

COMUNE DI CASTEGGIO
PROVINCIA DI PAVIA

INTERVENTI DI MANUTENZIONE E RIPRISTINO SPONDALE DEL RIO
RILE NEL COMUNE DI CASTEGGIO.

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA

Voghera, agosto 2020

Dott. Ing. Giuseppe Barbero Ph.D.
Ordine degli Ingegneri di Pavia n.1340
Via Kennedy, 70 – 27058 Voghera

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	SITUAZIONE DI DISSESTO IDRAULICO	4
2.1	CAUSE.....	4
2.2	EFFETTI.....	4
3	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	13
3.1	PREMESSA.....	13
3.2	OPERE PREVISTE.....	13
3.2.1	Intervento A	13
3.2.2	Intervento B	14
3.2.3	Interventi C e D	14
3.2.4	Intervento G.....	15
3.2.5	Intervento H.....	16
3.2.6	Intervento I.....	17
4	VERIFICA DI STABILITÀ	19
5	ALLEGATO 1.....	20

1 PREMESSA

Il comune di Casteggio ha incaricato il sottoscritto Dott. Ing. Giuseppe Barbero con studio in Voghera di predisporre la progettazione degli interventi di manutenzione e ripristino sponale del rio Rile nel tratto a cielo aperto in comune di Casteggio lungo la via del Rile.

L'intervento si rende necessario soprattutto per problematiche di erosione di sponda e di esondazione, e conseguenti allagamenti diffusi in alcune zone della città, a seguito delle intense piogge che si sono avute di recente nella zona.

Il progetto di fattibilità tecnica ed economica è stato consegnato in data 1 giugno del corrente anno. A seguito della sua approvazione, con la prescrizione regionale che chiedeva la caratterizzazione dei terreni di scavo, è stato elaborato il presente progetto definitivo che, per effetto dell'aumento dei costi per il campionamento, le analisi e l'interpretazione dei risultati, è stato oggetto di revisione riducendo gli interventi rispetto al progetto di fattibilità tecnico ed economica approvato. Nel seguito della relazione saranno illustrati gli interventi previsti nel presente progetto definitivo.

2 SITUAZIONE DI DISSESTO IDRAULICO

2.1 CAUSE

Le problematiche idrauliche del tratto di Rile a monte della tombinatura sono state evidenziate nel corso degli ultimi anni e in particolare per gli eventi piovosi intensi dell'ottobre dello scorso anno. In particolare, in data 21 ottobre 2019 si è verificato un evento piuttosto intenso che ha creato problematiche di allagamenti ed accentuazione delle erosioni spondale e di fondo dell'alveo del rio Rile; dai dati registrati nelle stazioni pluviografiche di Broni e Voghera dell'ARPA Lombardia è risultata un'intensità di pioggia massima oraria di 162 mm/h nella stazione pluvio di Broni e 94.8 mm/h nella stazione di Voghera.

La piena dovuta alle intense precipitazioni, inoltre, è defluita lungo l'alveo del Rile nel quale in alcuni punti vi erano depositi di materiale inerte e legnoso (soprattutto in corrispondenza degli attraversamenti stradali) e cedimenti delle sponde; la situazione era, cioè, già piuttosto precaria.

2.2 EFFETTI

La situazione creatasi per le cause sopra riportate ha determinato e potrà determinare in futuro, senza intervento di sistemazione dell'alveo, due conseguenze:

1. il primo è dato dal fatto che, come già avvenuto nel caso di intense e violente precipitazioni di cui si è detto in precedenza, si possono avere allagamenti delle abitazioni più prossime al rio Rile e un rischio per le strutture e le persone.
2. il secondo è di accentuare i fenomeni di cedimento delle sponde dell'alveo e il rischio di cedimento delle strutture e infrastrutture pubbliche e private.

Le zone e le problematiche su cui sono concentrati gli interventi sono descritte nel seguito.

- **ZONA A** (planimetria Tav. 3 - zona imbocco tombinatura sezioni 21 e 22 del rilievo): erosione della sponda sinistra con deposito del materiale, manufatto in cls pericolante sponda destra (foto 1);



Foto 1 – Sezione 21 del rilievo topografico - Dissesto zona A

- ZONA B (planimetria Tav. 3 - zona sezione 19 del rilievo): erosione in sponda sinistra e deposito in sponda destra (foto 2).



Foto 2 – Sezione 19 del rilievo topografico - Dissesto zona B

- ZONE C e D (planimetria Tav. 3 - zona parcheggio via Dabusti sezioni 17 e 18 del rilievo): erosione sponda destra, depositi in sponda destra e in sponda sinistra, allagamenti del parcheggio pubblico e del condominio in via Dabusti (foto 3, 4 e 5).



Foto 3 – Sezione 18 del rilievo topografico - Dissesto zona **C** e **D**



Foto 4 – Sezione 17 del rilievo topografico - Dissesto zona **C** e **D**



Foto 5 – Parcheggio pubblico e cortile condominio - Dissesto zona **C e D**

- ZONA E (planimetria Tav. 4 - zona a monte ponte di via Dabusti sezioni 14 e 15 del rilievo): erosione sponda sinistra e deposito sponda sinistra (foto 6 e 7).



Foto 6 – Sezione 15 del rilievo topografico - Dissesto zona **E**



Foto 7 – Ponte via Dabusti da valle foto 7 del rilievo - Dissesto zona **E**

- ZONA F (planimetria Tav. 4 - zona ponte privato sezioni 11, 12 e 13 del rilievo): erosione sponda destra, deposito sponda sinistra e deposito sponda destra (foto 8 e 9).



Foto 8 – Sezione 12 del rilievo topografico - Dissesto zona **F**



Foto 9 – Sezione 12 del rilievo topografico - Dissesto zona F

- ZONA G (planimetria Tav. 4 - zona ponte via delle Mollie sezioni 8, 9 e 10 del rilievo): erosione sponda destra, erosione sponda sinistra, deposito sponda sinistra deposito sponda destra, sotto escavazione salto di fondo a valle del ponte di via delle Mollie (foto 10 e 11;



Foto 10 – Foto 6 del rilievo topografico - Dissesto zona G



Foto 11 – Sezione 9 del rilievo topografico - Dissesto zona **G**

- ZONA H (planimetria Tav. 5 - zona ponte privato sezioni 5 e 6 del rilievo): erosione sponda sinistra, deposito sponda destra per una lunghezza di circa 34 m, franamento difesa della sponda sinistra con prismi in cls, muro condominio ammalorato (foto 12 e 13);



Foto 12 – Sezione 6 del rilievo topografico - Dissesto zona **H**



Foto 13 – Foto 3 del rilievo topografico - Dissesto zona **H**

- ZONA I (planimetria Tav. 5 - zona tra sezioni 4 e 5 del rilievo): erosione sponda sinistra e scarico danneggiato, erosione di sponda destra (foto 14);



Foto 14 – Foto 2 del rilievo topografico - Dissesto zona **I**

- ZONA L (planimetria Tav. 5 - zona tra sezioni 3 e 4 del rilievo): erosione sponda sinistra (foto 15);



Foto 15 – Foto 1 del rilievo topografico - Dissesto zona **L**

- ZONA M (planimetria Tav. 5 – zona a valle ponte di via Vigorelli sezioni 1 e 2 del rilievo): erosione sponda sinistra (foto 16);



Foto 16 – Sezione 2 del rilievo topografico - Dissesto zona **M**

3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

3.1 PREMESSA

La situazione attuale rende necessario predisporre una serie di opere di sistemazione dell'alveo del rio Rile finalizzate a garantire il corretto e sicuro deflusso delle acque meteoriche nel rio e alla riduzione del potenziale rischio di allagamenti e cedimenti delle sponde dell'alveo. Le opere previste sono frutto di una scelta dovuta al limite dell'importo a disposizione che non consente di intervenire su tutti i punti e le zone che presentano dissesti idraulici. In particolare, le zone indicate con le lettere E ed F e le zone L ed M presentano problemi per la cui risoluzione sono necessarie opere il cui costo porterebbe a una cifra complessiva di circa 300.000,00 euro per lavori e oneri sicurezza. Si ritiene che queste opere debbano essere oggetto di una nuova progettazione (quindi un nuovo finanziamento) per considerare completo l'intervento di sistemazione del tratto dell'asta del t. Rile.

3.2 OPERE PREVISTE

Gli interventi da realizzare sono stati progettati in modo tale determinare la rimozione delle cause delle problematiche idrauliche e la messa in sicurezza delle aree lungo il corso d'acqua. Si prevede la risagomatura con rimozione dei depositi di materiale in alveo e la realizzazione di nuove opere. Gli interventi previsti sono sinteticamente descritti nel seguito (da valle a monte).

3.2.1 Intervento A

(Tav. 3 - zona imbocco tombinatura sezioni 21 e 22 del rilievo).

Si prevede la realizzazione di una difesa della sponda sinistra in gabbioni della lunghezza complessiva di 30 m; l'altezza complessiva dell'opera è di 4 metri, di cui 1 metro di fondazione, e il volume per metro è di $10 \text{ m}^3/\text{m}$. La gabbionata potrà essere rinverdita mediante l'inserimento di talee di salice.

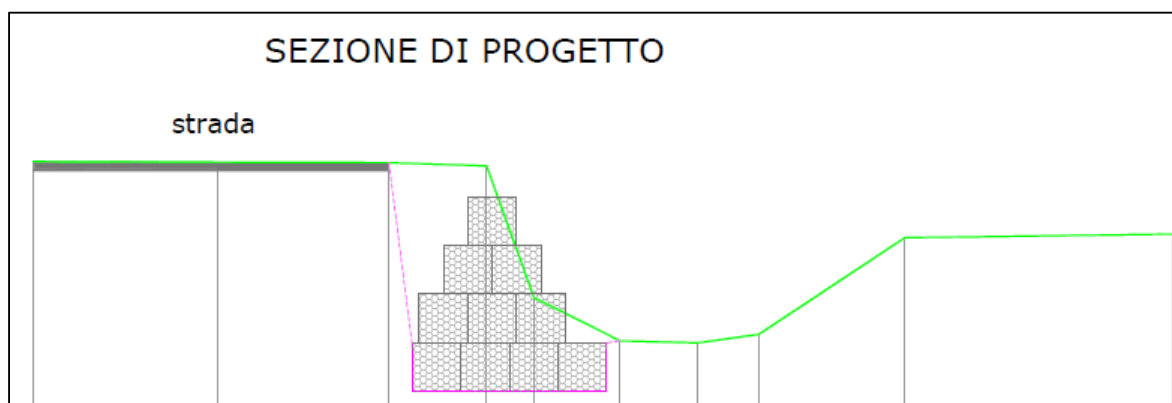


Fig. 3.1 – Intervento A: sezione tipo della gabbionata di difesa di sponda.

Si prevede inoltre la sistemazione delle due sponde dell'alveo mediante scavo, estirpazione della vegetazione infestante, rimozione del materiale legnoso depositato e infine ripristino delle sponde: la sponda destra per una lunghezza pari a 50 m e la sponda sinistra per una lunghezza pari a 22 m. Infine è prevista la demolizione del manufatto pericolante sulla sponda destra a poca distanza dall'imbocco del tratto tombinato.

3.2.2 Intervento B

(planimetria Tav. 3 - zona sezione 19 del rilievo).

È prevista una difesa in gabbioni della sponda sinistra della lunghezza complessiva di 32 m: l'altezza complessiva dell'opera è di 4 metri di cui 1 metro di fondazione il volume per metro è di $10 \text{ m}^3/\text{m}$. Anche questa gabbionata potrà essere rinverdata mediante l'inserimento di talee di salice.

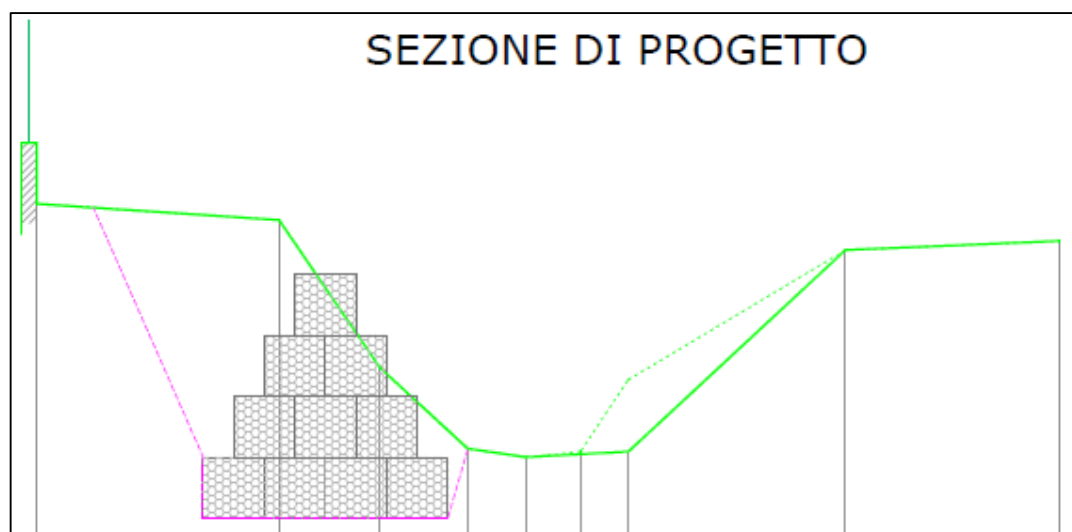


Fig. 3.2 – Intervento B: sezione tipo della gabbionata di difesa di sponda (tratteggiata in verde è indicata la sezione attuale).

Si prevede, inoltre, la sistemazione (come descritto per l'intervento A) della sponda destra per una lunghezza di circa 33 m.

3.2.3 Interventi C e D

(planimetria Tav. 4 - zona parcheggio via Dabusti sezioni 17 e 18 del rilievo).

È prevista una difesa della sponda destra in corrispondenza del parcheggio pubblico di via Dabusti. L'opera è in gabbioni di lunghezza complessiva di 25 m: l'altezza complessiva dell'opera è di 4 metri, di cui 1 metro di fondazione, e il volume per metro è di $10 \text{ m}^3/\text{m}$. Anche questa gabbionata potrà essere rinverdata mediante l'inserimento di talee di salice.

Per evitare gli allagamenti dell'area del condominio, era stato prevede il sopralzo del muro di cinta del condominio per un massimo di 45 cm. Il sovralzo è previsto lungo l'alveo per una lunghezza di 28.5 m e sul lato parcheggio per una lunghezza di 29.5 m per una lunghezza totale di 58.0 m.

Questo intervento non è stato autorizzato e pertanto si prevede di realizzare un rilevato arginale lungo il parcheggio, in corrispondenza della difesa di sponda in gabbioni, per una lunghezza di 25 m di altezza variabile da 0.25 m a 1.0 m.



Fig. 3.3 – Intervento C: sezione tipo della gabbionata di difesa di sponda (tratteggiata in verde è indicata la sezione attuale).

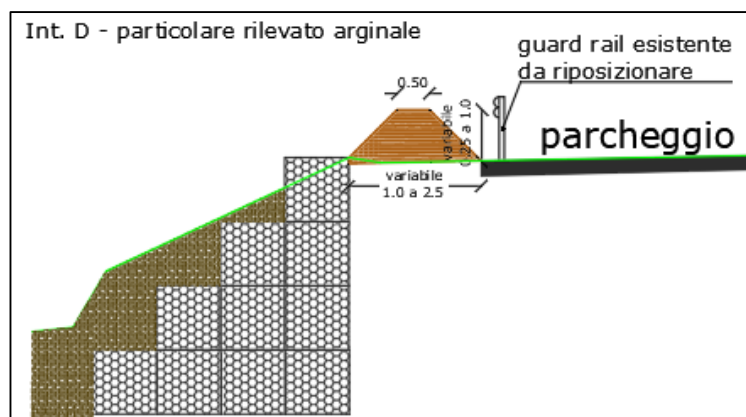


Fig. 3.4 – Intervento D: sezione tipo del rilevato arginale.

A completamento dell'intervento, si prevede la sistemazione dell'alveo mediante scavo, estirpazione della vegetazione infestante, rimozione del materiale legnoso depositato e infine il ripristino delle due sponde per una lunghezza di circa 87 m (43 m in sponda sinistra e 44 m in sponda destra).

3.2.4 Intervento G

(planimetria Tav. 4 - zona ponte via delle Mollie sezioni 9 del rilievo e valle ponte).

È prevista la formazione di una difesa della sponda sinistra in gabbioni di lunghezza 8 m a valle del ponte di via delle Mollie. L'altezza complessiva dell'opera è di 3 metri, di cui 1 metro di fondazione, e il volume per metro è di $6 \text{ m}^3/\text{m}$. Anche questa gabbionata potrà essere rinverdita mediante l'inserimento di talee di salice.



Fig. 3.5 – Intervento G: sezione tipo della gabbionata di difesa di sponda (tratteggiata in verde è indicata la sezione attuale).

La sistemazione della sponda destra, per una lunghezza di 7 m, sarà realizzata mediante rip-rap di spessore 1 metro e con diametro medio dei massi di 0.6 m.

Infine è previsto un selciatoone in massi per consolidamento salto di fondo a valle del ponte di via delle Mollie le cui dimensioni sono: profondità media = 1.0 m, lunghezza 8.0 m e larghezza 2.0 m; al termine dell'opera sarà realizzato un setto in massi di profondità pari a 2 m dal fondo;

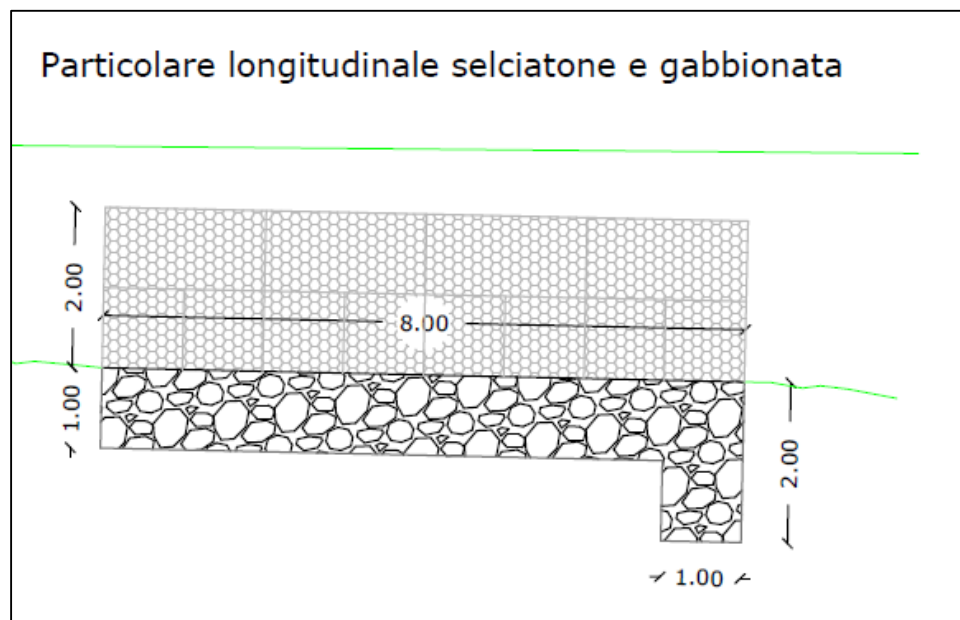


Fig. 3.6 – Intervento G: particolare del selciatoone a valle del ponte.

3.2.5 Intervento H

(planimetria Tav. 5 - zona ponte privato sezioni 5 e 6 del rilievo).

È prevista la formazione di una difesa della sponda sinistra in gabbioni di lunghezza 10 m a valle del ponte di via delle Mollie. L'altezza complessiva dell'opera è di 3 metri, di cui 1 metro di fondazione, e il volume per metro è di $6 \text{ m}^3/\text{m}$. Anche questa gabbionata potrà essere rinverdata mediante l'inserimento di talee di salice.

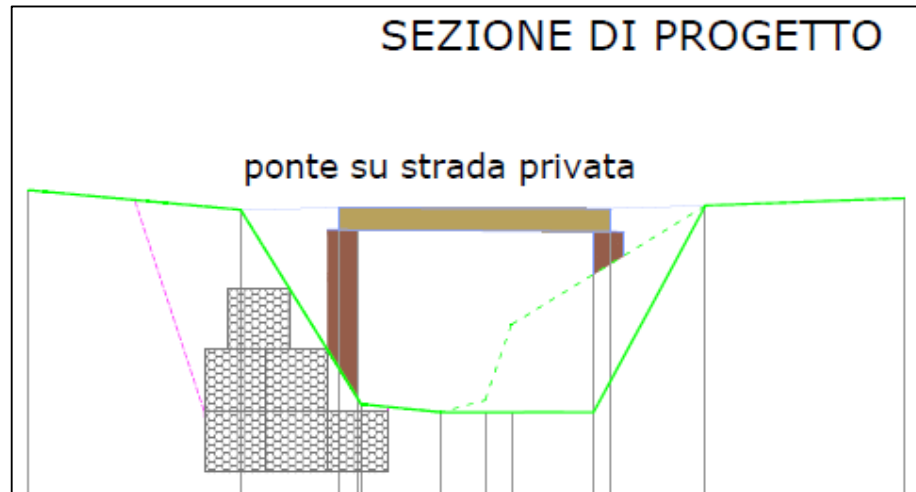


Fig. 3.6 – Intervento H: sezione tipo della gabbionata di difesa di sponda (tratteggiata in verde è indicata la sezione attuale).

Infine si prevede la sistemazione della sponda destra per una lunghezza di circa 34 m e il ripristino dell'esistente difesa della sponda sinistra realizzata con prismi in cls per una lunghezza di circa 17 m, riutilizzando gli stessi prismi.

3.2.6 Intervento I

(planimetria Tav. 5 - zona tra sezioni 4 e 5 del rilievo).

È prevista una difesa delle due sponde mediante la realizzazione di una scogliera di lunghezza 32 m in sponda destra e di 25 m in sponda sinistra. La larghezza delle scogliere è pari a 1.0 m e il diametro medio dei massi pari a 0.6 m.

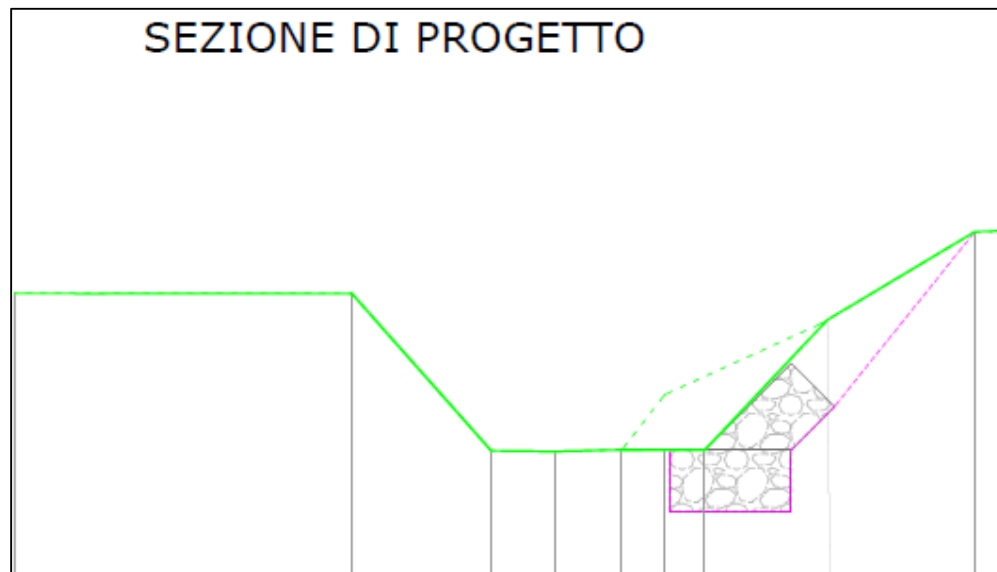


Fig. 3.7 – Intervento I: sezione tipo della difesa di sponda con rip-rap (tratteggiata in verde è indicata la sezione attuale).

4 VERIFICA DI STABILITÀ

Sulla base della relazione geologica geotecnica del progetto, sono state verificate le gabbionate di sostegno delle sponde dell'alveo. In particolare sono state verificate i muri in gabbioni più elevati (intervento A, intervento B e intervento C). Il risultato del calcolo mostra che i muri in gabbioni sono stabili in relazione alle verifiche di ribaltamento, scorrimento e alla stabilità globale. In allegato si riportano i risultati del calcolo.

Voghera, luglio 2020

Dott. Ing. Giuseppe Barbero Ph.D.

Ordine degli Ingegneri di Pavia n.1340

Via Kennedy, 70 – 27058 Voghera

5 ALLEGATO 1

Si riporta l'esito delle verifiche di stabilità geotecnica condotte per il muro in esame, secondo le relative basi teoriche riportate al capitolo di pertinenza.

Risultati Verifiche al Ribaltamento e allo Scorrimento

Gabbione N.	Ribaltamento (/m)					Scorrimento (/m)				
	Comb.	R _d	S _d	γ _s	E	Comb.	R _d	S _d	γ _s	E
Base Fond.	GEO	48260	2406	20.06	V	GEO	11833	6749	1.75	V
	S+	66369	5274	12.58	V	S+	13436	8434	1.59	V
	S-	61280	5129	11.95	V	S-	12415	7993	1.55	V
Gabb. 1	GEO	19009	1135	16.75	V	GEO	11460	3796	3.02	V
	S+	26142	2659	9.83	V	S+	13021	4876	2.67	V
	S-	24137	2590	9.32	V	S-	12031	4613	2.61	V
Gabb. 2	GEO	5671	278	20.40	V	GEO	5119	1687	3.03	V
	S+	7798	962	8.11	V	S+	5816	2169	2.68	V
	S-	7201	945	7.62	V	S-	5374	2055	2.61	V
Gabb. 3	GEO	725	19	38.16	V	GEO	1299	422	3.08	V
	S+	998	202	4.94	V	S+	1476	543	2.72	V
	S-	921	201	4.58	V	S-	1364	518	2.63	V

Risultati Verifica al Collasso per Carico Limite Terreno

Comb.	Condiz. Termine	B	N _q	N _c	N _γ	i _q	i _c	i _γ	d _q	d _c	d _γ	b _q	b _c	b _γ	g _q	g _c	g _γ	q _{lim}	q _{es}	γ _s	E
GEO	Lungo	3.98	9.60	19.32	9.44	0.67	0.63	0.55	1.08	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	88518	37425	2.37	V
S+	Lungo	3.64	9.60	19.32	9.44	0.52	0.46	0.37	1.09	1.11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	64508	30177	2.14	V
S-	Lungo	3.61	9.60	19.32	9.44	0.51	0.45	0.36	1.09	1.11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	62215	27884	2.23	V

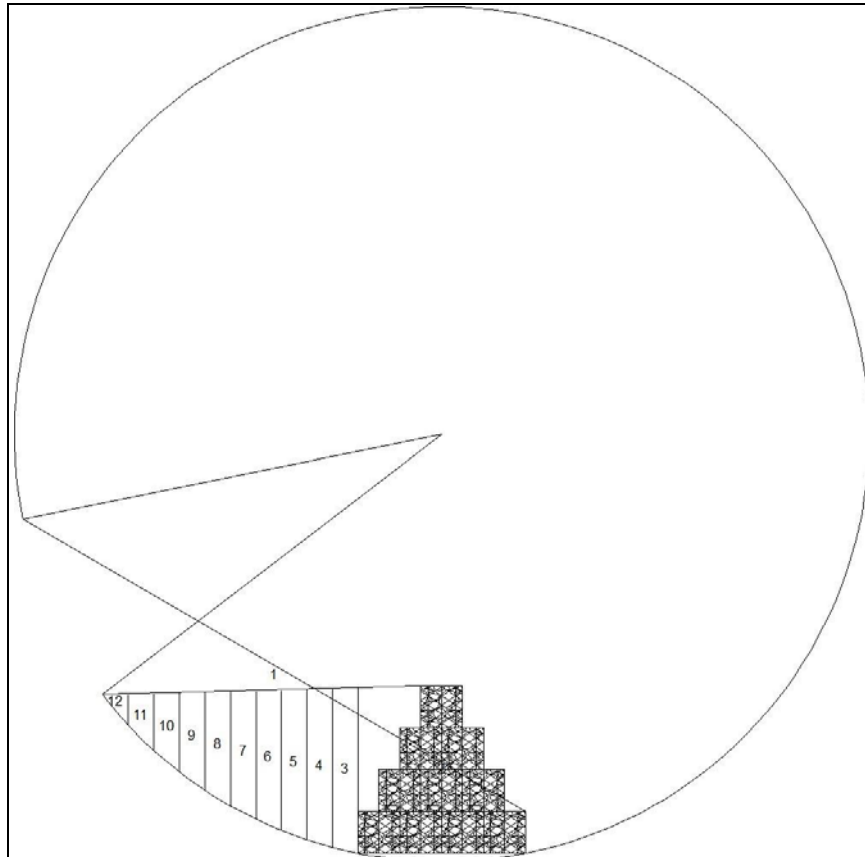
Risultati Verifica di Stabilità Globale

Comb.	R _d	S _d	γ _s	E
GEO	17460	10384	1.68	V
S+	20542	10384	1.98	V
S-	19691	10384	1.90	V

Dati Pendio

Numero dei conci	12
Larghezza dei conci [m]	0.61
Raggio cerchio critico [m]	10.20
Lunghezza arco cerchio critico [m]	9.36

Concio N.	H _i	δ _i	cδ _i	W _i	α _i	N _i	hw _i	U _i	T _i	S _i
1	0.50	2.13	0	1688	-28.05	1489	0.00	0	829	-793
2	4.00	4.00	0	29235	0.00	29235	0.00	0	16270	0
3	3.74	0.63	0	4101	13.06	3995	0.00	0	2223	926
4	3.57	0.64	0	3923	16.61	3760	0.00	0	2093	1121
5	3.37	0.65	0	3701	20.22	3472	0.00	0	1933	1279
6	3.12	0.67	0	3429	23.92	3135	0.00	0	1744	1390
7	2.83	0.69	0	3105	27.72	2749	0.00	0	1530	1444
8	2.48	0.72	0	2723	31.67	2318	0.00	0	1290	1430
9	2.07	0.75	0	2276	35.79	1846	0.00	0	1028	1331
10	1.60	0.80	0	1754	40.14	1341	0.00	0	746	1131
11	1.04	0.86	0	1142	44.78	810	0.00	0	450	804
12	0.38	0.95	0	416	49.84	268	0.00	0	149	318

**COMUNE DI CASTEGGIO**

INTERVENTI DI MANUTENZIONE E RIPRISTINO SPONDALE DEL RIO RILE NEL COMUNE DI CASTEGGIO.
PROGETTAZIONE DEFINITIVO-ESECUTIVO - RELAZIONE TECNICA

Verifiche di Resistenza Strutturale

Si riporta l'esito delle verifiche di resistenza condotte per il muro in esame, secondo le relative basi teoriche riportate nel capitolo di pertinenza.

Verifica Schiacciamento

Gabbione N.	Comb.	e	e _N	σ_{max}	σ_{amm}	λ_s	τ	τ_{amm}	λ_T	E
Gabb. 1	STR	1.33	0.50	5.39	6.70	1.24	0.13	0.87	6.88	V
	S+	1.20	0.50	3.15	6.70	2.13	0.16	0.75	4.62	V
	S-	1.19	0.50	2.78	6.70	2.41	0.15	0.71	4.63	V
Gabb. 2	STR	0.90	0.33	3.94	6.70	1.70	0.08	0.67	7.89	V
	S+	0.78	0.33	1.92	6.70	3.48	0.11	0.58	5.39	V
	S-	0.77	0.33	1.69	6.70	3.97	0.10	0.56	5.44	V
Gabb. 3	STR	0.46	0.17	2.60	6.70	2.58	0.04	0.46	10.92	V
	S+	0.38	0.17	0.86	6.70	7.78	0.05	0.42	7.72	V
	S-	0.37	0.17	0.75	6.70	8.95	0.05	0.41	7.85	V

Verifiche allo Stato Limite di Esercizio

Si riporta l'esito delle verifiche condotte per il muro in esame, secondo le relative basi teoriche riportate nel capitolo di pertinenza.

Spinte e Forze sul Muro

Gabbione N.	S _a	S _c	S _q	S _w	S _p	S _{pm}	W _M	W _T
Base Fond.	5400	--	0	0	2131	0	19200	8100
Gabb. 1	3037	--	0	0	--	--	11520	5400
Gabb. 2	1350	--	0	0	--	--	5760	1800
Gabb. 3	337	--	0	0	--	--	1920	0

Riguardo alle verifiche di deformazione, per il muro in esame, il valore massimo del Cedimento Elastico in Fondazione è pari a **0.53 cm**.