Comune di Cesana Brianza (LC)

Opere di regimazione e riqualificazione del torrente Molina fra q.410 m s.m. e q.345 m s.m.
Progetto esecutivo

Relazione descrittiva generale e Relazione di calcolo

PROGETTAZIONE	COMMITTENTE
STUDIO GRIFFINI S.R.L. GEOLOGIA GEOTECNICA STRUTTURE	Holcim HOLCIM (Italia) S.p.a.

I PROFESSIONISTI	ELABORATO			
Prof. Geol. Lamberto Griffini Ordine dei Geologi della Lombardia N370 Dott. Ing. Stefano Griffini Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano A 26600	COMMESSA	TIPO	N.	REV.
	101	RE	001	B

REVISIONE

REV.	DESCRIZIONE	DATA EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
B	EMISSIONE DEFINITIVA	30/09/2015	GL/GS	GM	GL
A	PRIMA EMISSIONE	05/06/2015	BM/GS	GM	GL

SOMMARIO PAG.

PARTE I – GENERALITÀ 2

1. PREMESSA 2

2. RIFERIMENTI 3

2.1. NORMATIVA 3
2.2. ELABORATI DI PROGETTO 3
2.3. BIBLIOGRAFIA 3
2.4. CODICI DI CALCOLO 4

PARTE II– RELAZIONE DESCRITTIVA GENERALE 5

3. STATO DEI LUOGHI 5

4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI 6

4.1. PRIMO TRATTO TRA Q. 410 E Q. 370 M S.M. 6
4.2. SECONDO TRATTO TRA Q. 370 E Q. 362 M S.M. 7
4.3. TERZO TRATTO TRA Q. 362 E Q. 345 7

PARTE III – RELAZIONE DI CALCOLO OPERE IDRAULICHE (SECONDO TRATTO) 9

5. CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA 9

5.1. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE DEL BACINO 9
5.2. CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA DI PROGETTO 9

6. DESCRIZIONE DELLE OPERE 12

6.1. BRIGLIE IN PIETRAME E MALTA 12
6.2. OPERE DI COMPLETAMENTO 13

7. VERIFICHE BRIGLIE 15

7.1. VERIFICHE IDRAULICHE 15
7.2. VERIFICHE STATICHE 17

FIGURE 21

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA 43

PARTE I – GENERALITÀ

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica contiene la descrizione dei lavori e delle opere in progetto per il completamento degli interventi di regimazione idraulica del torrente Molina, situato nel territorio comunale di Cesana Brianza (LC), fra q. 410 m s.m. e q.345 m s.m.; gli interventi sono stati progettati nel rispetto delle prescrizioni indicate nel decreto di chiusura e messa in sicurezza della Miniera di Alpetto n. 7920 emesso in data 30.08.2013 dalla Regione Lombardia

Gli interventi riguarderanno tre diversi tratti dell'alveo del torrente, distinti per tipologia delle lavorazioni e delle opere necessarie:

Primo tratto compreso tra il sottopasso della pista di miniera a q. 410 m s.m. circa e il limite di monte della zona interessata dai franamenti del 2009 e 2010 a q. 370 m s.m. circa;

Secondo tratto compreso tra q. 370 m s.m. e q. 362 m s.m., tratto interessato direttamente dai dissesti del 2009-2010 e dove sono già state realizzati interventi di somma urgenza a seguito dell'Ordinanza del Comune di Cesana Brianza n. 9/2014;

Terzo tratto compreso tra q. 362 m s.m. e la vasca di decantazione situata a q. 345 m s.m.

Il secondo tratto, come accennato, è quello dove, a causa dei due fenomeni di dinamica geomorfologica del 2009 e 2010, è stato necessario realizzare un intervento a carattere di urgenza per la messa in sicurezza della zona e, soprattutto, per mitigare i rischi per l'abitato sottostante nei confronti di una possibile colata di detriti connessa alla parziale ostruzione dell'alveo conseguente ai due franamenti.

Gli interventi di regimazione descritti nel presente rapporto, che andranno a integrare le opere di messa in sicurezza del versante, si sono resi necessari per far fronte ai fenomeni di abbondante trasporto solido che si sviluppano nel tratto terminale della val Molina in occasione di eventi meteorici intensi o prolungati.

2. RIFERIMENTI

2.1. NORMATIVA

(1) Decreto Ministeriale 14.01.2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni

(2) Circolare 02.02.2009 n. 617 del Consiglio Sup. LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

2.2. ELABORATI DI PROGETTO

(3) Progetto esecutivo di regimazione idraulica del torrente Molina fra q. 370 m s.m. e q. 362 m s.m. – Planimetria di intervento e profili in asse alveo – **Doc.N.** 101-DX-001-A

(4) Progetto esecutivo di regimazione idraulica del torrente Molina fra q. 370 m s.m. e q. 362 m s.m. – Sezioni trasversali – **Doc.N.** 101-DX-002-A.

(5) Progetto esecutivo di regimazione idraulica del torrente Molina fra q. 370 m s.m. e q. 362 m s.m. – Tipologici di intervento – **Doc.N.** 101-DX-003-A

(6) Opere di regimazione e riqualificazione del torrente Molina fra q. 410 e 345 m s.m. – Progetto esecutivo – RELAZIONE GEOLOGICA – **Doc.N.** 101-RE-003-A

(7) Opere di riqualificazione del Torrente Val Molina tra q. 410 m.s.l.m. e q. 345 m.s.l.m. – REALAZIONE FORESTALE a firma del Dr. Agr. Daniele Regondi – 30.10.2015

(8) Opere di riqualificazione del Torrente Val Molina tra q. 410 m.s.l.m. e q. 345 m.s.l.m. – REALAZIONE PAESAGGISTICA a firma del Dr. Agr. Daniele Regondi – 30.10.2015

2.3. BIBLIOGRAFIA

(9) Sistemazione frana sul torrente Molina a quota 360 m s.m. – Relazione Geologica – **Doc.N.** 090-RE-001-A – Studio Griffini S.r.l., 16 aprile 2014

(10) Sistemazione frana sul torrente Molina a quota 360 m s.m. – Relazione tecnica descrittiva – **Doc.N.** 090-RE-002-A - Studio Griffini S.r.l., 16 aprile 2014

(11) Sistemazione frana sul torrente Molina a quota 360 m s.m. – Planimetria, sezione e tipologici costruttivi – **Doc.N.** 090-DX-001-A - Studio Griffini S.r.l., 15 aprile 2014

(12) "Comune di Cesana Brianza -Definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio – Relazione Geologica" – Dott. Geol. G. Attardo, 2010

(13) Vito Ferro – "La sistemazione dei bacini idrografici" – McGraw-Hill – 2002

(14) Giuseppe Benini – "Sistemazioni idraulico-forestali" – Cluep 1988

2.4. CODICI DI CALCOLO

(15) Midas GTS NX 2014 V 2.1 – Midas Information Technology Co.Ltd.

(16) GEO-STUDIO 2007 (Ver.7.1.7 Build 4921) – GEO-SLOPE International Ltd.

PARTE II– RELAZIONE DESCRITTIVA GENERALE

3. STATO DEI LUOGHI

Nel febbraio del 2009 e nell'autunno del 2010 il versante sinistro del tratto terminale della Val Molina è stato interessato da due eventi franosi che hanno provocato la movimentazione e l'accumulo di materiale detritico superficiale, misto a piccoli tronchi e arbusti, all'interno dello stretto alveo del torrente Molina, ostacolando il normale deflusso delle acque e generando una condizione di potenziale pericolo per l'abitato di Cesana Brianza, connesso alla possibilità di sviluppo di colate detritiche, mitigato solo dalla presenza di una vasca di colma e trattenuta dei detriti situata a q. 345 m s.m., poco a valle dell'area in oggetto.

A seguito dei dissesti di cui sopra, è stato approntato e realizzato un progetto di stabilizzazione di somma urgenza comprendente la pulizia dell'alveo, la riprofilatura del versante interessato dalla frana e la stabilizzazione del piede mediante formazione di una gabbionata su più ordini sovrapposti, fondata su un getto di cls magro di regolarizzazione.

Allo stato attuale, la frana in sponda sinistra è stabilizzata e non mostra indizi di possibili riattivazioni; tuttavia, la parete rocciosa in sponda destra subisce un progressivo degrado con distacco di massi con volume massimo nell'ordine di 10÷20 dm^3 che precipitano nell'alveo sottostante. Inoltre, durante eventi meteorici particolarmente intensi o prolungati, lungo il tratto terminale del torrente si sviluppano portate di deflusso importanti (nell'ordine dei 10 m^3/s) che, oltre a provocare intensi processi erosivi sul fondo dell'alveo, determinano un intenso trasporto solido, con conseguente aumento del rischio di sviluppo di colate detritiche. Inoltre l'abbondante detrito presente in alveo viene facilmente trasportato a valle in occasione di eventi meteorici intensi, andando a colmare rapidamente la vasca di trattenuta.

Allo scopo di evitare i processi erosivi e di trasporto citati è necessario completare gli interventi già realizzati mediante opere pulizia e sistemazione delle sponde per l'intero tratto compreso tra q. 410 e q. 345m s.m. e, nel "secondo tratto" tra q. 370 e 362 m s.m. Sono necessarie inoltre altre opere per la stabilizzazione della parete rocciosa in destra idrografica e opere di regimazione dell'alveo, che innalzino il livello di scorrimento delle acque al piede della gabbionata in modo da evitare possibili azioni di scalzamento della fondazione.

4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

4.1. PRIMO TRATTO TRA Q. 410 E Q. 370 m s.m.

In questo tratto sono presenti solo modesti processi erosivi delle sponde e zone di deposito in alveo di detriti e vegetazione riparia divelta dalle sponde in occasione di eventi di piena.

Nel tratto superiore, tra q. 409 e q. 404 m s.m., la sponda destra è protetta da una scogliera in massi ciclopici perfettamente efficiente (si veda **Foto n. 2**). In sponda sinistra e nel successivo tratto tra q. 404 e q. 392 m s.m. le sponde sono costituite da depositi sciolti ricoperti da fitta vegetazione arbustiva e bosco (si veda **Foto n. 1**).

La riqualificazione di questo tratto consiste nella pulizia dei boschi di margine immediatamente a ridosso dell'alveo, con taglio di piante pericolanti o già parzialmente divelte con un taglio selettivo in grado di mantenere il rinnovamento della copertura vegetazionale del territorio (si veda Rif. (7), (8)) e nella pulizia dell'alveo sia dalla vegetazione già divelta e crollata all'interno dell'alveo sia dai detriti accumulati nelle zone di calma naturale.

Tra i detriti accumulati all'interno dell'alveo sono presenti anche massi di medie dimensioni che dovranno essere rimossi e riutilizzati per la formazione di scogliere a secco nei tratti dove l'erosione di sponda è maggiormente evidente; in particolare:

- a q. 402 m s.m. in sponda sinistra per uno sviluppo di circa 8 m (si veda **Foto n. 3**);
- a q. 396÷394 m s.m. in sponda sinistra in corrispondenza della brusca deviazione verso ovest dell'alveo e dove l'erosione al piede interessa un tratto di circa 5 m di sviluppo (si veda **Foto n. 4**);
- a q. 393÷392m s.m. in sponda destra, per un'estensione di circa 2 m (si veda **Foto n. 5**);

A valle di q. 392 e sino 380 m s.m. circa l'alveo si sviluppa all'interno di una forra in roccia dove l'azione erosiva è minima e sono assenti zone di ristagno e di accumulo; in questa zona non è necessario alcun lavoro di pulizia o sistemazione (si veda **Foto n. 6**).

A valle di q. 380 e sino all'inizio del secondo tratto a q. 370 m s.m. sono necessari solo lavori di pulizia delle sponde e dell'alveo con rimozione di detriti.

4.2. SECONDO TRATTO TRA Q. 370 E Q. 362 m s.m.

Gli interventi di stabilizzazione e regimazione della porzione terminale del torrente Molina interesseranno il tratto di alveo tra q. 370 e 362 m s.m. e prevedono:

- Riprofilatura dell'alveo e correzione della pendenza media con realizzazione di n°6 briglie, di cui due come completamento delle soglie esistenti a q. 370 m s.m. e q. 367.5 m s.m. e 4 briglie di nuova realizzazione in pietrame e malta fra q.365.5 m s.m. circa e q 361.5 m s.m. circa;
- Sopralzo della sponda sinistra fra q. 370 m s.m. e q. 365.5 m s.m. circa mediante realizzazione di un cordolo in pietrame e malta;
- Realizzazione di un difesa spondale in pietrame e malta in sponda destra fra q. 367.5 m s.m. e q. 364.5 m s.m. circa;
- Realizzazione di una scogliera di deviazione in pietrame e malta a q. 358 m s.m. sul versante sinistro a valle del cambio di direzione del torrente;
- Rivestimento corticale della parete rocciosa in sponda destra mediante l'installazione di una rete in aderenza di tipo leggero rinforzata con trefoli di acciaio.

Nella seconda parte del presente documento sono riportati i dettagli delle opere e le relative verifiche.

4.3. TERZO TRATTO TRA Q. 362 E Q. 345

La gran parte di questo tratto, sia in sponda destra, sia in sinistra, è costituito da roccia affiorante o sub-affiorante. Nella sua parte terminale in sponda sinistra è stato recentemente realizzato un muro in gabbioni che protegge completamente la sponda da possibili processi erosivi.

Sono comunque presenti locali zone in erosione e, in particolare, poco prima del muro in gabbioni di cui si è detto, in sponda sinistra, è presente un accumulo di detriti depositato da un processo di colata originatosi da una valletta laterale.

Localmente sui versanti in depositi sciolti, sono presenti ceppaie o alberi in condizioni di precaria stabilità.

In fondo alveo non si osserva alcun accumulo di materiale a parte quello della piccola colata descritto sopra; questo deposito, tuttavia, occupa il margine sinistro per un tratto di circa 4÷5 m per una larghezza in alveo di circa 1 m, senza ridurre in maniera significativa la sezione idraulica.

Analogamente a quanto previsto per il primo tratto di monte, gli interventi per queste aree consisteranno nel taglio delle piante pericolanti o già parzialmente divelte e nella pulizia dell'alveo con rimozione dei detriti accumulati in alveo dalla colata detritica e protezione del piede con una scogliera a secco di altezza pari a 0.6÷0.8 m e sviluppo 4÷5 m, realizzata con i massi recuperati in loco.

PARTE III – RELAZIONE DI CALCOLO OPERE IDRAULICHE (SECONDO TRATTO)

5. CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

5.1. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE DEL BACINO

Il bacino imbrifero afferente alla zona dove sono previste le opere di stabilizzazione e di regimazione idraulica del torrente Molina è limitato a nord dalla costiera Monte Pesona-Monte Cornizzolo, che si sviluppa ad una quota di circa 1200 m s.m., con quota massima pari a 1240 m s.m.; sul lato occidentale è delimitato dai bacini dei torrenti Vignola e Rompé e ad oriente dal bacino del torrente Cepelline. La sezione di chiusura è stata posta a q. 370 m s.m., dove è prevista la prima opera di regimazione del torrente. La superficie totale sottesa del bacino è di circa 850.000 m^2.

In **Figura 5.1** è riportata la perimetrazione del bacino idrografico del torrente Molina con sezione di chiusura alla q. 370 m s.m.

La lunghezza dell'asta principale é pari a circa 1.760 m, con lunghezza complessiva delle aste di drenaggio di ordine inferiore (solo di II° ordine) di 3.050 m ed una densità di drenaggio pari a 3.6 km/km^2.

5.2. CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA DI PROGETTO

La stima delle portate massime che dovranno essere intercettate è stata eseguita secondo il metodo razionale, utilizzando i dati relativi alle curve di possibilità pluviometrica indicate nella Direttiva del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del F. PO (P.A.I.), che fornisce i parametri "a" ed "n" ricavati dalle serie storiche per diverse stazioni di misura, secondo la relazione:

$h=a \cdot t^n$

dove:

h= altezza della pioggia in mm,

t= durata della pioggia in ore,

a ed n sono i parametri caratteristici della stazione pluviometrica di riferimento funzione del tempo di ritorno (Tr) considerato.

Nel caso in esame sono stati considerati i parametri definiti per la stazione pluviometrica di Asso, per la quale vengono forniti i seguenti valori dei coefficienti a ed n:

Cod.	Stazione di misura	T=20 anni		**T=100 anni**		**T=200 anni**		T=500 anni	
		a	n	a	n	a	n	a	n
1031	Asso	60.13	0.345	**75.68**	**0.342**	**82.24**	**0.342**	90.97	0.341

Ai fini del calcolo della portata massima si è stimato il tempo di corrivazione (t_c), attraverso la classica relazione proposta da Giandotti (riff.(9) e (10)):

$t_c = 4^* (S^{0.5}+1.5^*L) / (0.8^* (H-Z)^{0.5}$

con:

S superficie del bacino

L lunghezza dell'asta principale

H altezza media del bacino

Z quota della sezione di chiusura

Il coefficiente di deflusso ϕ è stato calcolato come media dei coefficienti i-esimi (ϕ_i) di ciascuna fascia altimetrica di superficie S_i, secondo la relazione:

$$\overline{\emptyset} = \frac{\sum_i S_i \,.\, \emptyset_i}{S}$$

Nell'analisi si sono considerati due diversi tempi di ritorno , pari rispettivamente a 100 anni e 200 anni, per i quali sono state calcolate le seguenti portate massime:

- T = 100 anni Qmax = 9.785 m^3/s
- T = 200 anni Qmax = 10.654 m^3/s

In **Tabella 5.1** sono riportati i calcoli per la stima delle portate nelle diverse condizioni considerate.

METODO RAZIONALE

Q_{max} (portata max) (m^3/s) **TR=100 anni**

t tempo di persistenza della precipitazione [h]	τ tempo di corrivazione [h]	S superficie [km^2]	h altezza di pioggia [m]	ϕ Coefficiente di deflusso medio del bacino	se $t \leq \tau$ Qmax= ϕ*S*h/τ [m^3/s]	se $t \geq \tau$ Qmax=ϕ*S*h/t [m^3/s]
1	0.440	0.845	75.68	0.153	-	9.785
1.5	0.440	0.845	87.04	0.153	-	7.503
2	0.440	0.845	96.13	0.153	-	6.214
3	0.440	0.845	110.56	0.153	-	4.765
4	0.440	0.845	122.09	0.153	-	3.946
5	0.440	0.845	131.86	0.153	-	3.410
6	0.440	0.845	140.42	0.153	-	3.026
8	0.440	0.845	155.08	0.153	-	2.506
12	0.440	0.845	178.36	0.153	-	1.922
24	0.440	0.845	226.54	0.153	-	1.220

Q_{max} (portata max) (m^3/s) **TR=200 anni**

t tempo di persistenza della precipitazione [h]	τ tempo di corrivazione [h]	S superficie [km^2]	h altezza di pioggia [m]	ϕ Coefficiente di deflusso medio del bacino	se $t \leq \tau$ Qmax= ϕ*S*h/τ [m^3/s]	se $t \geq \tau$ Qmax=ϕ*S*h/t [m^3/s]
1	0.440	0.845	82.40	0.153	-	10.654
1.5	0.440	0.845	94.66	0.153	-	8.159
2	0.440	0.845	104.44	0.153	-	6.752
3	0.440	0.845	119.98	0.153	-	5.171
4	0.440	0.845	132.38	0.153	-	4.279
5	0.440	0.845	142.88	0.153	-	3.695
6	0.440	0.845	152.07	0.153	-	3.277
8	0.440	0.845	167.80	0.153	-	2.712
12	0.440	0.845	192.76	0.153	-	2.077
24	0.440	0.845	244.32	0.153	-	1.316

Tabella 5.1 – Calcolo delle portate di progetto per Tr=100 anni e Tr=200 anni

6. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Come antipato sommariamente al § 4.2, gli interventi di stabilizzazione e regimazione della seconda zona di interventi ("Secondo tratto") tra q. 370 m e 362 m s.m comprendono le seguenti lavorazioni ed opere:

- Riprofilatura dell'alveo e correzione della pendenza media con realizzazione di n°6 briglie, di cui due come completamento delle soglie esistenti a q. 370 m s.m. e q. 367.5 m s.m. e 4 briglie di nuova realizzazione in pietrame e malta fra q. 365.5 m s.m. circa e q. 361.5 m s.m. circa
- Sopralzo della sponda sinistra fra q.370 m s.m. e q.365.5 m s.m. circa mediante realizzazione di un cordolo in pietrame e malta
- Realizzazione di un difesa spondale in pietrame e malta in sponda destra fra q. 367.5 e q. 364.5 m s.m. circa
- Realizzazione di una scogliera di deviazione in pietrame e malta a q. 358 m s.m. sul versante sinistro a valle del cambio di direzione del torrente
- Rivestimento corticale della parete rocciosa in sponda destra mediante l'installazione di una rete in aderenza di tipo leggero rinforzata con trefoli di acciaio

6.1. BRIGLIE IN PIETRAME E MALTA

Allo scopo di proteggere l'alveo dalle continue erosioni operate dal corso d'acqua e di ridurre il trasporto solido verso le zone di valle, si prevede la realizzazione di una serie di briglie di modeste dimensioni. Il corpo della briglia e la soglia sfiorante dovranno essere realizzati in pietrame reperito sul posto o proveniente da cava di prestito con pezzatura non inferiore a 0.20 m^3, opportunamente legato con malta cementizia.

Per l'immorsamento delle spalle e fondazioni delle briglie si dovrà eseguire uno scavo a gradini fino al raggiungimento del substrato sano; la base di appoggio della briglia sarà preventivamente regolarizzata con un getto di cls magro.

Sono previsti due tipologici di progetto, riportati schematicamente in **Figura 6.1** e **Figura 6.2**, che si distinguono per geometria della gaveta centrale (per maggiori dettagli si veda la relativa tavola al rif.(5).

La geometria delle singole briglie è stata definita sulla base delle variazioni locali della geometria di impluvio che, nell'area di intervento, è caratterizzato da brusche variazioni di sezioni e pendenza, in modo da garantire il deflusso controllato delle acque limitando anche in condizioni di massima piena il trasporto solido ed in generale i fenomeni di erosione sulle sponde e sul fondo alveo. Tutte le briglie hanno fondazioni e spalle immorsate in roccia sana.

In **Figura 6. 3** è riportato il profilo di progetto in asse. Per maggiori dettagli si rimanda alle tavole di progetto ai riff. (3) e (4).

In **Tabella 6.1** sono riportati, per ciascuna delle sezioni di progetto, i parametri geometrici rilevanti per le verifiche idrauliche riportate al successivo § 7.1, secondo il modello geometrico descritto in **Figura 6.4** che schematizza sia l'alveo che la gaveta con una sezione tipo trapezoidale.

	Geometria alveo			Geometria gaveta	
Sezione	**B (m)**	**S_D (m)**	**S_S (m)**	**b (m)**	**S_G (m)**
3-3	1.80	0.36	0.43	2.00	0.25
4-4	1.61	0.22	0.38	2.00	0.25
5-5	3.80	0.18	0.54	3.00	0.50
6-6	2.70	0.18	0.72	2.50	0.50
8-8	2.15	0.30	0.18	1.80	0.25
9-9	3.40	0.47	0.47	2.50	0.50

Tabella 6.1 – Riepilogo parametri geometrici lungo le sezioni di progetto

A completamento della sistemazione mediante briglie, è prevista la realizzazione di una scogliera di deviazione del flusso idrico in corrispondenza della sezione 2-2, dove l'impluvio è caratterizzato da un cambio di direzione di quasi 90°.

6.2. OPERE DI COMPLETAMENTO

La sponda destra dell'alveo è caratterizzata dalla presenza di un fronte roccioso che, per effetto dei cicli di gelo-disgelo e dei processi di scalzamento al piede, tende a disgregarsi contribuendo in maniera non trascurabile al trasporto solido del T. Molina.

Per evitare il distacco di elementi lapidei di dimensioni decimetriche è prevista l'installazione sul versante destro di una rete metallica in aderenza, ancorata mediante barre Ø20mm di lunghezza pari a 1.5m.

L'area totale di intervento è di circa 300 m^2, come individuata schematicamente nella tavola di progetto al rif.(3).

Al piede del versante è inoltre prevista la protezione del versante mediante la realizzazione di una protezione spondale in pietrame e malta.

Infine, nei tratti caratterizzati dalle sezioni idrauliche più critiche, è previsto un rialzo della sponda sinistra in pietrame e malta tale da garantire il contenimento della portata di progetto di 10.6 m^3/s.

7. VERIFICHE BRIGLIE

7.1. VERIFICHE IDRAULICHE

La realizzazione delle briglie è volta alla drastica riduzione del trasporto solido mediante la correzione della pendenza media del torrente.

Allo stato attuale il torrente, nel tratto compreso tra le sezioni 9-9 e 3-3, di lunghezza pari a 31.5 m, è caratterizzato da una pendenza media del 24%.

Le caratteristiche idrauliche della corrente allo stato attuale (**Tabella 7.1**) sono state valutate in corrispondenza della sezione critica (4-4), caratterizzata dalle dimensioni minime, considerando la portata di progetto di 10.6 m^3/s (calcolata al precedente §5) ed un coefficiente di scabrezza di Strickler K_s=40.

h	A	P	Bs	A/Bs	R	Ks	i	V	Q	Fr	γ_s	Δ	d_{50}	θ
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	($m^{0,33}s^{-1}$)	(-)	(m/s)	(m3/s)	(-)	(kg/m^3)	(-)	(m)	(-)
0.59	1.05	2.85	1.96	0.54	0.37	40	0.24	10.11	10.66	4.41	2500	1.50	0.25	0.24

Tabella 7.1 – Caratteristiche corrente allo stato attuale – Sez.4-4

Allo stato attuale, in corrispondenza della portata di progetto di 10.6 m^3/s, nella sezione critica si verifica una velocità massima della corrente di 10.11 m/s con tirante di 0.59 m.

Nella stessa tabella è calcolato il parametro di Shields (o indice di mobilità) θ relativo al materiale con fuso granulometrico caratterizzato da d_{50}=0.25m e peso specifico γ_s=2500 kg/m^3. L'indice θ risulta ampiamente superiore al valere limite di 0.085, per cui è confermata l'erosione del fondo per elementi con d_{50}=0.25 m.

La pendenza di correzione i_C da ottenere nel tratto attraverso la realizzazione delle briglie è stata definita in modo da eliminare l'erosione del fondo, vale a dire riducendo il parametro di Shields θ ad un valore pari o inferiore a 0.057.

In **Tabella 7.2** sono riportate le caratteristiche della corrente allo stato di progetto in corrispondenza della sezione critica (4-4), considerando la pendenza di correzione i_c=3%.

h	A	P	Bs	A/Bs	R	Ks	ic	V	Q	Fr	γ_s	Δ	d_{50}	θ
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	($m^{0,33}s^{-1}$)	(-)	(m/s)	(m3/s)	(-)	(kg/m^3)	(-)	(m)	(-)
1.16	2.27	4.04	2.31	0.98	0.56	40	0.03	4.72	10.72	1.52	2500	1.50	0.25	0.04

Tabella 7.2 – Caratteristiche corrente allo stato di progetto – Sez.4-4

Allo stato di progetto, in corrispondenza della portata di progetto di 10.6 m^3/s, nella sezione critica si verifica una velocità massima della corrente di 4.72 m/s con tirante di 1.16 m. L'indice di Shields è pari a 0.04, per cui il requisito di eliminazione di erosione del fondo è garantito.

Per ottenere una riduzione di pendenza media dal 24% al 3% sul tratto tra le sezioni 9-9 e 3-3, di lunghezza pari a 31.5 m, è necessario garantire attraverso la realizzazione delle briglie un salto totale di 6.6 m.

L'altezza delle sei briglie e la loro distanza reciproca sono state definite considerando le variazioni geometriche dell'alveo, in modo da limitare l'altezza delle strutture pur garantendo la correzione di pendenza al 3%.

In **Tabella 7.3** sono riportati i salti tra le briglie (differenza di quota tra delle gavete) e la loro distanza (tra paramenti di monte), come riportate anche nel profilo di progetto di **Figura 6.3**.

Sezione	Distanza da briglia precedente	Altezza Briglia
(-)	(m)	(m)
3-3	-	0.80
Da 3-3 a 4-4	6.10	1.52
Da 4-4 a 5-5	3.85	1.98
da 5-5 a 6-6	3.10	0.95
da 6-6 a 8-8	7.60	0.89
Da 8-8 a 9-9	9.50	0.85

Tabella 7.3 – Caratteristiche geometriche salti tra le briglie

Il salto totale fornito dalle sei briglie è di circa 7.0 m, a fronte del salto minimo di progetto di 6.6 m.

Le dimensioni delle gavete (larghezza alla base, scarpa e altezza) sono state definite analizzando, per ciascuna briglia, le caratteristiche idrauliche della corrente modificata per la presenza del restringimento di sezione, e assicurando che l'altezza totale fosse tale da garantire il contenimento della massima portata di progetto.

Secondo lo schema riportato in **Figura 7.1**, è stata analizzata la corrente:

- In corrispondenza della gaveta, dove il tirante è dato dall'altezza critica k
- Appena a monte della gaveta, nelle condizioni di interrimento presente, dove il tirante è dato da h
- Appena a valle della gaveta, dove il tirante è dato da h_1 a distanza L_1 dal paramento di valle della briglia

Le analisi in corrispondenza delle sei briglie sono riportate da **Figura 7.2** a **Figura 7.7**.

Nel profilo di progetto in **Figura 6.3** è già riportato l'andamento teorico della corrente per la massima portata di progetto.

Sulla base delle analisi di cui sopra sono state definite le altezze di progetto delle difese spondali previste in sponda destra e sponda sinistra dell'alveo.

7.2. VERIFICHE STATICHE

Le briglie verranno immorsate in roccia sana per uno spessore di almeno 50 cm, impedendo quindi la formazione di eventuali meccanismi rigidi di scivolamento o ribaltamento.

Rimangono tuttavia da verificare eventuali rotture che potrebbero verificarsi nella muratura in pietrame e malta che costituisce le briglie, soprattutto in corrispondenza delle zone di immorsamento in roccia dove potrebbero generarsi delle tensioni di trazione non compatibili con la resistenza del materiale.

La briglie in oggetto sono realizzate all'interno di una forra molto stretta, per cui gli usuali schemi statici bidimensionali utilizzati per briglie di grandi dimensioni risulterebbero eccessivamente penalizzanti nel dimensionamento strutturale dell'opera.

Per questo motivo si è deciso di sviluppare un modello numerico della briglia prevista in progetto in corrispondenza della sezione 5-5 che, per geometria e tiranti idraulici previsti a progetto, è quella più critica a livello di verifica strutturale (massima larghezza e altezza della briglia).

Scopo del modello è quello di definire gli sforzi principali di trazione e compressione che si vengono a creare nella briglia nella condizione di massima piena, da confrontare con le relative resistenze di progetto.

La briglia è caratterizzata da un'altezza massima del paramento di valle di circa 3.6 m, altezza alla base della gaveta di 2.0 m, larghezza alla base della gaveta di 3.0 e larghezza massima della briglia di circa 7.0 m.

Il modello numerico è stato sviluppato mediante il codice di calcolo agli elementi finiti MIDAS GTS NX 2014 (rif.(11)), appositamente sviluppato per analisi in campo geotecnico e strutturale sia in campo lineare che non lineare.

La maglia ad elementi finiti include la briglia e una porzione dell'ammasso roccioso di fondazione, le cui dimensioni sono state scelte in modo da garantire che le condizioni di vincolo al contorno non influenzassero i risultati in corrispondenza della briglia.

In **Figura 7.8** e **Figura 7.9** sono riportate due viste della griglia ad elementi finiti adottata.

In totale il modello numerico è composto da 18598 nodi e 103239 elementi.

Sia la briglia che l'ammasso roccioso di fondazione sono stati schematizzati mediante elementi finiti tridimensionali tetraedrici con legame costitutivo elastico lineare e isotropo. I parametri utilizzati sono riassunti in **Tabella 7.4**.

	E	ν	γ
MATAERIALE	(GPa)	(-)	(kN/m^3)
BRIGLIA	2	0.40	21
AMMASSO ROCCIOSO	10	0.25	24

Tabella 7.4 – Proprietà fisiche e meccaniche dei materiali del modello FEM

Le proprietà meccaniche della muratura in pietrame e malta che costituisce le briglie sono state definite in accordo con i valori riportati al §11.10.3 delle NTC2008 assumendo:

- Malta a prestazione garantita M2.5
- Resistenza a compressione dell'elemento lapidea f_{bk}=3.0 MPa

Da cui deriva:

- Resistenza a compressione della muratura f_k=2.0 MPa
- Resistenza caratteristica a taglio della muratura f_{vk0}=0.1 MPa
- Modulo di elasticità secante E=1000×f_k = 2000 MPa
- Resistenza a trazione caratteristica della muratura f_{tk}=0.25 MPa

I valori di resistenza di progetto sono ottenuti dividendo quelli caratteristici per il fattore parziale γ_M=2.5, definito in accordo con la tabella 4.5.II delle NTC2008 per classe di esecuzione 2 ed elementi con malta a prestazione garantita.

Per quanto riguarda invece l'ammasso roccioso, dal momento che questo risulta nettamente più rigido e resistente della briglia, si è ritenuto sufficiente definire i soli parametri di rigidezza, basati su risultati di prove meccaniche eseguite nella vicina miniera di Alpetto su rocce del medesimo litotipo.

I carichi considerati nella modellazione numerica sono:

- Pesi propri
- Spinte idrostatiche sulla briglia, definite considerando la condizione di massima piena che è caratterizzata per la briglia in oggetto dai seguenti tiranti (ottenuti dall'analisi idraulica riassunta in **Figura 7. 4**):
    - Tirante a monte h=1.4 m (da base gaveta)
    - Tirante gaveta k=1.0 m (da base gaveta)
    - Tirante valle h_1=0.65 m (da base paramento valle)
- Sottospinte applicate alla base della briglia considerando una legge di variazione lineare tra le pressioni di monte e di valle della briglia.

In **Figura 7.10**, **Figura 7.11** e **Figura 7.12** sono rappresentate le pressioni idrostatiche applicate sulle superfici della briglia.

E' stata condotta un'analisi numerica di tipo "staged construction" che ha considerato la seguente sequenza di applicazione dei carichi:

- Applicazione peso proprio allo stato attuale
- Realizzazione briglia ed applicazione peso proprio
- Applicazione carichi idrostatici

I risultati delle analisi sono rappresentati nelle seguenti figure:

- **Figura 7.13** e **Figura 7.14** – andamento degli sforzi principali di trazione nella briglia
- **Figura 7.15** e **Figura 7.16** – andamento degli sforzi principali di compressione nella briglia
- **Figura 7.17** – rappresentazione della deformata e spostamenti massimi

Gli sforzi principali massimi agenti nella briglia risultano:

σ_{td} = 50 kPa (massimo sforzo principale di trazione)

σ_{cd} = 100 kPa (massimo sforzo principale di compressione)

Entrambi i valori sono inferiori ai relativi valori di resistenza di progetto, pari a:

$f_{td} = f_{tk}/\gamma_M$ = 250/2.5 = 100 kPa (resistenza a trazione di progetto)

$f_{cd} = f_k/\gamma_M$ = 2000/2.5 = 800 kPa (resistenza a compressione di progetto)

La struttura risulta estremamente rigida, per cui gli spostamenti calcolati sono trascurabili (inferiori al mm).

Per quanto sopra le verifiche strutturali delle briglie sono soddisfatte.

FIGURE

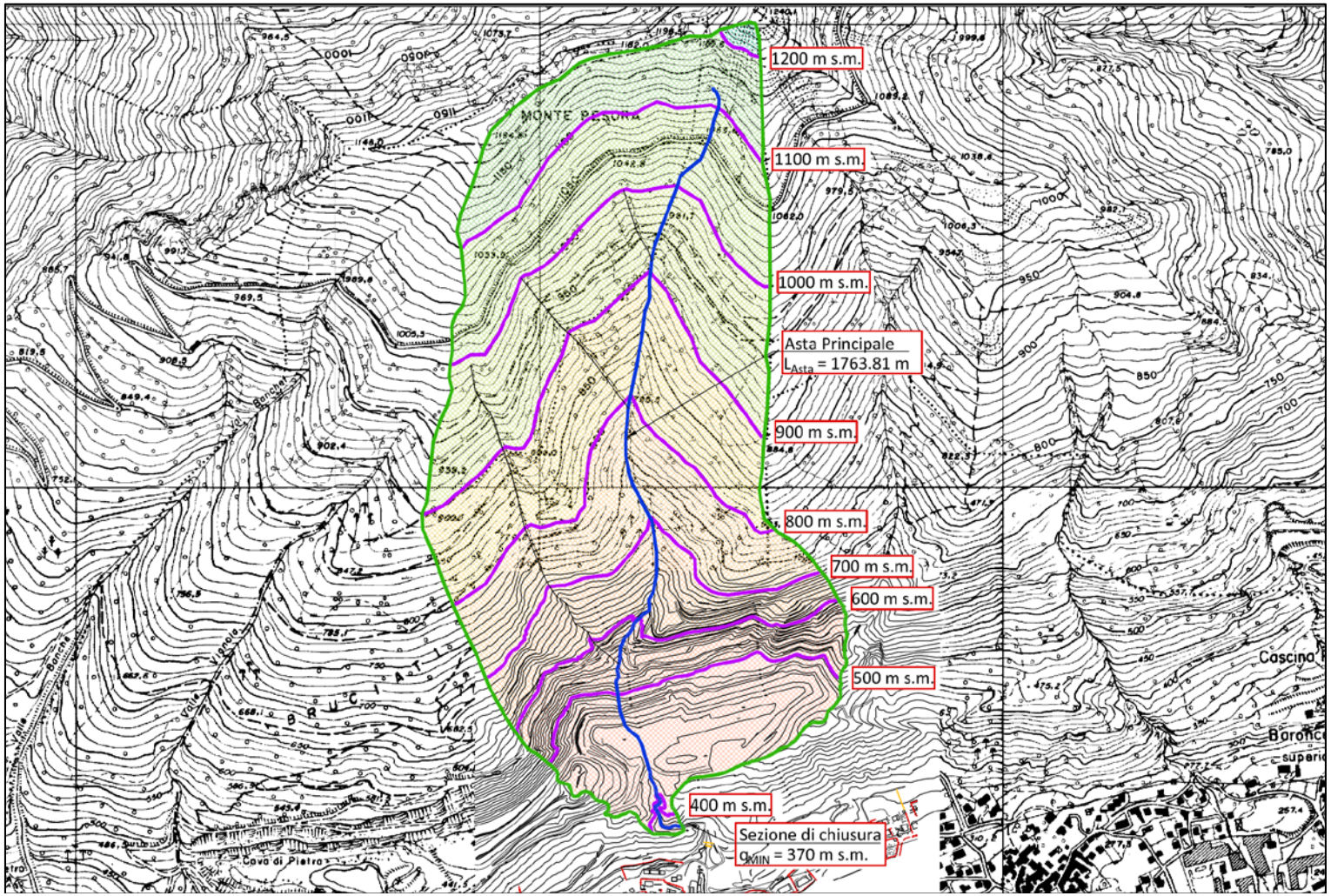

Figura 5. 1 – Bacino idrografico T. Molina con chiusura a q. 370 m s.m.

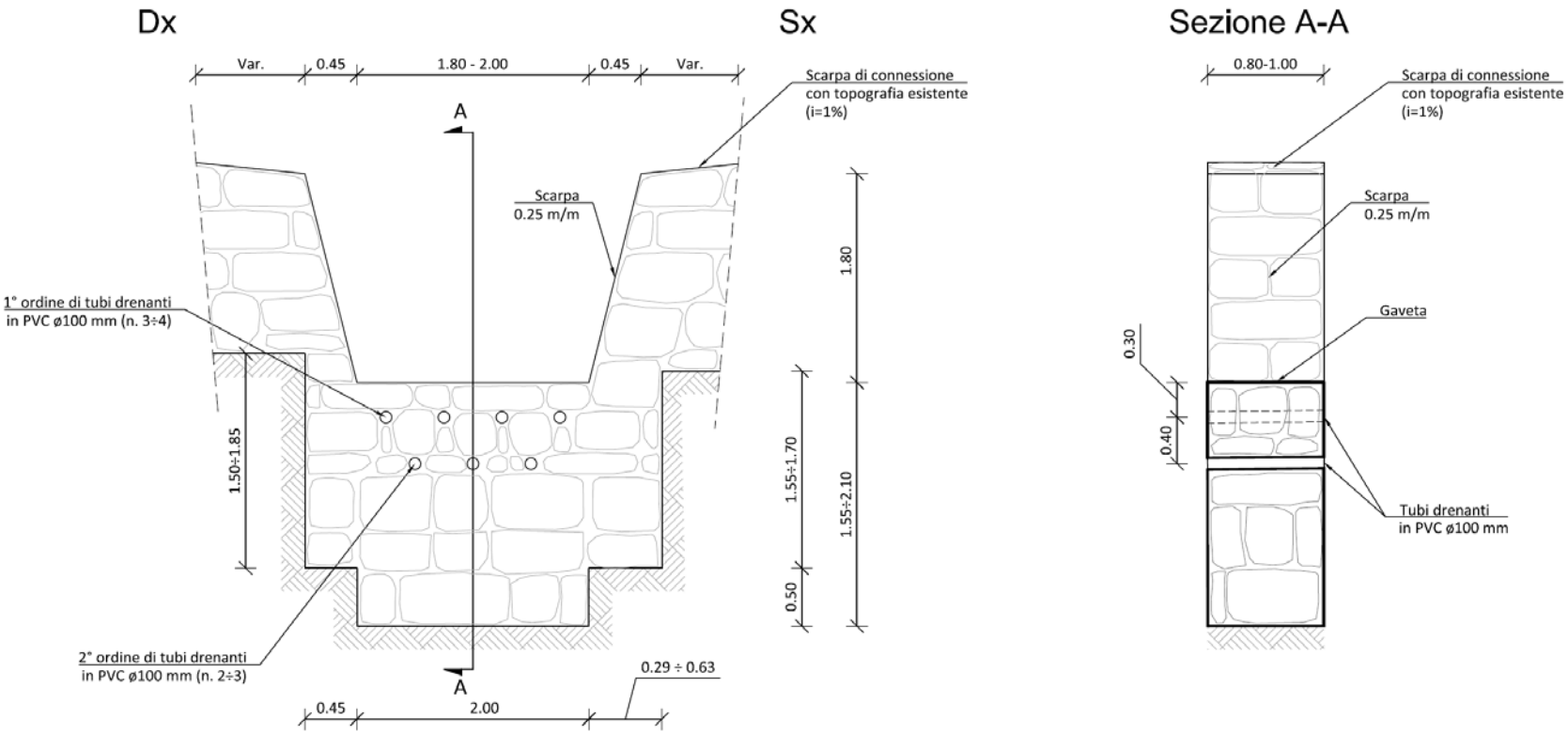

Figura 6.1 – Tipologico di progetto briglie tipo T1

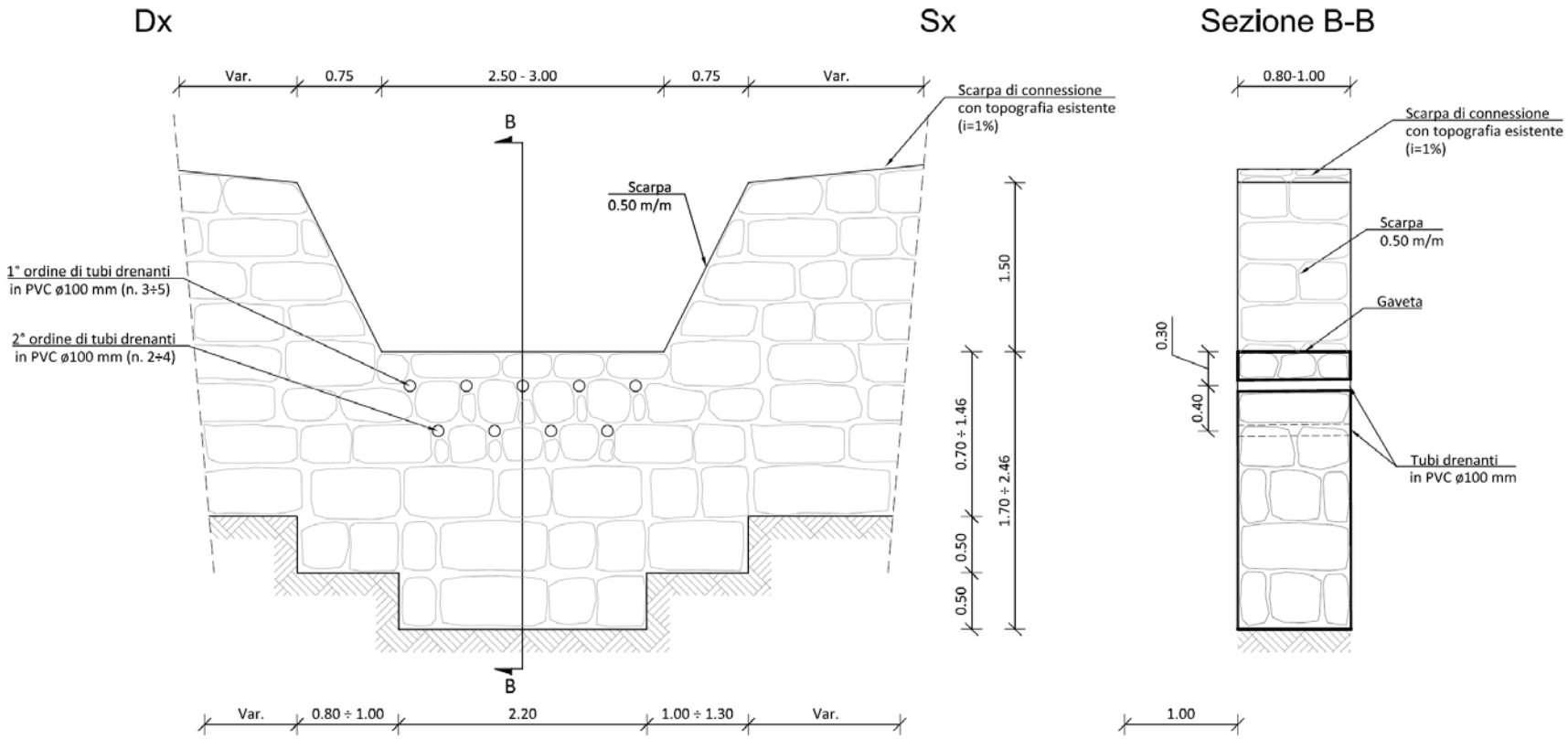

Figura 6.2 – Tipologico di progetto briglie tipo T2

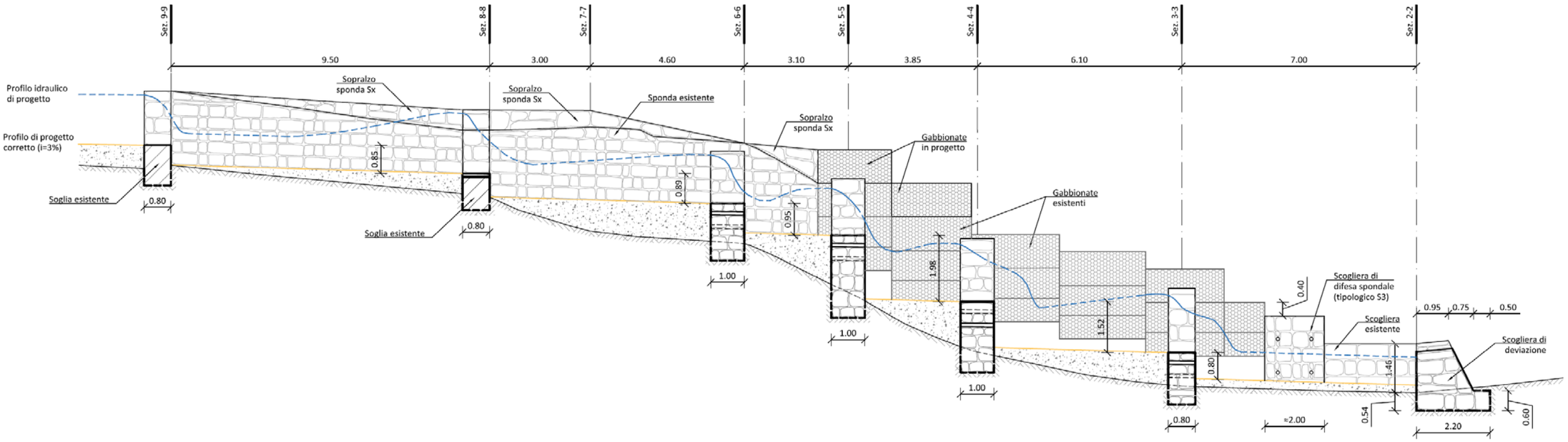

Figura 6.3 – Profilo di progetto in asse alveo – vista verso Nord

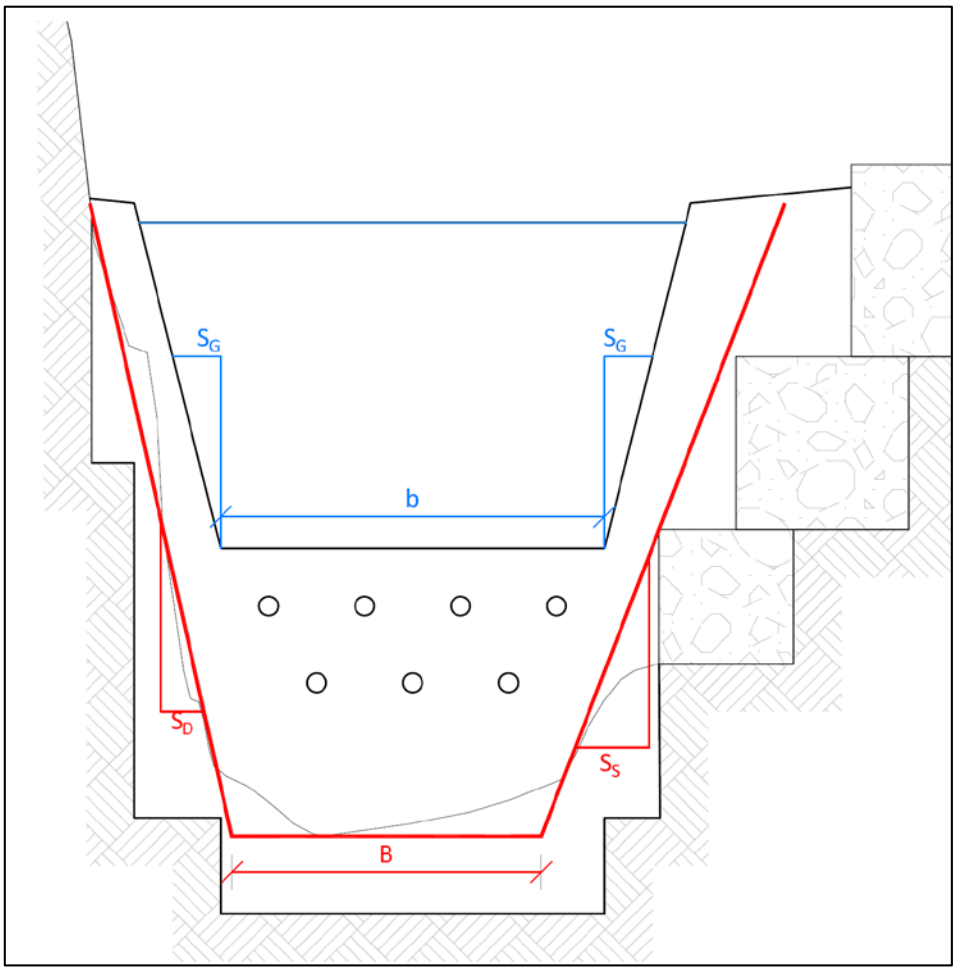

Figura 6.4 – Definizione dei parametri geometrici dell' alveo e della gaveta

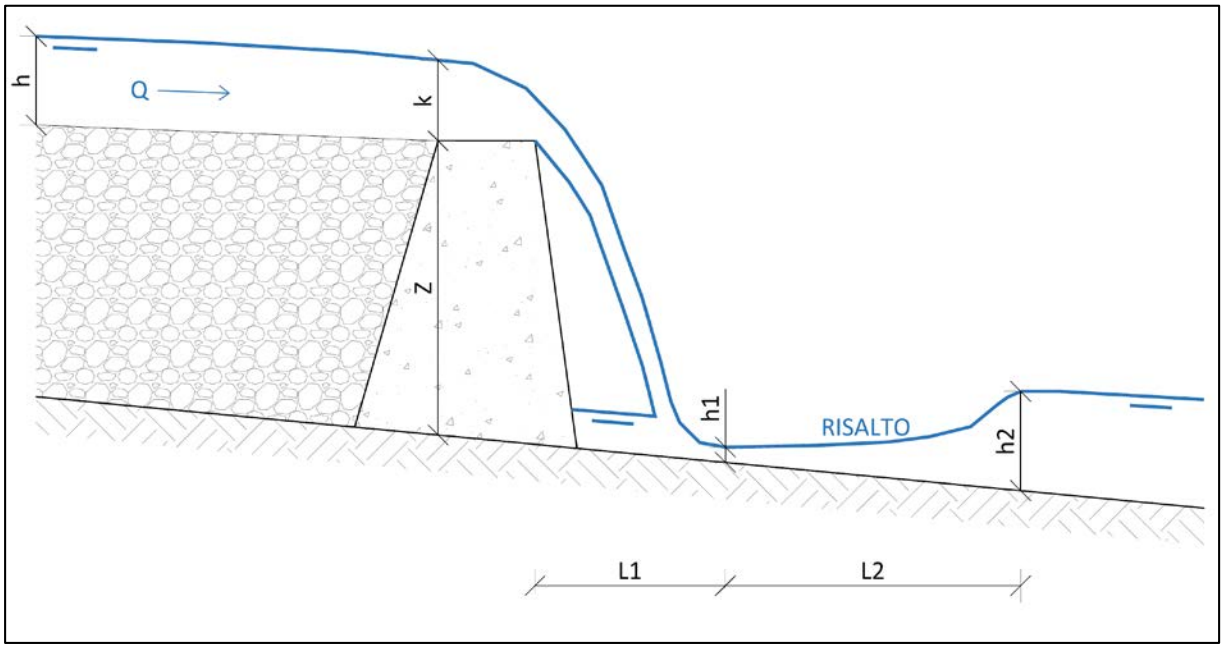

Figura 7.1 – Schema tiranti idraulici per l'analisi delle caratteristiche della corrente in corrispondenza della gaveta

DIMENSIONAMENTO IDRAULICO CUNETTA

Lc	2	(m)	Larghezza base cunetta
S	0.25	(m)	Scarpa cunetta

k	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
1.34	3.129	4.762	2.670	1.172	0.657	3.39	10.609	1.93	1.000

VERIFICA A MONTE CUNETTA CON INTERRAMENTO (UGUAGLIANZA ENERGIA)

B	2.4	(m)	Larghezza a monte della cunetta con interramento
n_1	0.36	(m)	Scarpa sx
n_2	0.43	(m)	Scarpa dx

h	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
1.73	5.390	6.154	3.799	1.419	0.876	1.967	10.600	1.93	0.527

VERIFICA A MONTE CUNETTA SENZA INTERRAMENTO (UGUAGLIANZA ENERGIA)

B	1.8	(m)	Larghezza a monte della cunetta senza interramento
n_1	0.36	(m)	Scarpa sx
n_2	0.43	(m)	Scarpa dx

z	h'	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
0.8	1.83	7.466	7.458	3.878	1.925	1.001	1.420	10.600	1.93	0.327

CONDIZIONI CORRENTE A VALLE DELLA BRIGLIA

L_1	1.37	(m)	Distanza di impatto della corrente a valle della briglia (per portata massima)
E	2.73	(m)	Energia corrente rispetto base briglia in corrispondenza cunetta

B	1.8	(m)	Larghezza a valle della cunetta
n_1	0.36	(m)	Scarpa sx
n_2	0.43	(m)	Scarpa dx

h1	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
0.81	1.717	3.543	2.440	0.704	0.485	6.173	10.600	2.75	2.349

Figura 7.2 – Verifiche idrauliche briglia – Sez.3-3

DIMENSIONAMENTO IDRAULICO CUNETTA

Lc	2	(m)	Larghezza base cunetta
S	0.25	(m)	Scarpa cunetta

k	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
1.34	3.129	4.762	2.670	1.172	0.657	3.39	10.609	1.93	1.000

VERIFICA A MONTE CUNETTA CON INTERRAMENTO (UGUAGLIANZA ENERGIA)

B	2.5	(m)	Larghezza a monte della cunetta con interramento
n_1	0.22	(m)	Scarpa sx
n_2	0.38	(m)	Scarpa dx

h	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
1.7	5.032	6.009	3.470	1.450	0.837	2.107	10.600	1.93	0.559

VERIFICA A MONTE CUNETTA SENZA INTERRAMENTO (UGUAGLIANZA ENERGIA)

B	1.6	(m)	Larghezza a monte della cunetta senza interramento
n_1	0.22	(m)	Scarpa sx
n_2	0.38	(m)	Scarpa dx

z	h'	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
1.4	1.84	8.366	8.394	3.554	2.354	0.997	1.267	10.600	1.92	0.264

CONDIZIONI CORRENTE A VALLE DELLA BRIGLIA

L_1	1.81	(m)	Distanza di impatto della corrente a valle della briglia (per portata massima)
E	3.33	(m)	Energia corrente rispetto base briglia in corrispondenza cunetta

B	1.6	(m)	Larghezza a valle della cunetta
n_1	0.22	(m)	Scarpa sx
n_2	0.38	(m)	Scarpa dx

h1	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
0.81	1.501	3.306	2.096	0.716	0.454	7.062	10.600	3.35	2.665

Figura 7.3 – Verifiche idrauliche briglia – Sez.4-4

DIMENSIONAMENTO IDRAULICO CUNETTA

Lc	3	(m)	Larghezza base cunetta
S	0.5	(m)	Scarpa cunetta

k	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
1.025	3.600	5.292	4.025	0.894	0.680	2.96	10.665	1.47	1.000

VERIFICA A MONTE CUNETTA CON INTERRAMENTO (UGUAGLIANZA ENERGIA)

B	5.2	(m)	Larghezza a monte della cunetta con interramento
n_1	0.18	(m)	Scarpa sx
n_2	0.54	(m)	Scarpa dx

h	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
1.38	7.917	8.211	6.234	1.270	0.964	1.339	10.600	1.47	0.379

VERIFICA A MONTE CUNETTA SENZA INTERRAMENTO (UGUAGLIANZA ENERGIA)

B	3.8	(m)	Larghezza a monte della cunetta senza interramento
n_1	0.18	(m)	Scarpa sx
n_2	0.54	(m)	Scarpa dx

z	h'	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
2	1.45	17.395	11.226	6.284	2.768	1.549	0.609	10.600	1.47	0.117

CONDIZIONI CORRENTE A VALLE DELLA BRIGLIA

L_1	1.89	(m)	Distanza di impatto della corrente a valle della briglia (per portata massima)
E	3.47	(m)	Energia corrente rispetto base briglia in corrispondenza cunetta

B	3.8	(m)	Larghezza a valle della cunetta
n_1	0.18	(m)	Scarpa sx
n_2	0.54	(m)	Scarpa dx

h1	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
0.65	2.622	5.199	4.268	0.614	0.504	4.043	10.600	1.48	1.647

Figura 7.4– Verifiche idrauliche briglia – Sez.5-5

DIMENSIONAMENTO IDRAULICO CUNETTA

Lc	2.5	(m)	Larghezza base cunetta
S	0.5	(m)	Scarpa cunetta

k	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
1.13	3.463	5.027	3.630	0.954	0.689	3.06	10.596	1.61	1.000

VERIFICA A MONTE CUNETTA CON INTERRAMENTO (UGUAGLIANZA ENERGIA)

B	3.6	(m)	Larghezza a monte della cunetta con interramento
n_1	0.18	(m)	Scarpa sx
n_2	0.72	(m)	Scarpa dx

h	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
1.45	6.101	6.815	4.860	1.255	0.895	1.737	10.600	1.60	0.495

VERIFICA A MONTE CUNETTA SENZA INTERRAMENTO (UGUAGLIANZA ENERGIA)

B	2.7	(m)	Larghezza a monte della cunetta senza interramento
n_1	0.18	(m)	Scarpa sx
n_2	0.72	(m)	Scarpa dx

z	h'	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
0.95	1.54	9.513	8.298	4.941	1.925	1.146	1.114	10.600	1.60	0.256

CONDIZIONI CORRENTE A VALLE DELLA BRIGLIA

L_1	1.35	(m)	Distanza di impatto della corrente a valle della briglia (per portata massima)
E	2.56	(m)	Energia corrente rispetto base briglia in corrispondenza cunetta

B	2.7	(m)	Larghezza a valle della cunetta
n_1	0.18	(m)	Scarpa sx
n_2	0.72	(m)	Scarpa dx

h1	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
0.575	1.701	3.993	3.218	0.529	0.426	6.231	10.600	2.55	2.736

Figura 7.5 – Verifiche idrauliche briglia – Sez.6-6

DIMENSIONAMENTO IDRAULICO CUNETTA

Lc	1.8	(m)	Larghezza base cunetta
S	0.25	(m)	Scarpa cunetta

k	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
1.42	3.060	4.727	2.510	1.219	0.647	3.46	10.583	2.03	1.000

VERIFICA A MONTE CUNETTA CON INTERRAMENTO (UGUAGLIANZA ENERGIA)

B	2.5	(m)	Larghezza a monte della cunetta con interramento
n_1	0.30	(m)	Scarpa sx
n_2	0.18	(m)	Scarpa dx

h	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
1.83	5.353	6.256	3.364	1.591	0.856	1.980	10.600	2.03	0.501

VERIFICA A MONTE CUNETTA SENZA INTERRAMENTO (UGUAGLIANZA ENERGIA)

B	2.2	(m)	Larghezza a monte della cunetta senza interramento
n_1	0.30	(m)	Scarpa sx
n_2	0.18	(m)	Scarpa dx

z	h'	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
0.7	1.92	7.280	7.547	3.408	2.137	0.965	1.456	10.600	2.03	0.318

CONDIZIONI CORRENTE A VALLE DELLA BRIGLIA

L_1	1.31	(m)	Distanza di impatto della corrente a valle della briglia (per portata massima)
E	2.73	(m)	Energia corrente rispetto base briglia in corrispondenza cunetta

B	2.2	(m)	Larghezza a valle della cunetta
n_1	0.30	(m)	Scarpa sx
n_2	0.18	(m)	Scarpa dx

h1	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
0.73	1.697	3.654	2.500	0.679	0.465	6.245	10.600	2.72	2.420

Figura 7.6 – Verifiche idrauliche briglia – Sez.8-8

DIMENSIONAMENTO IDRAULICO CUNETTA

Lc	2.5	(m)	Larghezza base cunetta
S	0.5	(m)	Scarpa cunetta

k	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
1.13	3.463	5.027	3.630	0.954	0.689	3.06	10.596	1.61	1.000

VERIFICA A MONTE CUNETTA CON INTERRAMENTO (UGUAGLIANZA ENERGIA)

B	4.0	(m)	Larghezza a monte della cunetta con interramento
n_1	0.47	(m)	Scarpa sx
n_2	0.47	(m)	Scarpa dx

h	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
1.5	7.004	7.279	5.374	1.303	0.962	1.514	10.600	1.62	0.423

VERIFICA A MONTE CUNETTA SENZA INTERRAMENTO (UGUAGLIANZA ENERGIA)

B	3.4	(m)	Larghezza a monte della cunetta senza interramento
n_1	0.47	(m)	Scarpa sx
n_2	0.47	(m)	Scarpa dx

z	h'	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
0.6	1.55	9.483	8.151	5.421	1.749	1.163	1.118	10.600	1.61	0.270

CONDIZIONI CORRENTE A VALLE DELLA BRIGLIA

L_1	1.07	(m)	Distanza di impatto della corrente a valle della briglia (per portata massima)
E	2.21	(m)	Energia corrente rispetto base briglia in corrispondenza cunetta

B	3.4	(m)	Larghezza a valle della cunetta
n_1	0.47	(m)	Scarpa sx
n_2	0.47	(m)	Scarpa dx

h1	A	P	Bs	A/Bs	R	V	Q	E	Fr
(m)	(m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m3/s)	(m)	(-)
0.5	1.818	4.505	3.870	0.470	0.403	5.832	10.600	2.23	2.717

Figura 7.7 – Verifiche idrauliche briglia – Sez.9-9

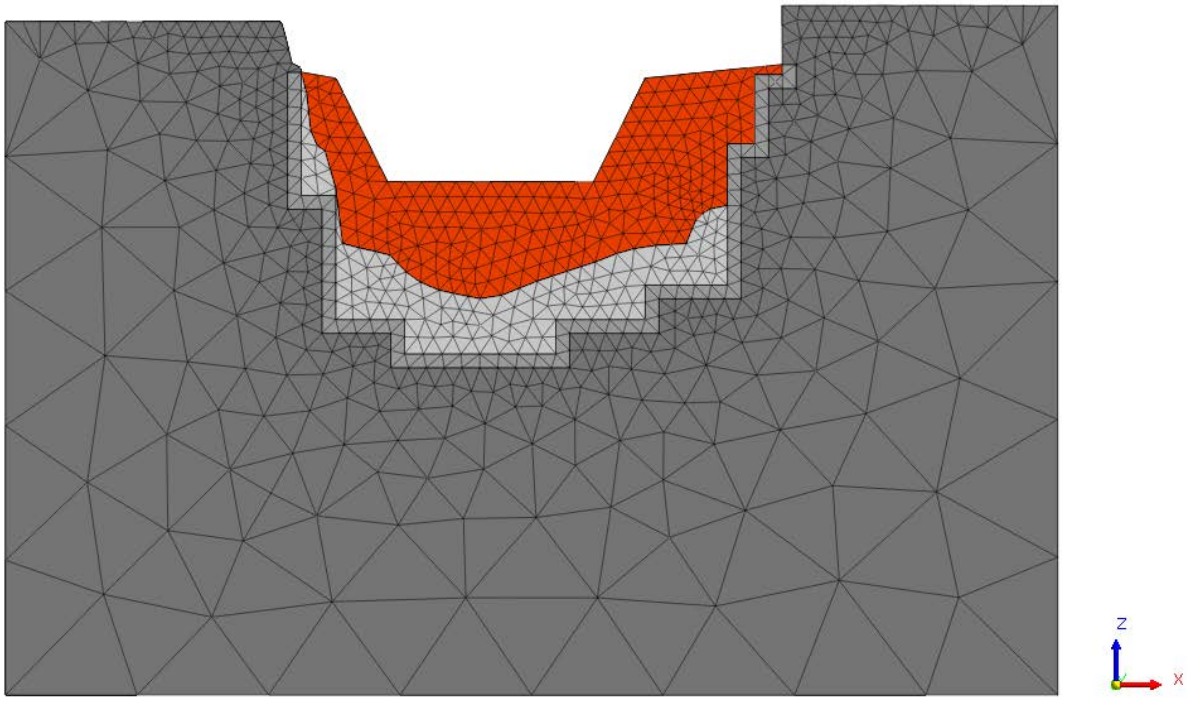

Figura 7.8 – Modello FEM briglia Sez.5-5 – Vista da valle

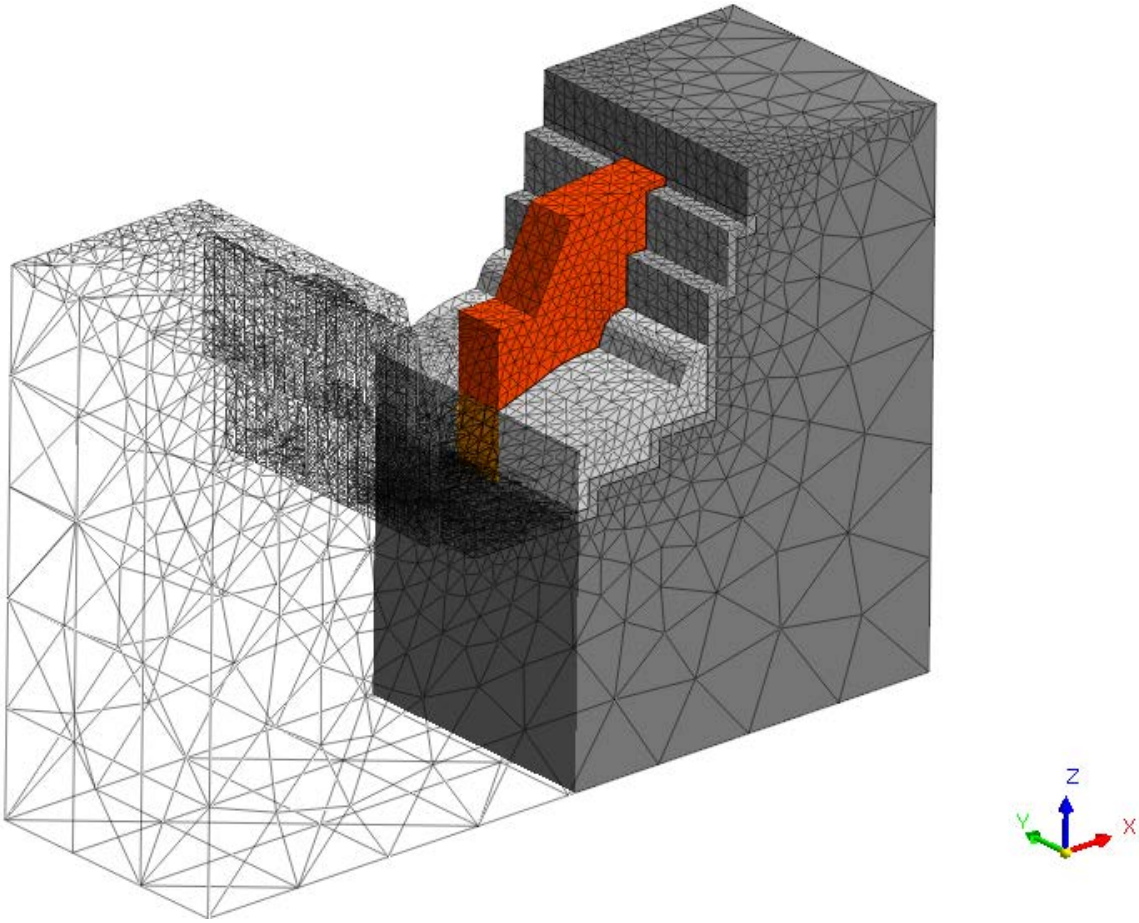

Figura 7.9 – Modello FEM briglia Sez.5-5 – Vista tridimensionale sezionata in asse

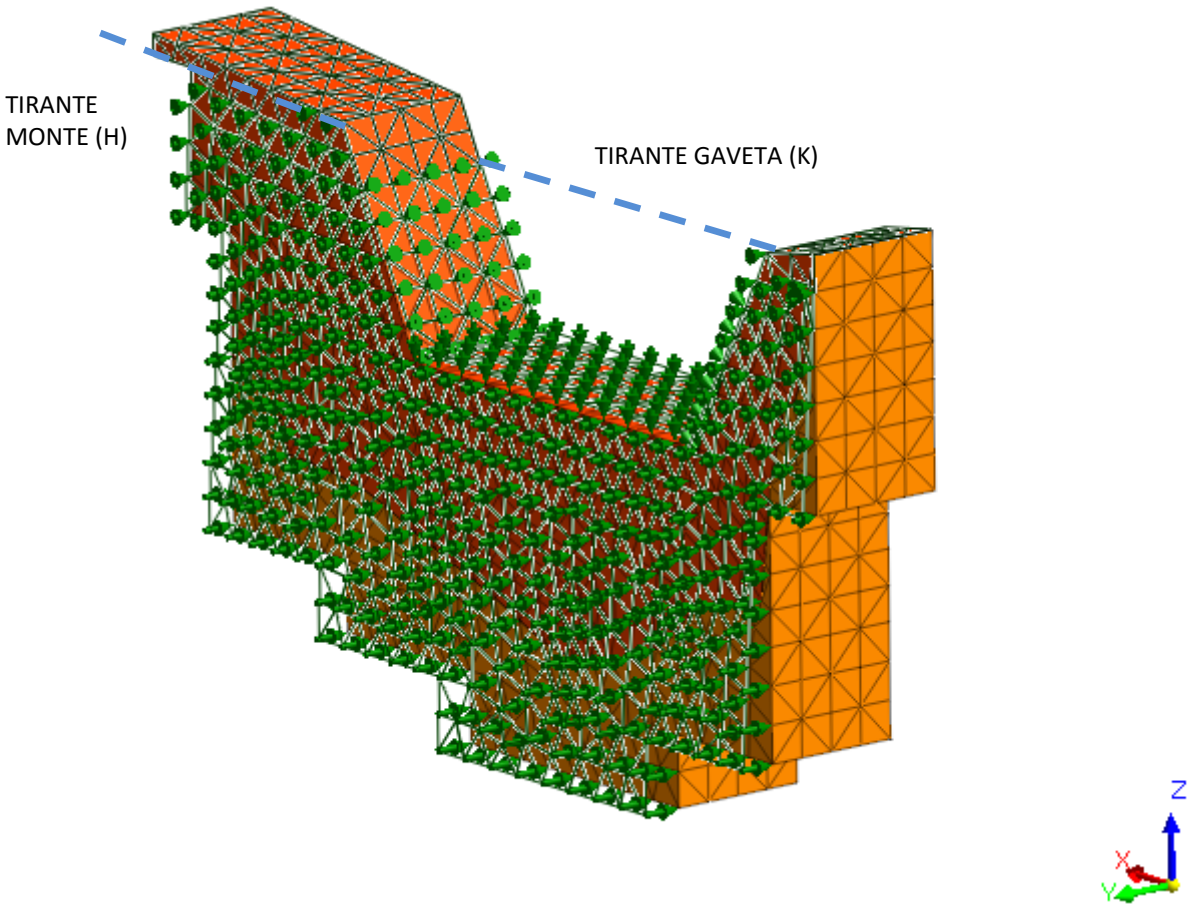

Figura 7.10 – Modello FEM briglia Sez.5-5 – Rappresentazione pressioni agenti sul paramento di monte e sulla gaveta

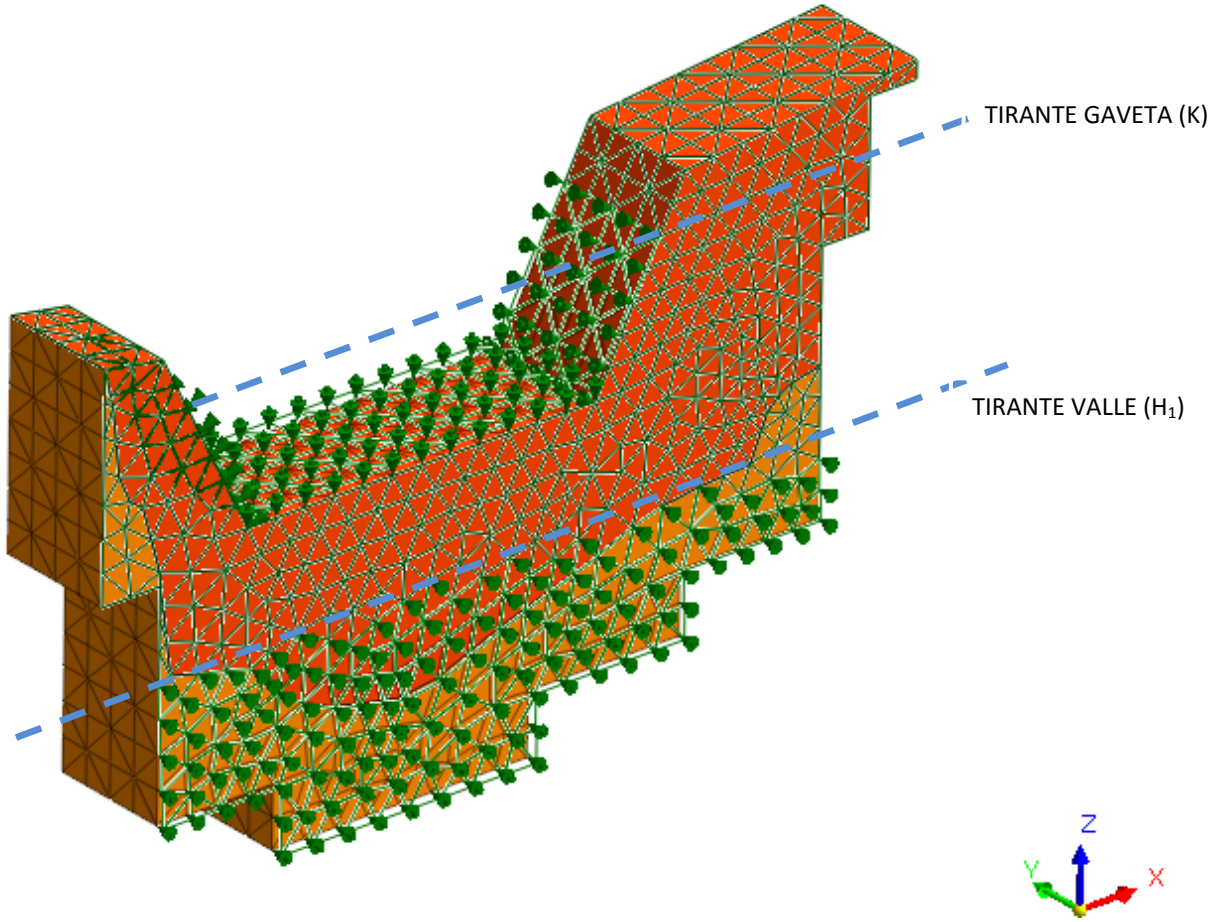

Figura 7.11 – Modello FEM briglia Sez.5-5 – Rappresentazione pressioni agenti sul paramento di valle e sulla gaveta

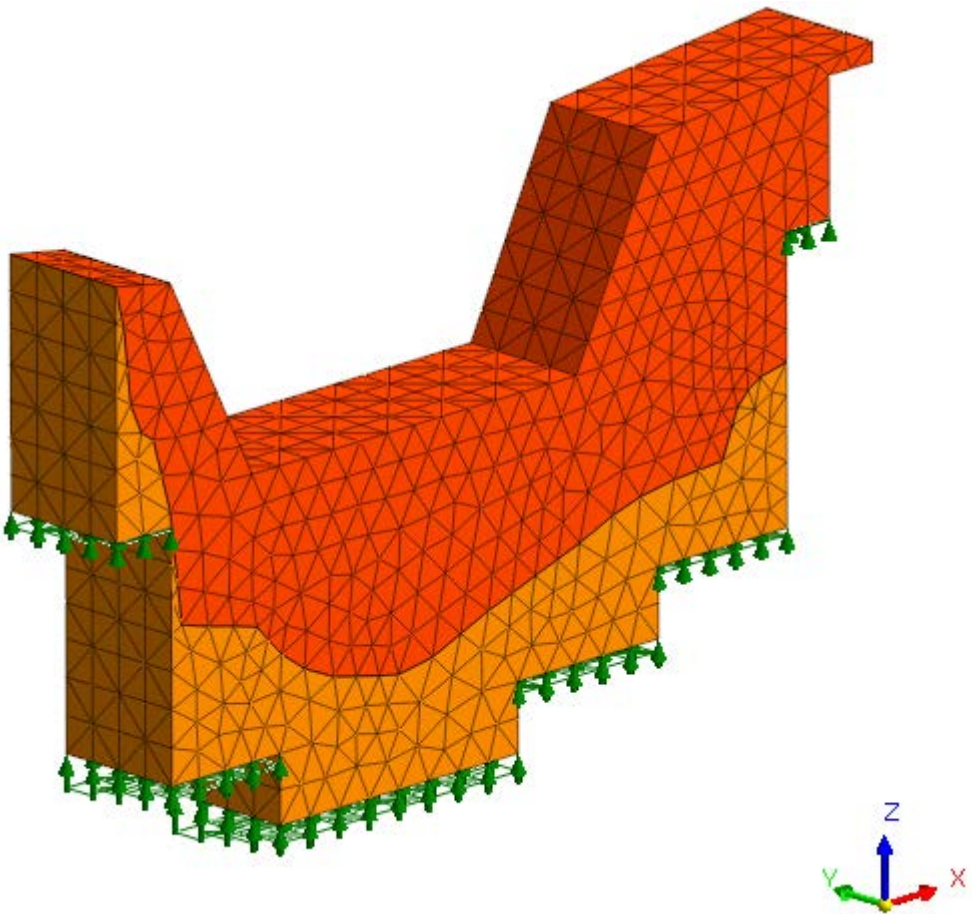

Figura 7.12– Modello FEM briglia Sez.5-5 – Rappresentazione delle sottopressioni agenti alla base della briglia

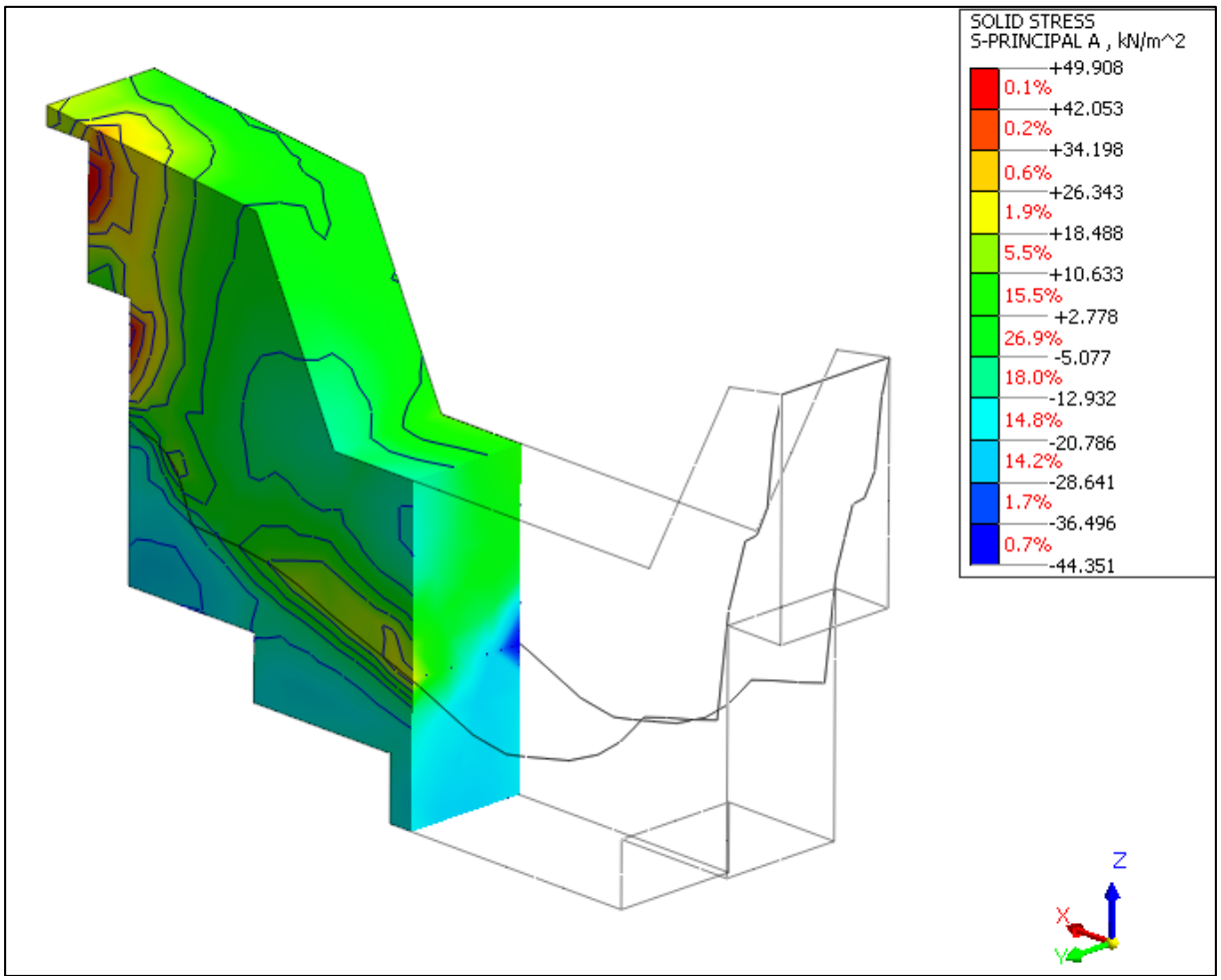

Figura 7.13 – Modello FEM briglia Sez.5-5 – Sforzi principali di trazione – Vista da monte sezionata

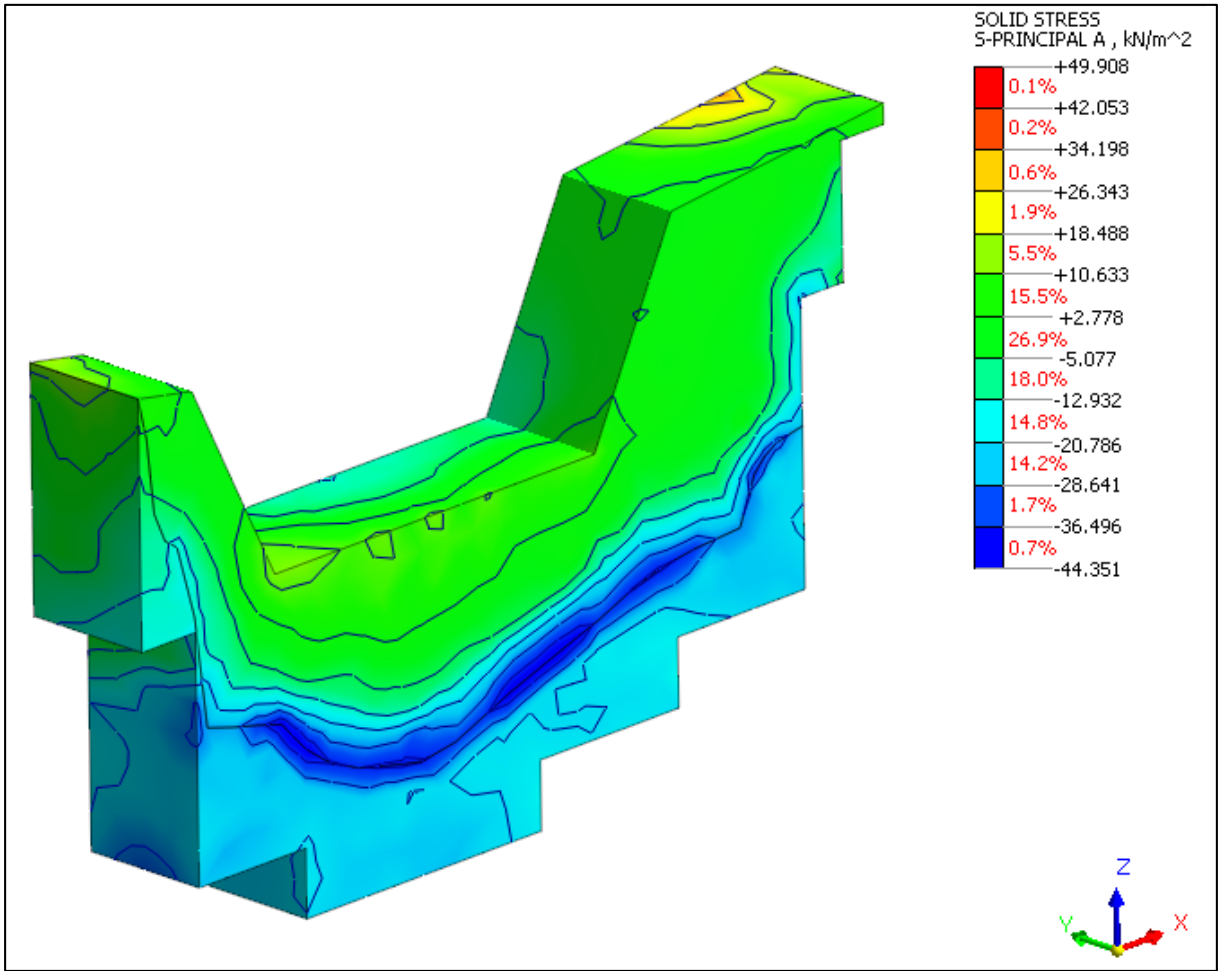

Figura 7.14 – Modello FEM briglia Sez.5-5 – Sforzi principali di trazione – Vista da valle

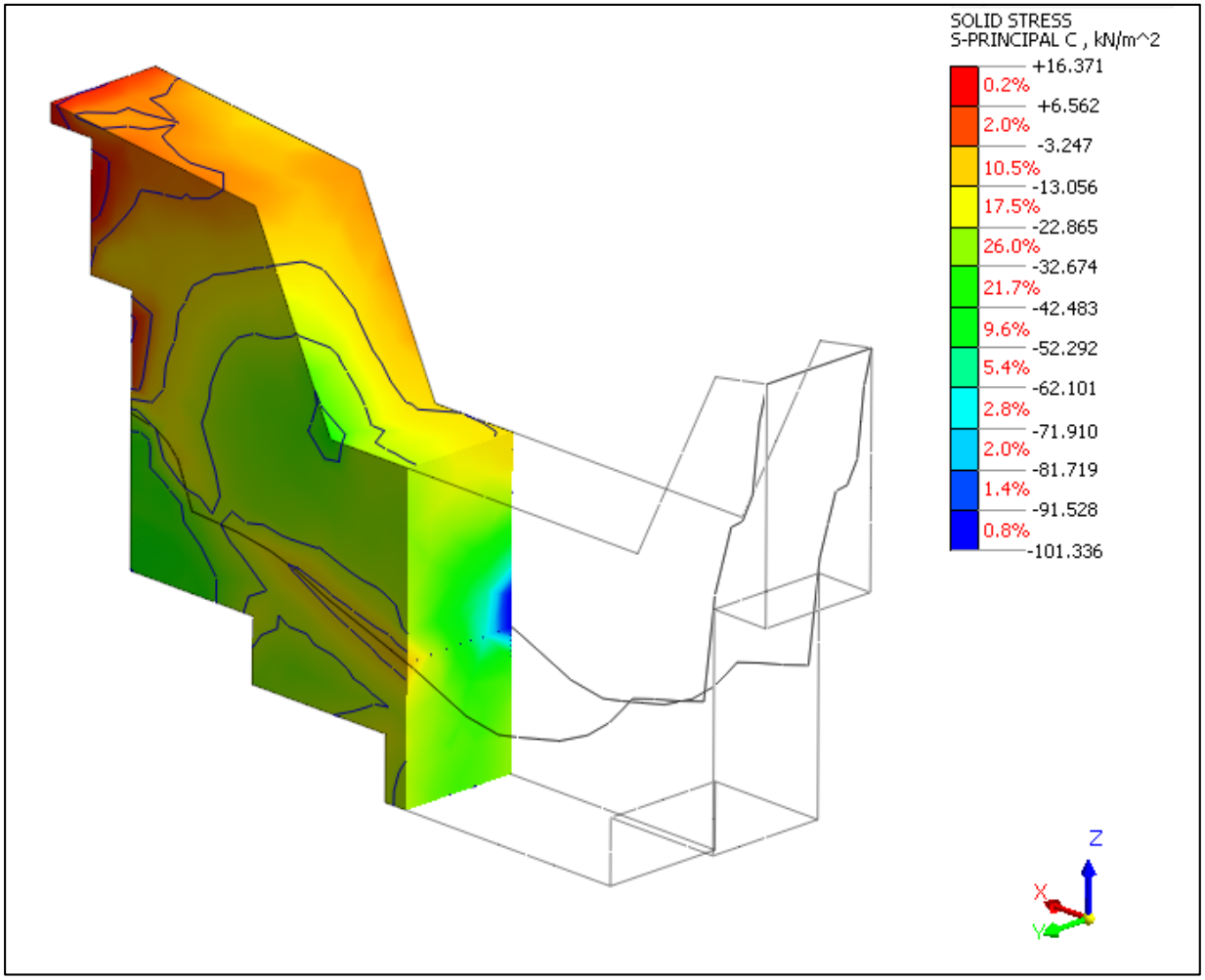

Figura 7.15– Modello FEM briglia Sez.5-5 – Sforzi principali di compressione – Vista da monte sezionata

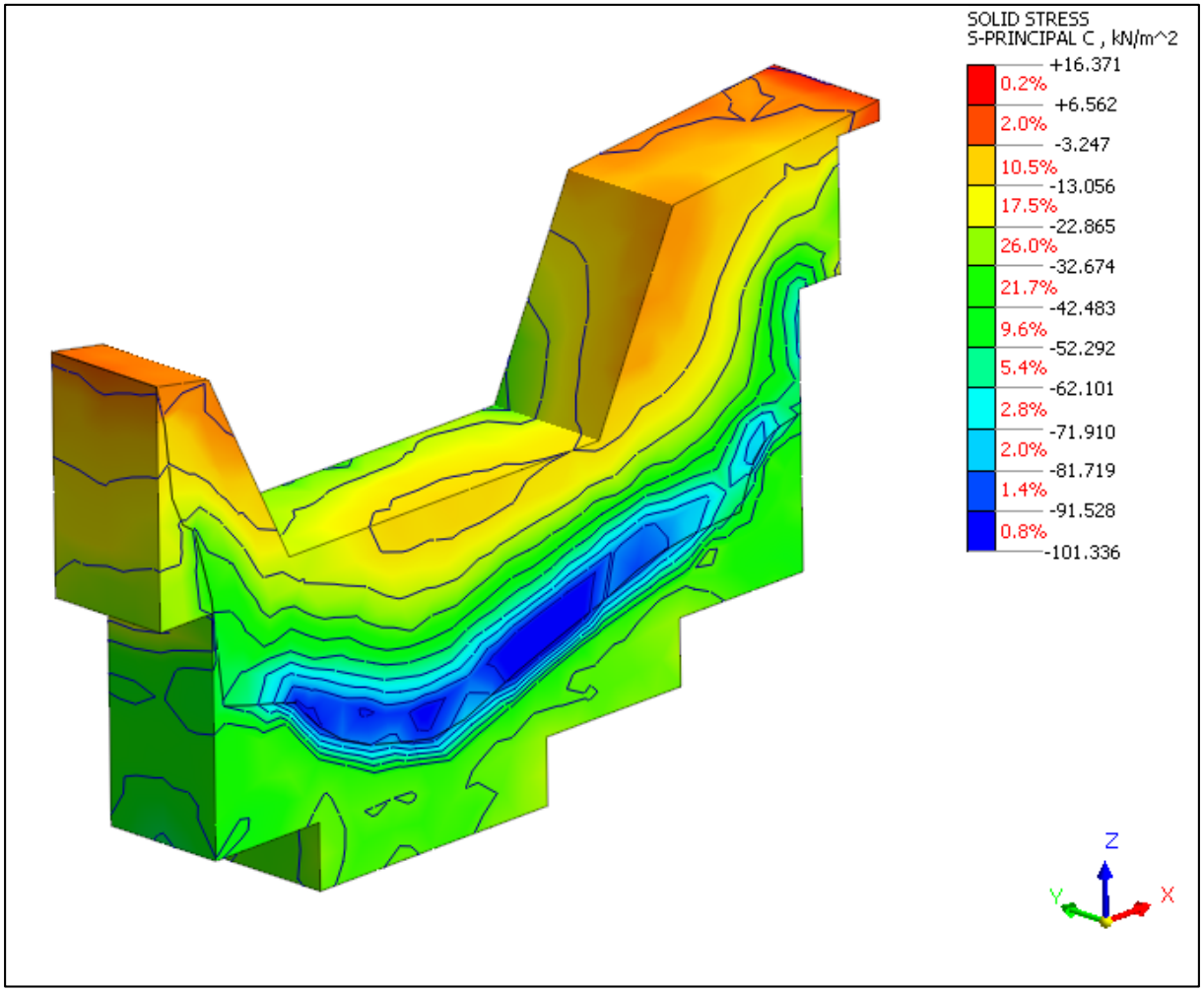

Figura 7.16 – Modello FEM briglia Sez.5-5 – Sforzi principali di compressione – Vista da valle

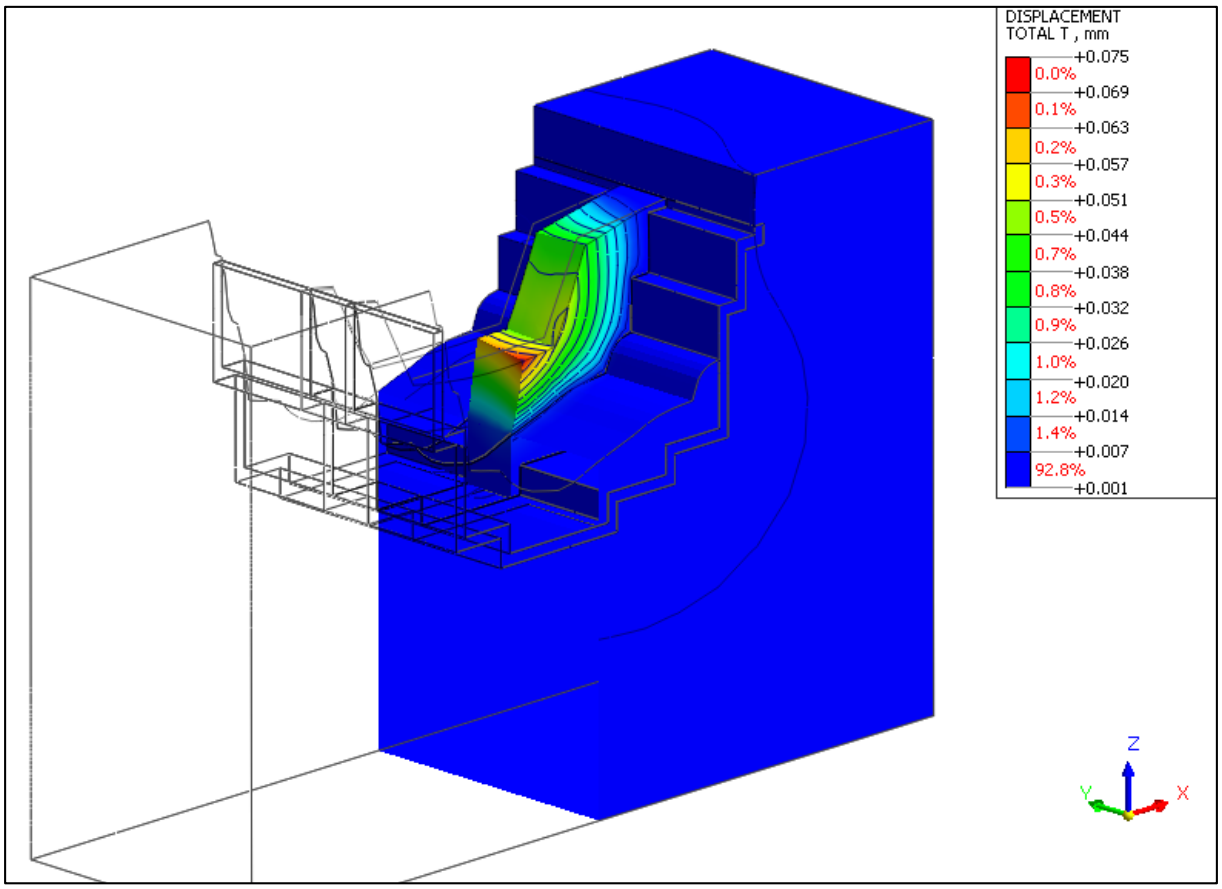

Figura 7.17 – Modello FEM briglia Sez.5-5 – Spostamenti totali – Vista da valle sezionata

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto n. 1 – Alveo del T. Molina da q. 402 m s.m. verso il limite dell'area mineraria (q. 410 m s.m.)

Foto n. 2 – Alveo del T. Molina – Sponda destra con scogliera esistente tra da q. 409 m s.m. e q. 404 m s.m.

Foto n. 3 – Sponda sinistra , q. 402 m s.m. piccola frana cortiicale per erosione spondale

Foto n. 4 – Sponda sinistra , q. 396÷394 m s.m. erosione spondale e frana corticale con caduta di alberi in corrispondenza della brusca deviazione verso Ovest del torrente

Foto n. 5 – Sponda destra , q. 393÷392 m s.m. erosione spondale con caduta di alberi

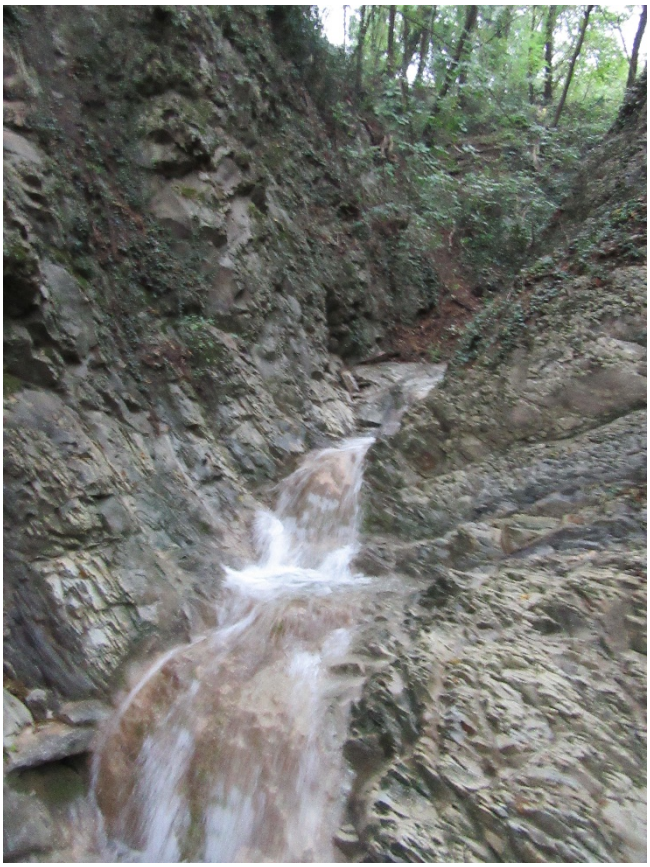

Foto n. 6 – Alveo in roccia tra q. 392÷380 m s.m.