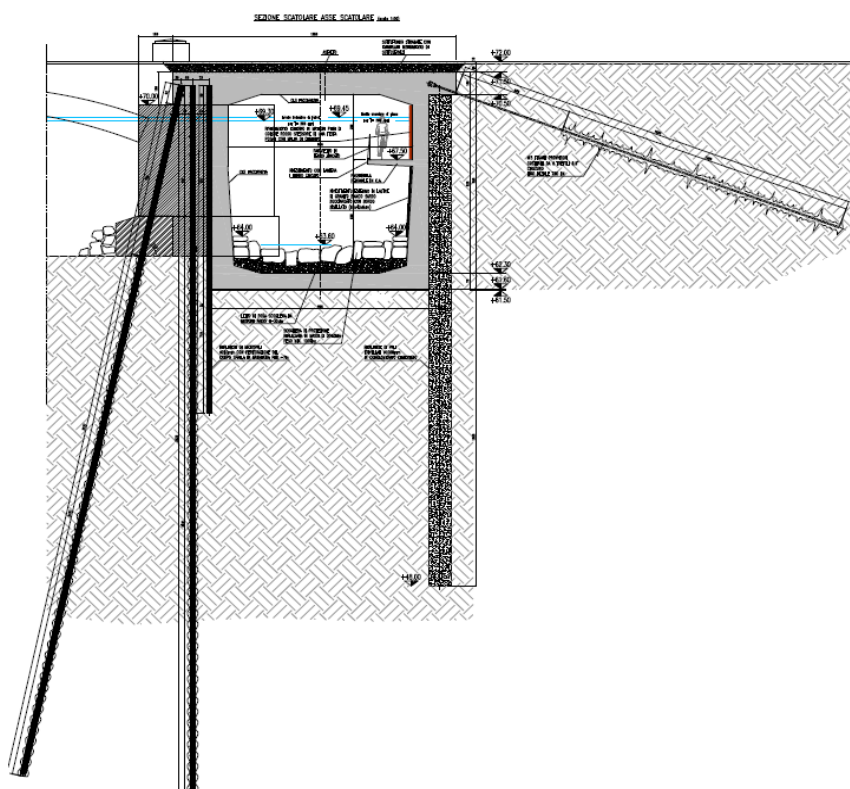


Fig. 2.1: Schema costruttivo nuova campata in sponda sinistra del Ponte Storico

La prima attività prevista consiste nella realizzazione di n.2 ordini di micropali di fondazione ad elevata capacità portante, verticali ed inclinati (n.1 ordine di pali verticali posti ad interasse 125 cm; n.1 ordine di pali inclinati di 22,5° sulla verticale posti ad interasse 125 cm), nella parte anteriore (lato fiume) del corpo della spalla, con diametro di perforazione ϕ 240 mm e lunghezza pari a 32,40 m. Tale intervento è finalizzato a garantire la stabilità verticale della parte rimanente della spalla una volta avvenuta la demolizione della parte posteriore per

permettere la costruzione dello scatolare.

Successivamente, prima di effettuare qualsiasi attività di scavo, per alterare il meno possibile lo stato tensionale del Ponte Storico, è prevista la realizzazione, lato terrapieno, di una berlinese di pali di grande diametro (100 cm) accostati, debitamente ancorata in sommità al terrapieno stesso mediante un ordine di n.5 tiranti provvisori, nonché di un'ulteriore berlinese di micropali verticali accostati di diametro pari a 240 mm e lunghezza 15,00 m nel corpo della spalla attuale ed, infine, il getto del solettone di sommità dello scatolare: le berlinesi di pali di piccolo diametro risultano quindi collegate in sommità tra loro attraverso il solettone, mentre la berlinese di pali di grosso diametro risulta ancorata nel terrapieno retrostante attraverso i tiranti. Solo a questo unto è previsto di procedere con la demolizione parziale del corpo in muratura della spalla e con lo scavo, protetto lungo i lati dalle due berlinesi ed effettuato al di sotto del solettone di sommità (lo scavo si configura quindi come una sorta di scavo in galleria).

Successivamente si procederà con la demolizione parziale del corpo in muratura della spalla e con lo scavo, protetto lungo i lati dalle due berlinesi ed effettuato al di sotto del solettone di sommità (lo scavo si configura quindi come uno scavo in galleria). Le attività di scavo e demolizione prevedono la messa in opera di un sistema di sbadacchi provvisori in acciaio, che mettono in contrasto tra loro le due berlinesi.

Al termine delle attività di scavo è previsto di eseguire i getti del solettone di base e dei muri laterali realizzati a contatto con le berlinesi per completare la struttura dello scatolare in c.a..

All'interno dello scatolare, lato terrapieno, è prevista la presenza di una passerella pedonale in c.a. a sbalzo che prosegue il percorso della passerella già realizzata sul muro d'argine a monte del Ponte Storico a quota +67.50 m s.l.m.; le finiture del muro lato terrapieno riprendono quelle del muro d'argine a monte: mattoni pieni rossi paramano nella porzione posta al di sopra della passerella, lastre di granito (tipo bianco sardo) nella porzione sottostante. Le restanti superfici dello scatolare, invece, sono previste in calcestruzzo a vista.

A valle dello scatolare, per permettere il raccordo delle nuove opere con la sponda esistente, è prevista una berlinese di pali di diametro pari a 100 cm, di lunghezza pari a circa 45 m, di altezza variabile, che segue il profilo altimetrico della scarpata esistente e si raccorda al terreno a valle (Fig. 2.2).

Per il primo tratto di 15 m di lunghezza a valle dello scatolare la berlinese è sormontata da un muro di sostegno in c.a. nel quale si innesta la passerella in c.a. a sbalzo a quota +67.50 m s.l.m., che continua il percorso pedonale proveniente dal ponte; al degradare del terreno, il muro si riduce in altezza da 4.0 m fino a raccordarsi con il cordolo stesso della berlinese.

Lato fiume, al piede della berlinese, è previsto il corazzamento di protezione del fondo alveo in massi ciclopici di pietrame. Anche lungo lo sviluppo della berlinese di valle le finiture prevedono mattoni pieni rossi paramano al di sopra della passerella pedonale e lastre di granito (tipo bianco sardo) al di sotto (Fig. 2.3).

Perpendicolarmente alla berlinese di pali di grande diametro, ai lati di monte e di valle del terrapieno che costituisce la sede stradale di accesso al ponte, è prevista la realizzazione, quali opere provvisionali, di N.2 berlinesi di micropali (diametro 240 mm) di lunghezza pari a 5,5 m

ciascuna per il sostegno del terreno nelle varie fasi di scavo in prossimità dello scatolare.

Nel presente Progetto, infine, sono previste opere di riqualificazione naturalistica e ambientale, costituite dalla messa a dimora di elementi vegetali arbustivi in corrispondenza dell'area posta a tergo del nuovo muro di sostegno a valle della nuova campata, in configurazione libera, delle essenze indicate dal Parco Adda Sud e riportate nel Capitolato Speciale d'Appalto allegato al presente Progetto.

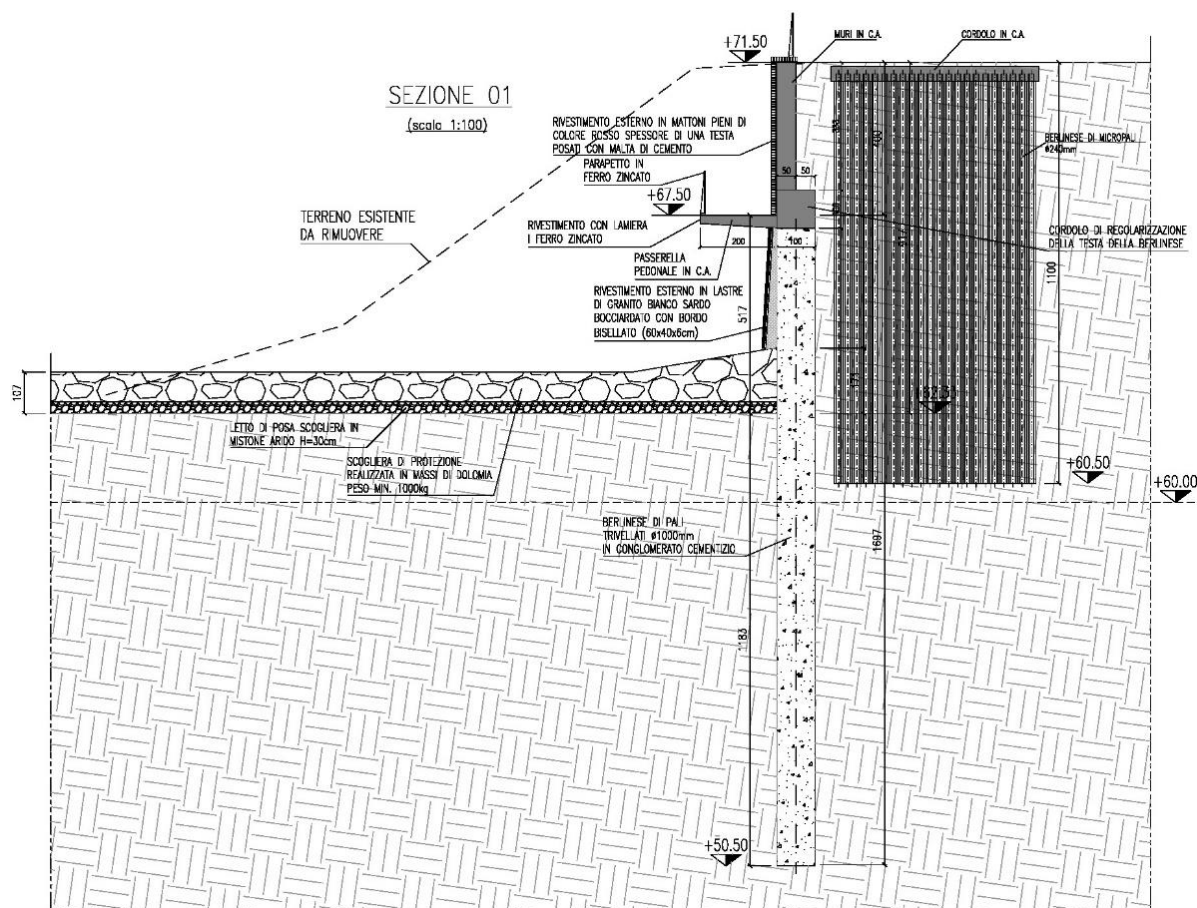


Fig. 2.3: Sezione trasversale tipo degli interventi a valle del Ponte Storico

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito sono riportate le principali normative, succedutesi nel tempo, inerenti la gestione dei rifiuti, la movimentazione ed il possibile riuso del materiale proveniente dalle operazioni di scavo:

- D.Lgs. n. 22 del 05/02/1997 e s.m.i. (decreto Ronchi) – *“Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio”*;
- D.M. n. 471 del 25/10/1999 – *“Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell’art. 17 del D.Lgs. 05/02/1997 n. 22, e successive modificazioni ed integrazioni”*;
- L. n. 443 del 21/12/2001 (Legge Lunardi – Legge obiettivo) – *“Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive”*;
- L. n. 306 del 31/10/2003 (legge comunitaria 2003) – *“Disposizioni per gli adempimenti degli obblighi derivanti dall’appartenenza dell’Italia alla Comunità europea”* A.P.A.T. – *“Indirizzi guida per la gestione delle terre e rocce da scavo”* maggio 2005 Conferenza Provinciale per la gestione dei rifiuti – verbale della seduta del 27/09/2005;
- D.Lgs. n. 152 del 03/04/2006 e s.m.i. – *“Norme in materia ambientale”* e, in particolare, la Parte IV, relativa alla gestione dei rifiuti;
- D.M. 02/05/2006 – *“Semplificazione delle procedure amministrative relative alle rocce e terre da scavo provenienti da cantieri di piccole dimensioni la cui produzione non superi i 6.000 mc di materiale, ai sensi dell’art.266, comma 7, del Decreto Legislativo 3/4/2006 n.152”*;
- D.M. n. 107 del 10/05/2006 – *“Criteri, procedure e modalità per il campionamento e l’analisi delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’art. 186, comma 3, del D.Lgs.3.4.06 n. 152”*;
- Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che disciplina le attività di gestione delle terre e rocce da scavo;
- D.M. n. 161 del 10/08/2012 – *“Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo”*;
- L. n. 164 dell’11/11/2014 – *“Conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 11 settembre 2014, n. 133, Misure urgenti per l’apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la semplificazione burocratica, l’emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive”*. In particolare per il caso specifico l’Articolo 8;

- **D.P.R. n. 120 del 13/06/2017** – *“Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del Decreto Legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”*, che, dalla sua data di entrata in vigore (22 agosto 2017), ha abrogato:
 - ✓ il D.M. dell'ambiente e della tutela e del territorio e del mare 10 agosto 2012, n. 161;
 - ✓ l'articolo 184-bis, comma 2-bis, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152;
 - ✓ gli articoli 41, comma 2 e 41-bis del Decreto Legge 21 giugno 2013, n. 69, convertito, con modificazioni, dalla Legge 9 agosto 2013, n. 98.

4. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

Le opere previste dal presente Progetto, sinteticamente descritte al precedente capitolo 2, sono ubicate nella zona settentrionale del comune di Lodi, in sponda sinistra idrografica del fiume Adda, in corrispondenza della zona di raccordo tra il Ponte Storico e via F. Cavallotti, in ambito urbanizzato (Fig. 4.1).

La zona è accessibile, provenendo dall'esterno:

- dalla S.P. 235 – direzione Crema;
- dalla S.P. 25 – direzione Boffalora d'Adda;
- dalla tangenziale di Lodi.

Provenendo dall'interno della città, la zona è raggiungibile percorrendo il Ponte Storico e via F. Cavallotti.



Fig. 4.1: Foto aerea dell'abitato di Lodi con l'indicazione dell'area in esame

5. CARATTERISTICHE DELLE MATERIE PRESENTI NEL SOTTOSUOLO

Nel seguente paragrafo sono brevemente descritte le caratteristiche del materiale in situ, deducibili dallo studio della componente geologica idrogeologica e sismica allegato al Piano di Governo del Territorio del comune di Lodi, dagli studi geologici-geotecnici effettuati negli anni scorsi a supporto della progettazione degli interventi di difesa idraulica del comune, dai risultati delle indagini effettuate nell'ambito della presente progettazione e dettagliatamente descritte nella *Relazione geologica, geotecnica e sismica*, redatta dalla Società Vicenzetto S.r.l., a firma del Dott. Geol. Luca Donato Piazza e del Dott. Geol. Andrea Luca Zagato, allegata al presente Progetto (Elaborato A.02.02).

In estrema sintesi: l'area del territorio comunale è caratterizzata dall'affioramento di depositi fluvio-glaciali ed alluvionali di età compresa tra il Pleistocene e l'Olocene; in particolare si tratta dei depositi ascrivibili al livello fondamentale della pianura (fgw) e alle alluvioni antiche (a1), recenti (a2) ed attuali (a3) del Fiume Adda.

Al di sotto delle formazioni continentali quaternarie sono presenti in profondità le più antiche formazioni marine, non affioranti nella Pianura Padana.

L'area in esame ricade all'interno delle alluvioni recenti a2.

Il territorio è dominato dalla presenza del fiume Adda, che, correndo da NO a SE per più di 7 km, divide in due il territorio comunale, e dalla presenza di un fitto reticolo idrico minore, che assolve ad una doppia funzione: irrigua e di colto.

L'assetto idrogeologico desunto, facendo riferimento alle stratigrafie dei pozzi idrici, mostra che il sottosuolo della città di Lodi può essere suddiviso in due litozone principali:

- Litozona sabbioso-ghiaiosa superficiale: si estende dalla superficie fino a profondità variabili da 40÷50 a 60 m; è costituita da ghiaie e sabbie prevalenti con locali e discontinue intercalazioni di terreni più fini (limi e argille) ed è sede di un acquifero omogeneo di tipo freatico. I depositi fini si trovano prevalentemente entro i primi 5÷8 m di profondità dal piano campagna;
- Litozona limoso sabbioso argillosa profonda: è caratterizzata da depositi a dominante argilloso-limosa, impermeabili o semipermeabili, con intercalazioni irregolari e discontinue di orizzonti sabbiosi e ghiaiosi. All'interno dei livelli porosi permeabili sono presenti falde di tipo confinato con potenzialità idrica variabile in funzione dell'estensione areale e dello spessore degli stessi. In questi ultimi decenni la suddetta litozona è sfruttata ad uso idropotabile.

Trascurando la litozona profonda, nella città di Lodi l'andamento e la soggiacenza della superficie freatica nella litozona superficiale sono direttamente influenzati dall'azione drenante del F.Adda e dalla morfologia. I due elementi dominanti che determinano l'assetto della superficie freatica sono infatti la convergenza verso l'asta fluviale e la direttrice regionale di flusso sotterraneo (in questo settore di pianura allineata da NNO a SSE), nonché la presenza di terrazzi fluviali. La soggiacenza varia infatti notevolmente da un settore morfologico all'altro a causa della differente quota delle zone e della distanza dalla scarpata.

Il territorio comunale ricade in zona sismica 3 (rischio basso) e l'area interessata dalle opere risulta a cavallo tra la classe di fattibilità geologica 3 (con consistenti limitazioni) e la classe 4 (con gravi limitazioni).

Come riportato in dettaglio nell'elaborato A.02.02, per la caratterizzazione dei terreni interessati dal progetto, sono state eseguite ulteriori indagini di approfondimento, qui di seguito sintetizzate:

- N.3 sondaggi verticali, eseguiti a carotaggio continuo, spinti sino a profondità di - 35,00 m da p.c;
- N. 24 prove penetrometriche dinamiche in foro tipo SPT;
- prelievo di N.24 campioni di terreno rimaneggiato di tipo geotecnico, da sottoporre a prove di caratterizzazione fisica e meccanica di laboratorio;
- prove geotecniche di laboratorio su campioni prelevati;
- N.1 prova sismica con metodo MASW;
- prelievo di N.3 campioni di terreno rimaneggiato, rispettivamente identificati con la sigla del sondaggio da cui sono stati prelevati, da sottoporre a test di cessione secondo DM 5/2/1998 e smi.

Nella foto aerea di Fig. 5.1 è riportata l'esatta ubicazione delle prove eseguite, nella quale: la posizione dei sondaggi è contrassegnata da cerchietto rosso e sigla (S1, S2, S3), mentre lo stendimento MASW è contrassegnato da linea continua rossa.

Nelle tabelle a seguire è riportata la sintesi dei parametri geotecnici desunti dai sondaggi eseguiti.

Con riferimento all'indagine geofisica, è stato possibile stimare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio (V_s), permettendo il calcolo del valore $V_{s,EQ}$, riferito ai primi 30 m a partire da p.c., che è risultato pari a 335 m/s; valore che consente di definire la **categoria del litotipo equivalente C**: *“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”.

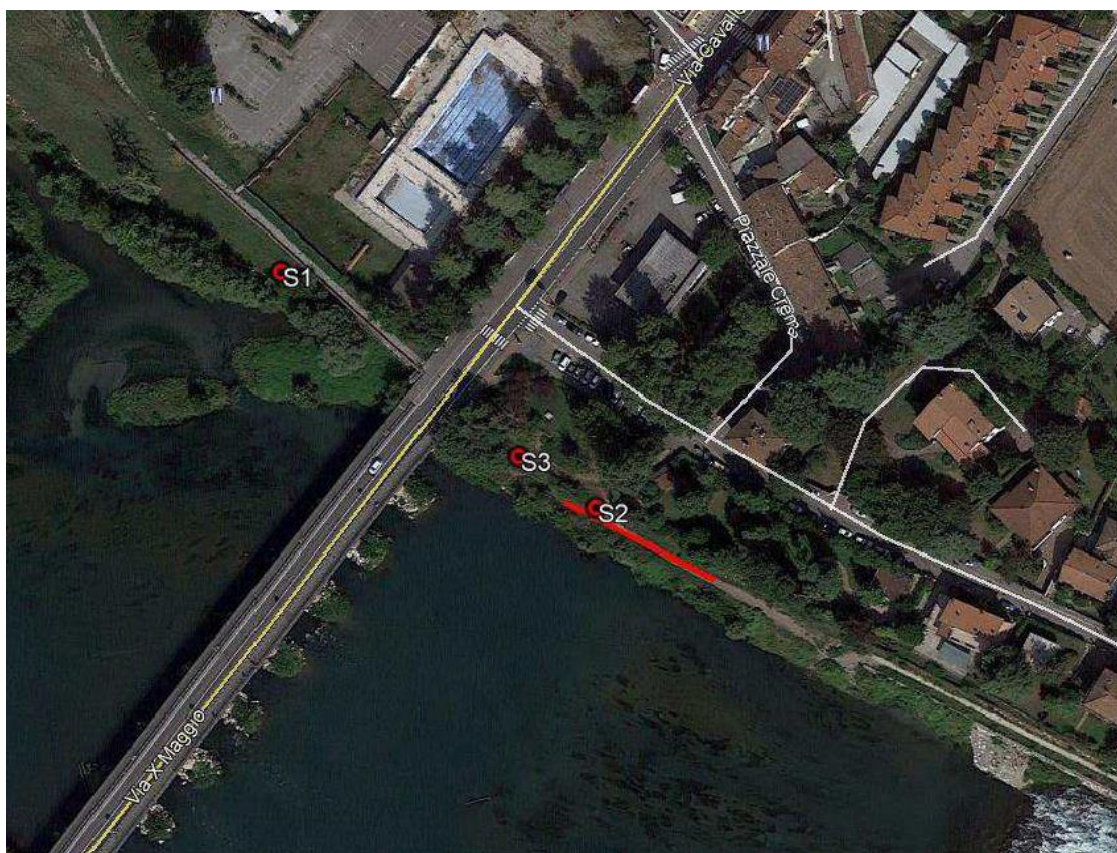


Fig. 5.1: Ubicazione prove geognostiche eseguite

PARAMETRI GEOTECNICI DA PROVE SPT - SONDAGGIO S1																		
Prova SPT	Profondità di prova (m da p.c.)	N _{SPT}	NATURA GRANULARE										NATURA COESIVA					
			Dr (%)		φ (°)			E' (kg/cm ²)		E _{25'} (kg/cm ²)			c _u (kg/cm ²)			E _u (kg/cm ²)		
			(1)	(2)	(1)	(2.1)	(2.2)	(1)	(2)	(1.1)	(1.2)	(2)	(1.1)	(2.1)	(2.2)	(2.3)	(1)	(2)
SPT 1	4.50+4.95	31	72	72	36.1	34.8	39.9	366	234	210	721	210	1.72	1.66	1.32	1.83	99	137
SPT 2	9.00+9.45	26	64	63	34.5	34.1	39.1	364	209	215	789	207	1.70	1.64	1.31	1.81	98	136
SPT 3	13.50+13.95	35	69	70	35.5	35.4	40.4	422	255	283	992	278	2.28	2.21	1.76	2.43	125	163
SPT 4	18.00+18.45	54	81	83	38.1	37.3	42.3	525	352	414	1304	430	3.52	3.40	2.71	3.76	184	211
SPT 5	22.50+22.95	53	77	81	37.1	37.2	42.2	520	347	414	1362	422	3.46	3.34	2.66	3.69	180	209
SPT 6	27.00+27.45	53	74	79	36.5	37.2	42.2	520	347	420	1417	422	3.46	3.34	2.66	3.69	180	209
SPT 7	31.50+31.95	53	71	78	36.0	37.2	42.2	520	347	424	1462	422	3.46	3.34	2.66	3.69	180	209
SPT 8	35.00+35.45	65	77	85	37.2	38.1	43.1	575	408	507	1661	517	4.24	4.10	3.27	4.52	217	236
Formulazioni utilizzate: -Dr: (1) Terzaghi & Peck (1967); (2) Yoshida & Kokusho (1988); -φ: (1) Peck, Hansaon & Thornburn (1974); (2.1) Meyerhof (1956) sabbie fini e sabbie limose; (2.2) Meyerhof (1956) sabbie medie e grossolane; -E': (1) Tornaghi et Al; (2) Bowles (1987); -E' _{25'} : (1.1) Jamiolkowsky (1988) sabbie normal consolidate; (1.2) Jamiolkowsky (1988) sabbie sovra consolidate; (2) Stroud (1989); -c _u : (1) Terzaghi & Peck (1948); (2.1) Sivrikay & Togol (2007) limi e argille limose; (2.2) Sivrikay & Togol (2007) argille bassa plasticità; (2.3) Sivrikay & Togol (2007) argille alta plasticità; -E _u : (1) Bowles (1987); (2) Kulhawy & Mayne (1990).																		

Tab. 5.1: Sintesi dei parametri geotecnici desunti dal sondaggio S1

PARAMETRI GEOTECNICI DA PROVE SPT - SONDAGGIO S2																		
Prova SPT	Profondità di prova (m da p.c.)	N _{SPT}	NATURA GRANULARE										NATURA COESIVA					
			Dr (%)		φ (°)			E' (kg/cm ²)		E _{25'} (kg/cm ²)			c _u (kg/cm ²)				E _u (kg/cm ²)	
			(1)	(2)	(1)	(2.1)	(2.2)	(1)	(2)	(1.1)	(1.2)	(2)	(1.1)	(2.1)	(2.2)	(2.3)	(1)	(2)
SPT 1	4.50+4.95	30	73	72	36.3	34.7	39.8	360	229	203	695	203	1.66	1.61	1.28	1.77	96	135
SPT 2	9.00+9.45	24	63	62	34.2	33.7	38.8	350	199	200	743	191	1.57	1.51	1.21	1.67	92	130
SPT 3	13.50+13.95	38	73	73	36.3	35.7	40.8	440	270	302	1025	302	2.48	2.39	1.91	2.64	135	171
SPT 4	18.00+18.45	47	76	78	37.1	36.7	41.7	489	316	368	1211	374	3.07	2.96	2.36	3.27	162	194
SPT 5	22.50+22.95	47	73	77	36.3	36.7	41.7	489	316	374	1271	374	3.07	2.96	2.36	3.27	162	194
SPT 6	27.00+27.45	43	67	72	35.0	36.3	41.3	468	296	351	1252	342	2.81	2.71	2.16	2.99	150	184
SPT 7	31.50+31.95	34	57	64	33.1	35.2	40.3	416	250	289	1102	270	2.22	2.14	1.71	2.36	122	160
SPT 8	35.00+35.45	39	60	67	33.6	35.8	40.9	446	275	328	1229	310	2.55	2.46	1.96	2.71	138	174
Formulazioni utilizzate:																		
-Dr: (1) Terzaghi & Peck (1967); (2) Yoshida & Kokusho (1988);																		
-φ: (1) Peck, Hansaon & Thornburn (1974); (2.1) Meyerhof (1956) sabbie fini e sabbie limose; (2.2) Meyerhof (1956) sabbie medie e grossolane;																		
-E': (1) Tornaghi et Al; (2) Bowles (1987);																		
-E' _{25'} : (1.1) Jamiolkowsky (1988) sabbie normal consolidate; (1.2) Jamiolkowsky (1988) sabbie sovra consolidate; (2) Stroud (1989);																		
-c _u : (1) Terzaghi & Peck (1948); (2.1) Sivrikay & Togol (2007) limi e argille limose; (2.2) Sivrikay & Togol (2007) argille bassa plasticità; (2.3) Sivrikay & Togol (2007) argille alta plasticità;																		
-E _u : (1) Bowles (1987); (2) Kulhawy & Mayne (1990).																		

Tab. 5.2: Sintesi dei parametri geotecnici desunti dal sondaggio S2

PARAMETRI GEOTECNICI DA PROVE SPT - SONDAGGIO S3																		
Prova SPT	Profondità di prova (m da p.c.)	N _{SPT}	NATURA GRANULARE										NATURA COESIVA					
			Dr (%)		φ (°)			E' (kg/cm ²)		E _{25'} (kg/cm ²)			c _u (kg/cm ²)				E _u (kg/cm ²)	
			(1)	(2)	(1)	(2.1)	(2.2)	(1)	(2)	(1.1)	(1.2)	(2)	(1.1)	(2.1)	(2.2)	(2.3)	(1)	(2)
SPT 1	3.00+3.45	11	47	47	30.9	30.3	35.5	218	133	83	339	74	0.61	0.59	0.47	0.65	47	74
SPT 2	6.00+6.45	24	66	64	34.8	33.7	38.8	341	199	189	688	181	1.49	1.44	1.15	1.59	88	126
SPT 3	9.00+9.45	30	70	68	35.7	34.7	39.8	391	229	243	859	239	1.96	1.89	1.51	2.09	110	149
SPT 4	12.00+12.45	36	73	72	36.3	35.5	40.5	428	260	287	980	286	2.35	2.27	1.81	2.50	128	166
SPT 5	15.00+15.45	31	64	66	34.5	34.8	39.9	397	234	256	928	247	2.02	1.95	1.56	2.16	113	151
SPT 6	18.00+18.45	48	77	79	37.3	36.8	41.8	495	321	374	1224	382	3.13	3.02	2.41	3.34	165	197
SPT 7	21.00+21.45	51	77	80	37.2	37.0	42.0	510	336	398	1304	406	3.33	3.21	2.56	3.55	174	204
SPT 8	24.00+24.45	48	72	77	36.2	36.8	41.8	495	321	382	1302	382	3.13	3.02	2.41	3.34	165	197
Formulazioni utilizzate:																		
-Dr: (1) Terzaghi & Peck (1967); (2) Yoshida & Kokusho (1988);																		
-φ: (1) Peck, Hansaon & Thornburn (1974); (2.1) Meyerhof (1956) sabbie fini e sabbie limose; (2.2) Meyerhof (1956) sabbie medie e grossolane;																		
-E': (1) Tornaghi et Al; (2) Bowles (1987);																		
-E' _{25'} : (1.1) Jamiolkowsky (1988) sabbie normal consolidate; (1.2) Jamiolkowsky (1988) sabbie sovra consolidate; (2) Stroud (1989);																		
-c _u : (1) Terzaghi & Peck (1948); (2.1) Sivrikay & Togol (2007) limi e argille limose; (2.2) Sivrikay & Togol (2007) argille bassa plasticità; (2.3) Sivrikay & Togol (2007) argille alta plasticità;																		
-E _u : (1) Bowles (1987); (2) Kulhawy & Mayne (1990).																		

Tab. 5.3: Sintesi dei parametri geotecnici desunti dal sondaggio S3

SINTESI PROVE LEFRANC						
Sondaggio	Prova	Tipologia	Tasca di prova (m da p.c.)	Conducibilità idraulica		Note
				(m/s)	(cm/s)	
S1	LFV-01	a carico variabile	3.50+4.00	6.80E-07	6.80E-05	-
	LFV-02	a carico variabile	6.50+7.00	7.80E-07	7.80E-05	-
	LFV-03	a carico variabile	9.50+10.00	6.10E-05	5.80E-03	-
S2	LFV-01	a carico variabile	3.50+4.00	5.80E-05	6.10E-03	-
	LFV-02	a carico variabile	6.50+7.00	1.20E-06	1.20E-04	-
	LFV-03	a carico variabile	9.50+10.00	1.30E-06	1.30E-04	-

Tab. 5.4: Sintesi dei risultati delle prove Lefranc

L'esito delle indagini, in relazione alle opere in progetto, conduce a concludere che le caratteristiche dell'area risultano compatibili con la destinazione d'uso prevista e con quanto in progetto.

A riscontro di precisa prescrizione di Conferenza dei Servizi, quale attività propedeutica alla progettazione esecutiva, l'Amministrazione committente ha commissionato l'esecuzione di una campagna di caratterizzazione chimica su campioni prelevati in sito.

Con tale campagna, condotta dalla Società *BEDUSCHI GEOTECNICA di Beduschi Giovanni e C. S.r.l.* di San Daniele Po (CR), sono stati eseguite le seguenti indagini nell'area golenale posta immediatamente a monte del Ponte Storico:

- N.5 sondaggi a carotaggio continuo verticale, con prelievo di N.3 campioni a differente profondità per ciascun punto di sondaggio (profondità di 1, 2 e 4,5 m), per un totale di N.15 campioni;
- N.4 sondaggi verticali con trivellazione manuale a motore, con prelievo di N.2 campioni a differente profondità per ciascun punto di sondaggio (profondità di 1, e 2,5 m), per un totale di N.8 campioni;
- Analisi chimiche su tutti i N.23 campioni prelevati.

In sintesi, dai risultati delle analisi emerge che:

- I limiti di cui al D.M. 1 marzo 2019, n.46 non vengono rispettati: per il parametro Zinco (limite 300 mg/kg), in 8 dei 23 campioni; per il parametro Piombo (limite 100 mg/kg), in 1 dei 23 campioni; per il parametro Idrocarburi pesanti (C>12) (limite 50 mg/kg), in 1 dei 23 campioni;
- I limiti di colonna A della Tab. 1 dell'Allegato 5 al Titolo V della parte quarta del D.Lgs 152/2006 non vengono rispettati: per il parametro Zinco (limite 150 mg/kg), in 11 dei 23 campioni; per il parametro Piombo (limite 100 mg/kg), in 1 dei 23 campioni; per il parametro Idrocarburi pesanti (C>12) (limite 50 mg/kg), in 1 dei 23 campioni;
- I limiti di colonna B della Tab. 1 dell'Allegato 5 al Titolo V della parte quarta del D.Lgs 152/2006 vengono rispettati da tutti i parametri in tutti i campioni.

In definitiva, pertanto, si deve concludere che le terre e rocce da scavo che saranno prodotte durante dei lavori non contengano sostanze pericolose (CER 17054) non siano riciclabili nell'ambito di altri interventi interessanti aree agricole, o residenziali, ma che possano essere riutilizzati nell'ambito di interventi interessanti siti ad uso commerciale e industriale.

Nel presente Progetto, quindi, si è previsto lo smaltimento del materiale di risulta dagli scavi come sottoprodotto, mediante conferimento presso impianto di recupero autorizzato.

6. GESTIONE DELLE MATERIE

Le opere/lavorazioni di interesse per la presente trattazione sono essenzialmente le operazioni di scavo, demolizione e rinterro connessi alla realizzazione della campata aggiuntiva in sinistra idraulica dell'esistente Ponte Storico di Lodi.

Le varie produzioni di terre, macerie e altri materiali di scarto conseguenti alle lavorazioni previste e le necessità volumetriche di terre e materiale da cava per la realizzazione di quanto progettato, dettagliatamente riportate nel *Computo Metrico Estimativo* (Atto A.07.03) di Progetto, sono riepilogate in Tab. 6.1.

MATERIALI	OPERAZIONI	VOLUME [m ³]
Materiali da costruzione	Demolizione	388,80
	Smaltimento (CER 170904)	388,80
Asfalto	Demolizione	62,46
	Smaltimento (CER 170302)	62,46
Terre	Scavo	4.415,65
	Riuso	102,00
	Smaltimento (CER 170504)	4.313,65
Materiale da cava	Approvvigionamento (di cui: riempimento a tergo del muro di sostegno pietrame per corazzamento sottofondo stradale)	2.951,80 (di cui: 290,80 2.610,00 51,00)

Tab. 6.1: Sintesi gestione materie

Complessivamente, oltre ai volumi riepilogati in Tab. 6.1, è previsto il reperimento di materiale d'alveo per la formazione della tura provvisoria, per un totale di circa 2.200 m³. A fine lavori, è previsto di restituire tale materiale al fiume.

Relativamente al materiale da approvvigionare da cava per il sottofondo stradale (51 m³), e per la formazione delle scogliere di rivestimento fondo e sponde del f. Adda (2.610 m³), stimato complessivamente in 2.661 m³, sono stati preliminarmente individuati alcuni possibili siti di fornitura, riferendosi al Catasto Georeferenziato delle Cave in Lombardia.

Per il reperimento del materiale per la realizzazione delle rampe di accesso:

- ⇒ Comune di Montanaso Lombardo – C1/g1/LO (distante circa 13 km) – *Autorizzazione Dirigenziale della Provincia n. 109 e successive modifiche e proroghe;*
- ⇒ Comune di Borgo San Giovanni – C8/g9/LO (distante circa 15 km) – *Autorizzazione Dirigenziale della Provincia n. 186 e successive modifiche e proroghe;*

Nell'ambito della progettazione definitiva, per il reperimento del materiale per la realizzazione delle rampe di accesso erano stati indicati anche i seguenti siti, che risultavano (e risultano tuttora) attivi dalla consultazione del catasto regionale delle cave attive.

- ⇒ Comune di Mairago – C2/g6/LO (distante circa 12 km) – *Autorizzazione Dirigenziale della Provincia n. 482 e successive modifiche e proroghe;*
- ⇒ Comune di Graffignana – C7/g8/LO (distante circa 20 km) – *Autorizzazione Dirigenziale della Provincia n. 391 e successive modifiche e proroghe;*
- ⇒ Comune di Castiglione d'Adda – CE14/g/LO (distante circa 25 km) – *Autorizzazione Dirigenziale della Provincia n.825 e successive modifiche e proroghe.*

Tuttavia, in sede di Conferenza dei Servizi, la Provincia di Lodi – Area Tutela Ambientale – ha comunicato che tali siti, in realtà, non risultano più attivi.

Per il reperimento dei massi di dolomia per la realizzazione del corazzamento del fondo alveo:

- ⇒ Comune di Zandobbio – C31006/c10/BG (distante circa 70 km) – *Autorizzazione Dirigenziale della Provincia n. 2356 e successive modifiche e proroghe;*
- ⇒ Comune di Zandobbio – C31009/c10/BG (distante circa 70 km) – *Autorizzazione Dirigenziale della Provincia n. 2548 e successive modifiche e proroghe;*
- ⇒ Comune di Rezzato – C147/c3/BS (distante circa 90 km) – *Autorizzazione Dirigenziale della Provincia n. 2008 e successive modifiche e proroghe;*
- ⇒ Comune di Lecco – C1/c4.1/LC (distante circa 90 km) – *Autorizzazione Dirigenziale della Provincia n. 776 e successive modifiche e proroghe;*
- ⇒ Comune di Lecco – C3/c4.3/LC (distante circa 90 km) – *Autorizzazione Dirigenziale della Provincia n. 70 e successive modifiche e proroghe.*

Complessivamente, tra terreno proveniente dagli scavi ($4.415,65 \text{ m}^3$) e conglomerato bituminoso e materiale da costruzione proveniente dalle demolizioni (rispettivamente: $62,46 \text{ m}^3$ e $388,80 \text{ m}^3$), dovranno essere gestiti $4.866,91 \text{ m}^3$ di materiale, di cui $102,00 \text{ m}^3$ saranno riutilizzati per i rinterri (le analisi ambientali effettuate consentono di prevederne il riuso in loco) e $4.764,91 \text{ m}^3$ dovranno essere conferiti a smaltimento.

In sede progettuale, cautelativamente, sono stati individuati impianti che, oltre a poter ricevere e gestire le miscele bituminose (CER 170302) e i rifiuti misti derivanti dall'attività di costruzione e demolizione (CER 170904), possano ricevere anche le terre e rocce da scavo (CER 170504). In ogni caso, il terreno che risulterà dagli scavi resterà a disposizione dell'Impresa che dovrà individuarne la destinazione finale, provvedendo in proprio alla

caratterizzazione ambientale dei terreni al fine di valutarne il potenziale carico inquinante e deciderne la destinazione ai sensi della normativa vigente in materia (parte IV D.Lgs. 152/06 s.m.i. - DPR 120/17).

Con riferimento al Catasto Georeferenziato dei Rifiuti in Lombardia, sono stati preliminarmente individuati i seguenti impianti:

- ⇒ GERVASI MARIO, sito in via Sandro Pertini 58, Codogno (LO), che dista circa 25 km dalle aree oggetto di intervento (*Autorizzazione n. REDGE/1806 del 07/12/2012 – in scadenza il 07/12/2022 – codici CER di interesse autorizzati: 170302, 170504, 170904*);
- ⇒ COSTRUZIONI EDILI ANDREOLI DI ANDREOLI ALCIDE E C., sito in Via delle Industrie snc, Trigolo (CR), che dista circa 35 km dalle aree oggetto di intervento (*Autorizzazione n. 480 del 25/06/2015 – in scadenza il 24/06/2025 – codici CER di interesse autorizzati: 170302, 170504, 170904*);
- ⇒ ECO-LINEA, sito in via Emilia 34, Guardamiglio (LO), che dista circa 35 km dalle aree oggetto di intervento (*Comunicazione di Inizio Attività – codici CER di interesse autorizzati: 170302, 170504, 170904*);
- ⇒ ALBERTI, sito in Loc. Ponte dei Galli, Offanengo (CR), che dista circa 25 km dalle aree oggetto di intervento (*Autorizzato, Autorizzazione non disponibile – codici CER di interesse autorizzati: 170302, 170904*);
- ⇒ NUOVA BERGAMINI, sito in Via Valosa di Sopra, Monza (MB), che dista circa 50 km dalle aree oggetto di intervento (*Autorizzazione n. 166 del 14/04/2011 – in scadenza il 13/04/2021 – codici CER di interesse autorizzati: 170302, 170504, 170904*).

Assago, dicembre 2022

I PROGETTISTI

Dott. Ing. Silvio Rossetti

Dott. Ing. Alessandra Bertoglio