

Città di Pescara
Medaglia d'oro al Merito Civile

Gabriele d'Annunzio



PROGETTO ESECUTIVO

Art. 41 comma 8 del D.Lgs.36/2023

Art. 22 dell'Allegato I.7 del D.Lgs. 36/2023

TITOLO DELL'OPERA	MITIGAZIONE RISCHIO IDRAULICO FOSSO GRANDE	COD.
	CUP: J28H23000470001	
Ente finanziatore Committente finanziatore	COMUNE DI PESCARA	
Il Dirigente del Settore	Ing. Antonio LONGO	
Il Responsabile Unico del Progetto	Ing. Valentina PAVONE	
Progettista	General Architectur Srl	
Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione	General Architectur Srl	
Direttore dei Lavori	General Architectur Srl	
Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione	General Architectur Srl	
TITOLO ELABORATO	RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	EL. A.2
	Emiss. Ottobre 2024	Rev. Rev.

CITTA' DI PESCARA
Piazza Italia,1 - 65100 PESCARA
ITALIA

CITTA' DI PESCARA - REGIONE ABRUZZO - I - UE

Riproduzione vietata, tutti i diritti riservati. Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta o diffusa con un mezzo qualsiasi.

Indice

	Pag.
Premessa	1
1. Fosso Grande.....	2
2. Definizione del quadro conoscitivo - Stato di fatto.....	4
3. Valutazioni idrologiche	6
4. Verifiche idrauliche sul tratto a monte del Ponte in Via Francia	8
5. Conclusioni	12

Premessa

La presente relazione idraulica si riferisce al Progetto Definitivo - Esecutivo degli "INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA E REGIMENTAZIONE IDRAULICA DEL FOSSO GRANDE" nel tratto a monte del ponte di Via Francia, compreso tra il comune di Pescara e di Spoltore. Tutto il tratto in oggetto scorre a cielo aperto con uno sviluppo complessivo di 476 m circa e un dislivello di circa 9 m.

Il comportamento idraulico del fosso ha determinato nel tempo numerosi episodi di allagamento che hanno causato un forte disagio nelle zone attraversate dal canale, anche nella parte a monte dello stesso in prossimità del Ponte di Via Francia. Il progetto di questa relazione si riferisce alle opere per la messa in sicurezza del tratto di canale ove ancora non si è intervenuti.

Per inquadrare meglio le problematiche idrauliche del Fosso Grande, nella parte iniziale di questa relazione viene riportata una descrizione di tutta l'asta torrentizia. Viene anche riportata la modellazione idraulica, eseguita per conto del Comune di Pescara, che esamina il regime idraulico di tutto il fosso in occasione di eventi meteorici notevoli.

Nella parte conclusiva di questa relazione, viene focalizzata l'attenzione sul tratto oggetto degli interventi di questo progetto (dal viadotto della SS714 a Via Francia), per valutare il comportamento dell'alveo del Fosso Grande fino al ponte in Via Francia. Come evidenziato dalla modellazione idraulica già citata alla quale questa progettazione fa riferimento, i fenomeni di allagamento e di erosione a carico dell'alveo sono determinati sia dall'assenza di opere di protezione spondale che dall'accumulo di arbusti e vegetazione che ostacolano il regolare deflusso delle acque.

Le verifiche idrauliche eseguite anche sul tratto preso in esame dimostrano che, a seguito degli interventi proposti, la capacità di deflusso nel tratto a monte di Fosso Grande soddisfa le portate con tempo di ritorno di 200 anni.

Gli interventi proposti in questo progetto modificano la sezione idraulica del fosso e la stabilizzano con opere di consolidamento dei tratti soggetti ad erosione. Di fatto quanto previsto in questa sede può considerarsi una prosecuzione delle opere eseguite con l'intervento posto in essere dal Genio Civile negli anni 2013, 2016 e 2023

Le attività di messa in sicurezza e di riprofilatura della sezione idraulica del tratto a monte di Fosso Grande assumono grande validità nella considerazione e rappresentano una delle fasi necessarie per la regimazione del torrente, per il quale sono previste opere idrauliche che adegueranno la capacità di deflusso anche a portate fino a valori con tempi di ritorno di 200 anni. È necessario, pertanto, che sia la parte a valle, oggetto di opere già eseguite, sia il sistema idraulico di monte oggetto del presente studio, siano dimensionati per lo stesso ordine di grandezza di portata.

1. Fosso Grande

Il Fosso Grande è un canale naturale avente una lunghezza pari a circa 7 km che nasce in località Colle Morgetta, tra i Comuni di Montesilvano e Spoltore (a Nord-Ovest di Pescara). Nel suo percorso finale segna il confine tra i comuni di Pescara e Spoltore, per poi sfociare in sinistra idraulica del fiume Pescara. La confluenza è collocata al confine tra Pescara e Spoltore, in prossimità di via del Circuito.

La porzione del Fosso Grande analizzata per le valutazioni idrauliche di interesse si sviluppa per circa 500 m in direzione nord/ovest – sud/est, in un tratto compreso tra il cavalcavia della SS714 ed il ponte di via Francia, lungo il confine comunale di Pescara e di Spoltore.

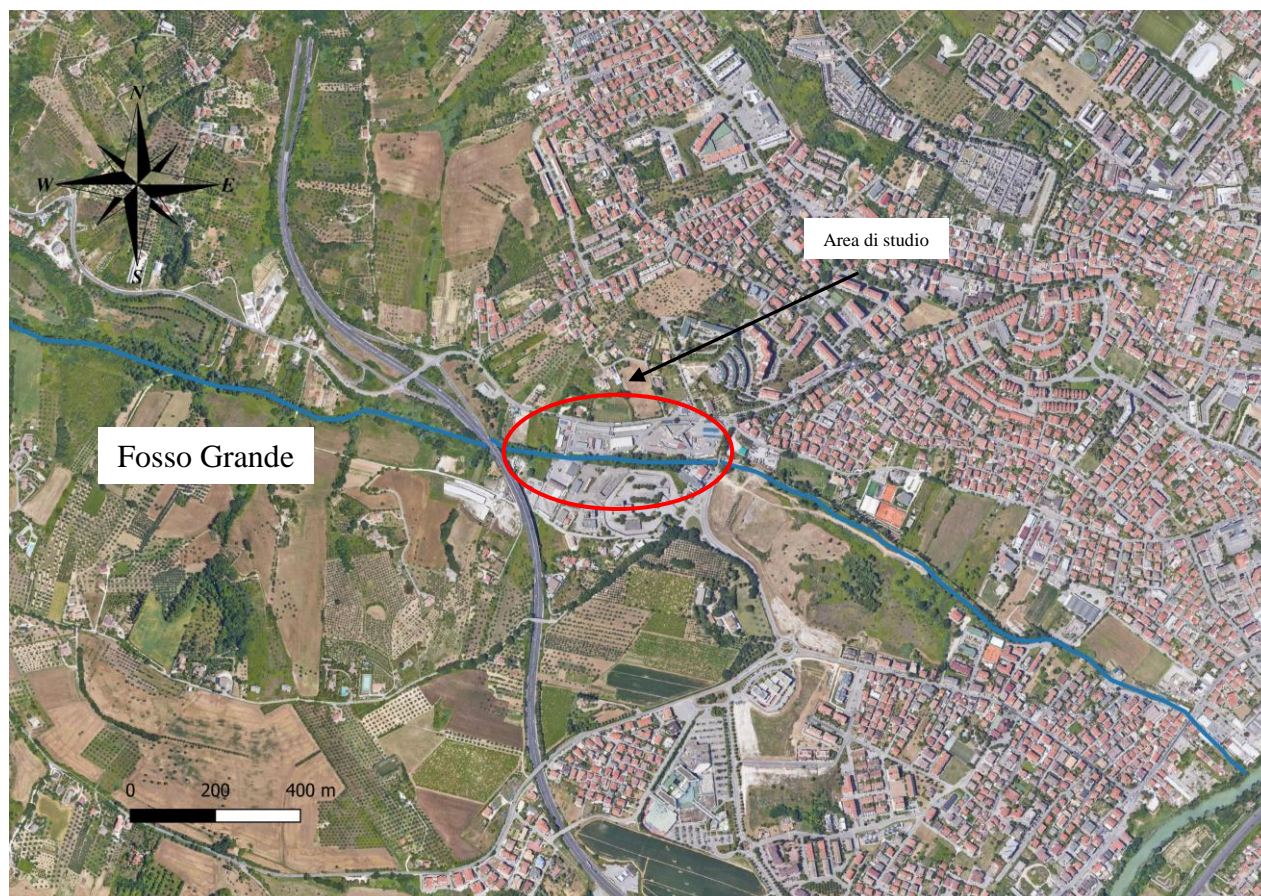


Figura 1.1 – Inquadramento dell'area di intervento su vasta scala

Allo stato attuale il Fosso Grande risulta caratterizzato da diverse criticità idrauliche essenzialmente riconducibili alla folta vegetazione che ne occupa per intero la sezione idraulica del tratto scoperto e, come più approfonditamente analizzato e descritto nell'ambito dello *“Studio idrologico idraulico del tratto terminale del Fosso Grande in Comune di Pescara”*, all'inadeguatezza del tratto in studio che, non solo non risulta correttamente dimensionato per contenere portate aventi T_r (tempi di ritorno) superiori a 20 anni, ma è interessato dalla presenza di ulteriori elementi di impedimento al libero deflusso (es. accumuli di materiale depositato, rami, ecc.).

Il Fosso è stato nel passato già oggetto di interventi di manutenzione e sistemazione realizzati con carattere di urgenza e finalizzati al ripristino della funzionalità idraulica del corso d'acqua ed alla protezione spondale di alcune porzioni di alveo maggiormente soggette a fenomeni erosivi.

Tali interventi, sviluppati nel periodo compreso tra il 2015 e il 2016 a cura del Genio Civile, hanno contribuito a risolvere localmente alcune criticità caratterizzanti l'alveo ma non sono risultati sufficienti ad eliminarne le problematiche.

Con gli INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E REGIMENTAZIONE IDRAULICA DEL FOSSO GRANDE (Lotto 1), sono state realizzate opere finalizzate alla mitigazione del rischio idraulico, del tratto a valle del ponte in Via Francia come di seguito riportato:

- Pulizia e rimozione della vegetazione spontanea, ceppaie ed arbusti.
- Interventi di riprofilatura delle sponde e posa di una mantellata in pietrame coperta con un rivestimento avente funzione anti-erosiva.
- Interventi di stabilizzazione del tratto di sponda in sinistra e destra idraulica con posa in opera di gabbionate metalliche.

Il presente progetto si inserisce in questo ambito e mira a realizzare interventi di ridefinizione delle sezioni idrauliche e di rivestimento spondale a monte del Ponte in Via Francia, al fine di ridurre i rischi idraulici che potrebbero manifestarsi a seguito di eventi meteorici particolarmente intensi. Gli interventi in progetto mirano a ridurre le criticità idrauliche ed a evitare fenomeni erosivi a carico delle sponde dell'alveo. Nello specifico, la ridefinizione delle sezioni idrauliche consentirà di regolarizzare il flusso idraulico, depurandolo dalle interferenze determinate da possibili frane e riduzioni della sezione di deflusso.

2. Definizione del quadro conoscitivo - Stato di fatto

Le informazioni relative allo stato di fatto del corso d'acqua oggetto di studio necessarie allo studio da porre in atto in questa sede, sono state riprese dallo *“Studio idrologico idraulico del tratto terminale del Fosso Grande in Comune di Pescara”* condotto nel dicembre 2021 da MA.CO Ingegneria su incarico del Comune di Pescara, e vengono di seguito riportate:

“.... sono stati eseguiti diversi sopralluoghi in campo (cfr. Figura 2-1) oltre ad un rilievo di alcune sezioni del tratto compreso tra il ponte di Via Francia e l'asse del cavalcavia della SP714. Si sottolinea fin da ora, che ai fini di più accurate considerazioni, è stato necessario far eseguire un accurato rilievo topografico del tratto di corso d'acqua oggetto di interesse. Sulla base di tali dati è stato implementato un modello monodimensionale su fondo non erodibile a moto permanente del tratto di interesse del Fosso Grande, al fine di valutare i fenomeni idrodinamici che si instaurano nello stato di fatto in relazione ai diversi tempi di ritorno”.



Figura 2-1: Rilevo fotografico del settembre 2024 in cui si può vedere l'alveo nei pressi dell'attraversamento di Francia (a destra) e l'imbocco del tratto a monte (a sinistra)

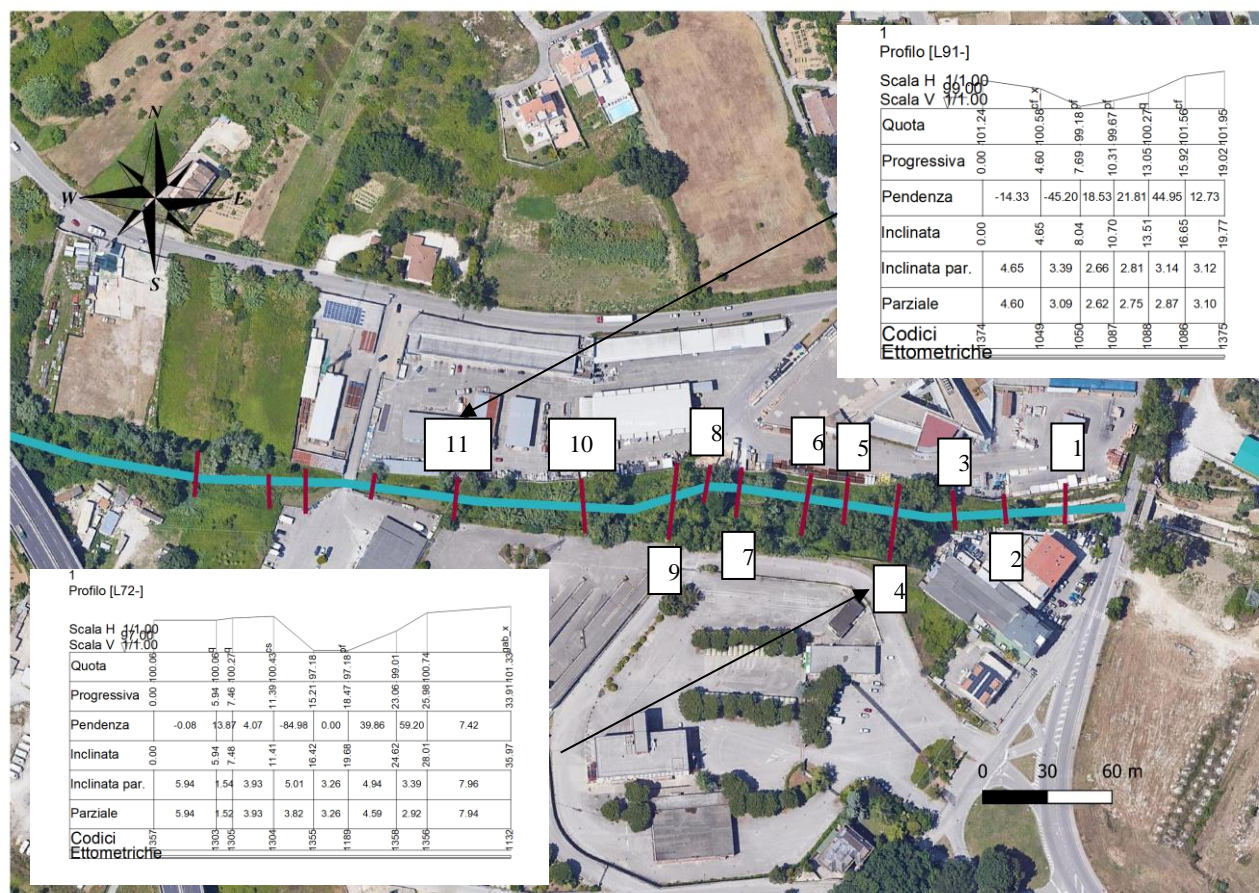
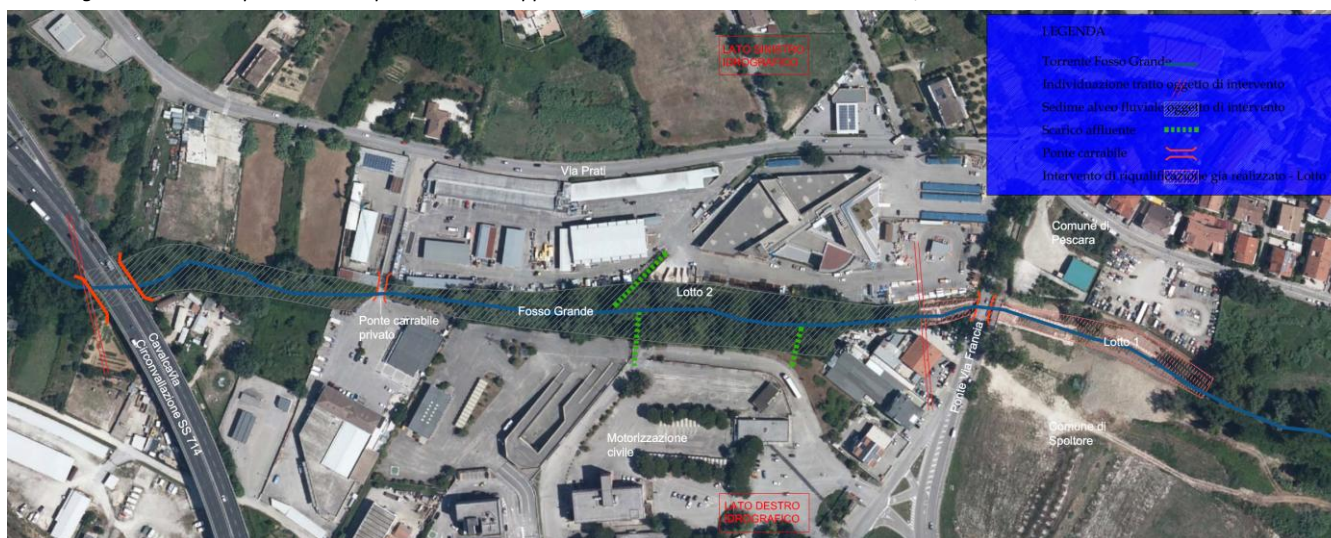


Figura 2-2: Stralcio planimetrico riportante lo sviluppo del tratto di interesse del Fosso Grande, con indicazione di alcune sezioni rilevate.

Figura 2-3: Stralcio planimetrico riportante lo sviluppo del tratto di interesse del Fosso Grande, con indicazione del nuovo tratto di intervento (Lotto



2) e del tratto già oggetto di messa in sicurezza (Lotto 1).

3. Valutazioni idrologiche

Non essendo stato possibile reperire dati pluviometrici più aggiornati dall'*Ufficio Idrografico e Mareografico* della Regione Abruzzo con sede a Pescara a cui la Scrivente si è rivolta, si sono riprese le considerazioni di carattere idrologico sulla base delle informazioni reperibili nella relazione idrologica svolta su incarico del Servizio del Genio Civile Regionale dell'Abruzzo relativamente agli *"Interventi urgenti per la sistemazione idraulica del Fosso Grande nei territori comunali di Spoltore e Pescara"* riprese ed integrate in seguito nello *"Studio idrologico idraulico del tratto terminale del Fosso Grande in Comune di Pescara"* condotto nel dicembre 2021 da parte di MA.CO Ingegneria.

Si riporta di seguito un estratto di quest'ultimo documento:

"Il bacino idrografico superficiale del Fosso Grande si estende su di una superficie totale di 9.524 km² ed interessa i comuni di Montesilvano, Pescara e Spoltore; al suo interno si individuano tre diverse stazioni pluviometriche riportate nella Tabella 3-1. L'area di influenza di ogni stazione rispetto alla totalità del bacino è stata ottenuta tramite il metodo dei Topoietti" (cfr. Figura 3-1).

Tabella 3-1: Stazioni pluviometriche di riferimento afferenti al bacino idrografico di interesse

Identificativo stazione	Località	Area d'Influenza [km ²]	Coordinate geografiche	
			Nord	Est
440	Montesilvano Alta	1.421	42.486944	14.132200
1140	Spoltore	6.235	42.456173	14.150492
1155	Pescara Colli	1.868	42.468779	14.194432

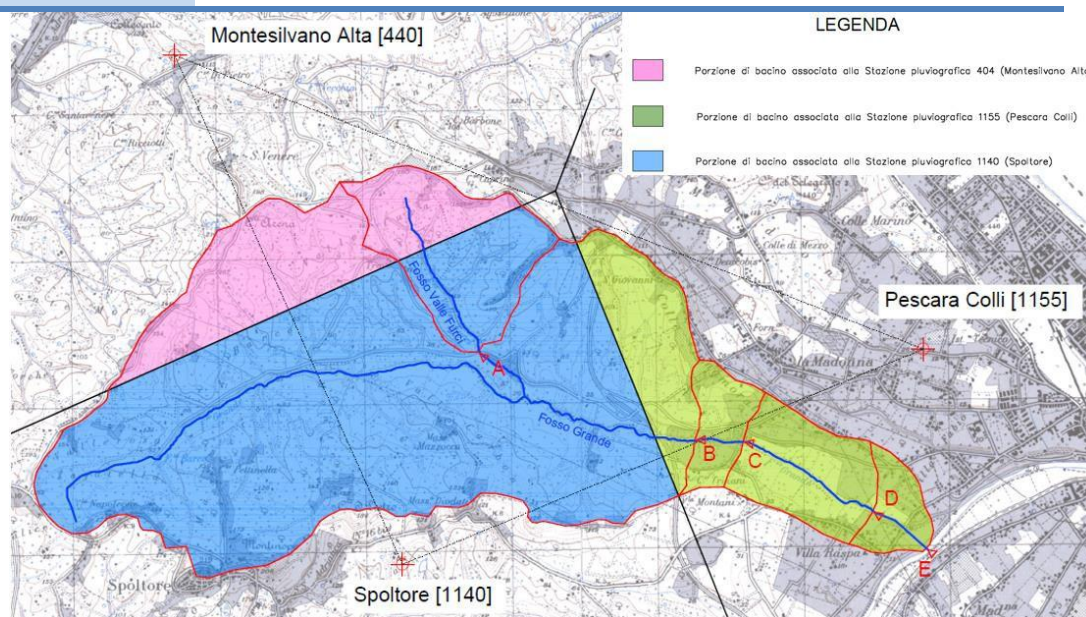


Figura 3-1: Bacino idrografico del Fosso Grande e individuazione dei topoietti (estratto dal progetto *"Interventi urgenti per la sistemazione idraulica del Fosso Grande nei territori comunali di Spoltore e Pescara"*)

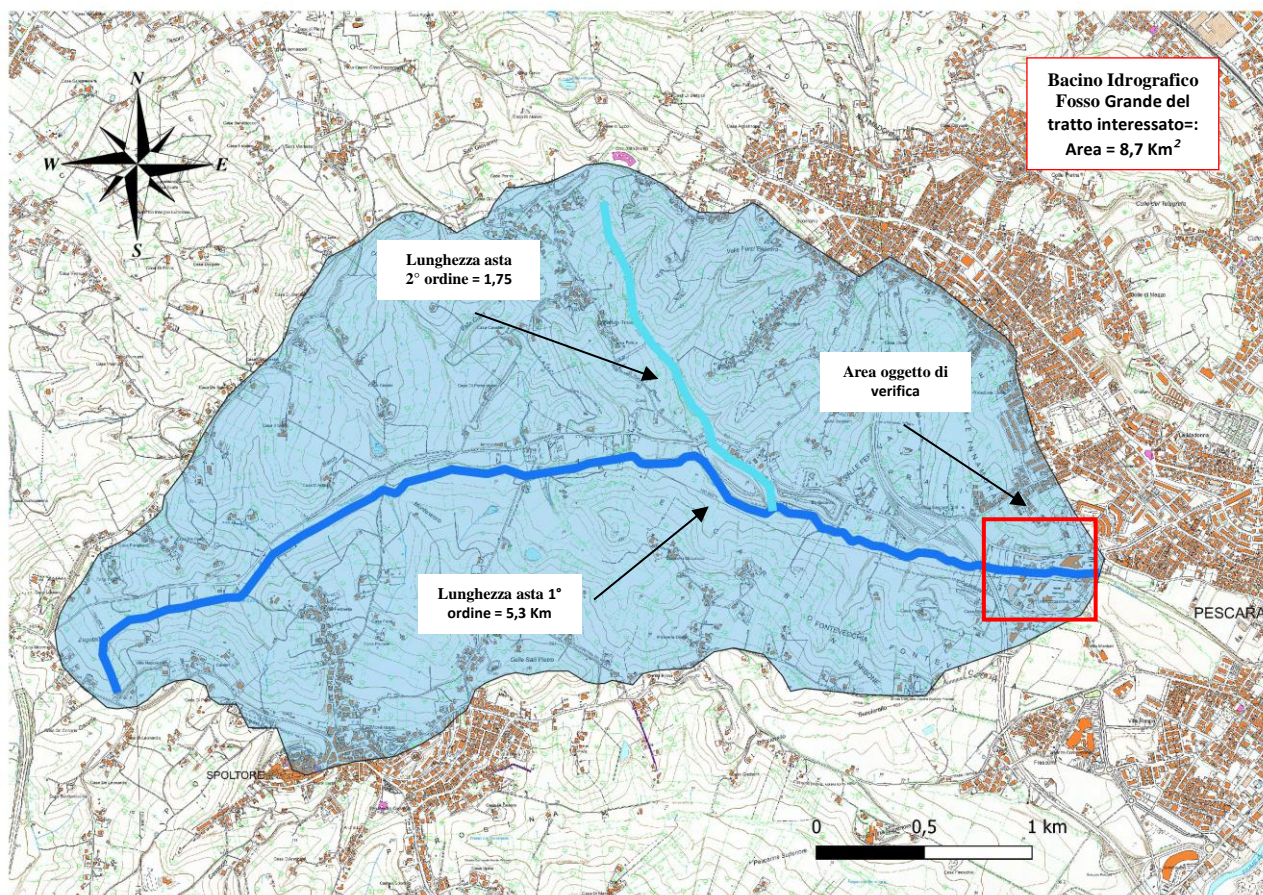


Figura 3-2: Bacino idrografico del tratto interessato del Fosso Grande su CTR 1:10000

A causa della mancanza di continuità nei dati provenienti dalla stazione pluviometrica Pescara Colli, sono stati utilizzati dati registrati nella stazione di Pescara San Silvestro (IS 1160, 42.449625 N, 14.242365 E), significativamente comparabili con quelli provenienti dalla prima stazione.

4. ELABORAZIONE STATISTICA DEI DATI DI PIOGGIA

I dati delle altezze di pioggia sono stati elaborati secondo la legge doppio-esponenziale di Gumbel. Essa è definita dalla funzione cumulata:

$$F(x) = P(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-\varepsilon)}} \quad (1)$$

in cui si introduce la variabile ridotta:

$$y = \alpha(x - \varepsilon) \quad (2)$$

Per applicare la legge statistica al campione, si è utilizzato il metodo dei minimi quadrati. Tale metodo risulta particolarmente adatto per serie finite di eventi: in particolare nel nostro caso si hanno un numero limitato di osservazioni per le stazioni pluviografiche di Montesilvano e di Spoltore. Alle precipitazioni massime di data durata, intese come eventi estremi che costituiscono una serie di elementi tra loro indipendenti, può applicarsi, la seguente descrizione statistica:

$$X(T_R) = \bar{X} + F \cdot S_X \quad (3)$$

Dove si è indicato con:

$X(T_R)$ il valore dell'evento che viene eguagliato o superato *mediamente* ogni T_R anni; nel nostro caso ci riferiamo alle altezze di pioggia;

\bar{X} il valore medio degli eventi di pioggia considerati ;;

F il fattore di frequenza

S_X lo scarto quadratico medio della variabile in esame

La distribuzione di **Gumbel** assegna a F l'espressione:

$$F = \frac{Y(T_R) - \bar{Y}_N}{S_N} \quad (4)$$

Dove :

$Y(T_R)$ è la variabile ridotta

\bar{Y}_N è la media della variabile ridotta

S_N è lo scarto quadratico medio della variabile ridotta

Sia la media ridotta che lo scarto quadratico medio della variabile ridotta sono funzioni del numero N di osservazioni, come riportato nella seguente tabella:

media ridotta \bar{Y}_N										
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5154	0.5177	0.5198	0.5217
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5282	0.5296	0.5309	0.5321	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5403	0.5411	0.5417	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5472	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5532	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
deviazione standard ridotta S_Y										
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1.0010	1.0148	1.0270	1.0378	1.0476	1.0564	1.0644	1.0717	1.0785	1.0847
20	1.0904	1.0958	1.1008	1.1055	1.1098	1.1140	1.1178	1.1215	1.1250	1.1283
30	1.1314	1.1344	1.1372	1.1399	1.1425	1.1449	1.1473	1.1496	1.1518	1.1538
40	1.1559	1.1578	1.1597	1.1614	1.1632	1.1649	1.1665	1.1680	1.1696	1.1710
50	1.1724	1.1738	1.1752	1.1765	1.1777	1.1789	1.1801	1.1813	1.1824	1.1835
60	1.1846	1.1856	1.1866	1.1876	1.1886	1.1895	1.1904	1.1913	1.1922	1.1931

L'elaborazione grafica dei dati e dei risultati delle analisi ha consentito di ottenere le rappresentazioni statistiche relative alle altezze di pioggia misurate in ogni singola stazione e le carte probabilistiche.

Coefficiente di Deflusso (ϕ)

Il valore di tale parametro viene stabilito in dipendenza della natura litologica dei terreni, della superficie del bacino e del suo grado di saturazione del livello di forestazione, della pendenza dei versanti e da altri fattori.

La scelta del coefficiente di deflusso, quindi, rappresenta una fase estremamente difficile e costituisce l'elemento di maggiore incertezza nella valutazione della portata. Esistono in letteratura numerose tabulazioni e grafici utili per la valutazione di questo parametro. Qui di seguito si riportano alcune tra le tabelle maggiormente impiegate (Tabella 1/A, 1/B e 1/C).

Tipo di suolo	c	
	Uso del suolo	
	coltivato	bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,2	0,1
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose, suoli limosi e simili	0,4	0,3
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,5	0,4

Tabella 1/A – Coefficienti di Deflusso raccomandati da Handbook of Applied Hydrology (Ven Te Chow, 1964)

Caratteristiche del bacino	c
Superfici pavimentate o impermeabili (strade, aree coperte, ecc.)	0,70 - 0,95
Suoli sabbiosi a debole pendenza (2%)	0,70 - 0,95
Suoli sabbiosi a debole pendenza (2-7%)	0,05 - 0,10
Suoli sabbiosi a debole pendenza (7%)	0,10 - 0,15
Suoli sabbiosi a debole pendenza (2%)	0,15 - 0,20
Suoli sabbiosi a debole pendenza (2-7%)	0,13 - 0,17
Suoli sabbiosi a debole pendenza (7%)	0,25 - 0,35

Tabella 1/B – Coefficienti di Deflusso raccomandati da American Society of Civil Engineers e da Pollution Control Federation, con riferimento a bacini urbani

Tipo di superficie	c
Tetti rivestimenti con lamiera o tegole	0,9 - 1,0
Tetti piani con rivestimento in CLS	0,7 - 0,8
Tetti piani con verde pensile	0,3 - 0,4
Superfici pavimentate	0,7 - 0,9
Strada di terra	0,4 - 0,6
Superfici erbose	0,1 - 0,4
Aree residenziali	0,3 - 0,7
Boschi	0,1 - 0,3
Terreni coltivati	0,2 - 0,6

Tabella 1/C – Coefficienti dei valori di deflusso per le predette aree (desunti dal testo Fognature, Da Deppo-Datei, ed. Cortina 2005)

Nel nostro caso si considera un terreno coltivato, costituito da argilla con limo, $\varphi=0,6$.

Tempi di corrivazione (t_c)

La valutazione del tempo di corrivazione può essere eseguita mediante diversi algoritmi di calcolo, normalmente proposti in letteratura scientifica. Nello specifico si è fatto riferimento alla formula proposta da GIANDOTTI (sperimentata dall'autore per bacini da 170 a 70000 kmq, tuttavia ampiamente impiegata in Italia anche per piccoli bacini) che rappresenta l'espressione maggiormente utilizzata e viene espressa nel seguente modo:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{Z_{media} - Z_{chiusura}}}$$

- **A** = superficie del bacino (km²)
- **L** = lunghezza dell'asta fluviale principale (Km)
- **Z** = altitudine media del bacino riferita alla quota della sezione di chiusura (m)

Altezza di pioggia (h)

Considerati gli altri parametri sin ora descritte, l'altezza di pioggia è l'unico valore che può essere calcolato ed elaborato statisticamente; in generale il procedimento finalizzato alla determinazione del valore h si articola nelle seguenti fasi:

➤ Reperimento dati sperimentali sulle precipitazioni

Dall'analisi dei dati riportati negli annali idrologici del Servizio Idrografico Italiano vengono reperiti i dati di pioggia (1, 3, 6, 12 e 24 ore) relative alle stazioni pluviometriche ubicate nei bacini oggetto dello studio o in quelli limitrofi. Le rilevazioni di piovosità massima si adattano ad essere elaborate con metodi statistici e permettono di ottenere particolari equazioni del tipo:

$$h = a * t^n$$

h= altezza di pioggia (mm)
a, n= coefficienti costanti

➤ Elaborazione probabilistica per mezzo del metodo di Gumbel

Secondo la legge di Gumbel la probabilità P(h) che il massimo valore di una precipitazione di durata pari al tempo di corrvazione tc non venga superato nel corso di un determinato anno è data da:

$$P(h) = e^{-\alpha(h-u)}$$

α, u = parametri della distribuzione

qualora i dati di α e u siano disponibili in numero sufficientemente elevato, possono essere più facilmente valutati determinando lo scarto quadratico medio " σ " e la media " μ ". Ciò premesso, occorre introdurre una nuova grandezza, il tempo di ritorno " T " che definisce il numero di anni in cui, mediamente, l'evento considerato viene superato una sola volta. Dato che tra tempo di ritorno " T " e la probabilità " $P(h)$ " esiste la seguente relazione:

$$T = 1/(1 - P(h))$$

facendo le opportune sostituzioni ed esplicitando si ottiene:

$$h(T) = u - \left(\frac{1}{\alpha} \right) \cdot \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

che rappresenta, quindi, il valore massimo che una precipitazione meteorica potrà superare, mediamente, una sola volta in un qualsiasi anno del tempo di ritorno " T ".

➤ Tracciamento delle curve di possibilità climatica o pluviometrica

Per ciascuna stazione pluviografica e per ogni tempo di ritorno si otterranno 5 valori di altezza di pioggia, corrispondenti ai 5 intervalli di tempo considerati (1, 3, 6, 12, 24 ore). E' possibile riportare questi valori su un sistema di assi cartesiani ortogonali (h, t) e determinare la curva di regressione, definita dall'equazione " $h = at^n$ ", che meglio approssimi la loro distribuzione sul piano h, t; si ottengono così le curve di possibilità climatica o pluviometrica.

➤ Applicazione del metodo dei topoi (solo per bacini caratterizzati da più stazioni)

Per ogni stazione pluviografica sono state tracciate le curve di possibilità climatica o pluviometrica, delle quali è possibile ricavare, per i vari tempi di ritorno, il valore delle precipitazioni meteoriche corrispondenti al tempo di corrvazione " t_c " del bacino.

Anche se il valore così ricavato è un valore puntuale, che ha un senso solo per un intorno molto limitato della stazione, si può comunque ipotizzare che il regime pluviografico di tale intorno non si discosti molto da quello ben più vasto dell'area circostante la stazione stessa.

Il problema, dunque, è quello di delimitare il perimetro delle aree di competenza delle stazioni, o, ciò che è lo stesso, la suddivisione dell'intera superficie del bacino in diverse zone (tante quante sono le stazioni) ad ognuna delle quali spetti un regime pluviografico omogeneo e che comprendano, all'interno, la relativa stazione pluviografica. L'applicazione del metodo dei topoieti permette, appunto, la suddivisione del bacino sotteso da ciascuna sezione di studio, e quindi la valutazione delle aree di competenza di ogni stazione. A questo punto è possibile calcolare l'altezza di pioggia ragguagliata all'interno del bacino utilizzando la seguente relazione:

$$h_{ragg} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i \cdot h_i}{S}$$

dove:

h_i = precipitazione relativa alla stazione pluviografica i-esima (mm);

S_i = superficie bacino di competenza della stazione pluviografica i-esima (Km²);

S = superficie del bacino sotteso dalla sezione di studio (Km²)

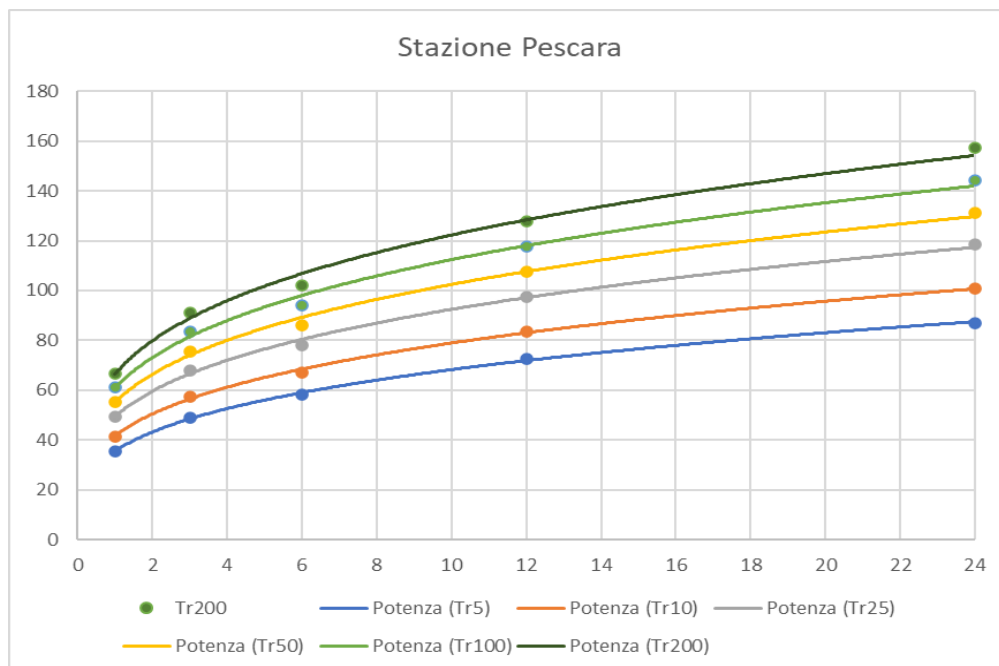


Tabella 2 – Curve di probabilità pluviometrica della Stazione di Pescara.

Curve Number (CN)

Il parametro CN è un numero adimensionale che varia tra 100 (per corpi idrici e suoli completamente impermeabili) a 0 (corpi idrici totalmente permeabili); generalmente il valore minimo si attese a circa 20/30 indicativi di suoli permeabili con elevati tassi di infiltrazione. Con valori di CN uguali o prossimi allo 0, si è in presenza di una superficie assimilabile alla perfetta "spugna". Viene assorbita e trattenuta la totalità o quasi della precipitazione. Con valori di CN uguali o prossimi a 100, siamo in presenza di terreni o superfici impermeabili dove la precipitazione si trasforma interamente, o quasi, in deflusso. Nella figura 9 si può osservare in che modo la pioggia cumulata si trasforma in pioggia netta in relazione al valore di CN.

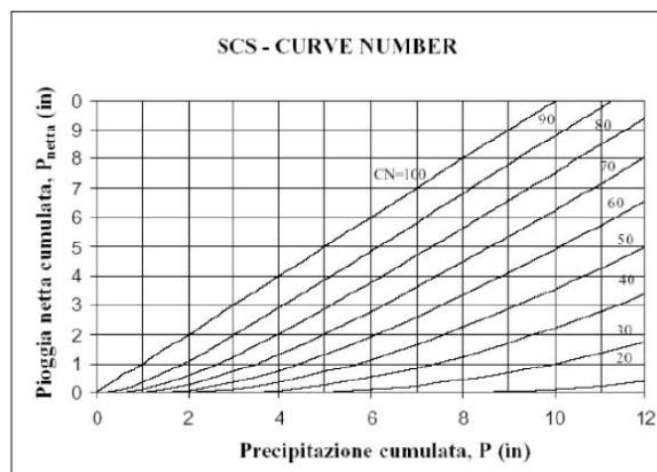


Fig. 9 – Grafico delle Curve Number

Il valore di CN è essenzialmente legato alla natura litologica del suolo, al tipo di copertura, alle condizioni iniziali di umidità del suolo antecedenti un evento meteorico, stagione di riposo o crescita di vegetazione. Proprio per questo motivo l'agenzia del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA) Natural Resources Conservation Service (NRCS), ha fornito nel 1972 delle tabelle per facilitare la determinazione di questo parametro suddividendo il suolo in 4 classi in base alla capacità di assorbimento.

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarso limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Fig. 10 – Tabella riassuntiva delle classi di suolo proposto dalla NRCS (1972)

CONSIDERAZIONI RELATIVE AL CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA

Lo studio idrologico ha lo scopo, di definire una stima, la più attendibile possibile, della portata al colmo di piena, che può verificarsi nel bacino di raccolta sotteso all'area urbana in corso di studio una volta ogni "T" anni, essendo "T" il *Tempo di Ritorno* prefissato, da stabilire a priori.

Tale stima viene ricavata per via indiretta considerando le piogge che cadono all'interno del bacino, mediante la metodologia di tipo statistico. Il bacino idrico o imbrifero può essere considerato come elemento che trasforma gli afflussi in deflussi, con la conseguente formazione di piena.

Il modello utilizzato per studiare il complesso fenomeno della formazione dei deflussi è quello cinematico o razionale, fondato sul concetto di corrivazione. La portata di massima piena viene ricavata tramite la seguente relazione:

$$Q_{\max} = \frac{\varphi \cdot A \cdot h}{3,6 \cdot t_c}$$

φ -> coefficiente di deflusso, si assume pari a 0,30;

t_c -> rappresenta il tempo di corrivazione del bacino in ore;

A -> estensione efficace superficie del bacino in kmq;

h -> altezza di pioggia, calcolata in corrispondenza del tempo di corrivazione t_c , secondo diversi tempi di ritorno "T"

CONSIDERAZIONI RELATIVE AL CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA

Il tratto di alveo terminale a contatto con la piana del Fiume Pescara (Lotto 1) è stato oggetto di interventi di messa in sicurezza mediante studi ed analisi finalizzati alla progettazione di messa in sicurezza. Per coerenza con il progetto precedente, sono stati presi a riferimento i risultati delle analisi idrauliche ed idrogeologiche partendo dai dati delle stazioni pluviometriche citate in precedenza, dalle analisi statistiche di Gumbel e sono state determinate le curve di possibilità climatica. Le caratteristiche geomorfologiche del bacino riportate nella Tabella 3-2 si riferiscono alla sezione B, in prossimità del ponte di via Francia, sezione di input del modello idraulico in studio.

Caratteristiche del bacino idrografico	
Area bacino [km ²]	8,7
Lunghezza asta 1° ordine [km]	5,3
H media [m s.m.m.]	24,5
H sezione chiusura [m s.m.m.]	20
H max [m s.m.m.]	29

Tabella 3-2: Caratteristiche geomorfologiche del bacino del Fosso Grande chiuso in corrispondenza dell'attraversamento di via Francia.

Ulteriori considerazioni, le quali sono state prese come riferimento anche nel presente incarico, relative all'evento disastroso verificatosi nel 2013, che ha generato una portata pari a 36.36 m³/s nella sezione di interesse hanno permesso di individuarne il tempo di ritorno pari in questo caso a Tr 7.2 anni.

Sulla base di tali dati a disposizione dallo studio precedente, si è proceduto all'estrapolazione dei valori di portata per gli altri tempi di ritorno di riferimento 5, 10, 20, 30, 50, 100 e 200 anni attraverso una regressione logaritmica (cfr. Figura 3-2).

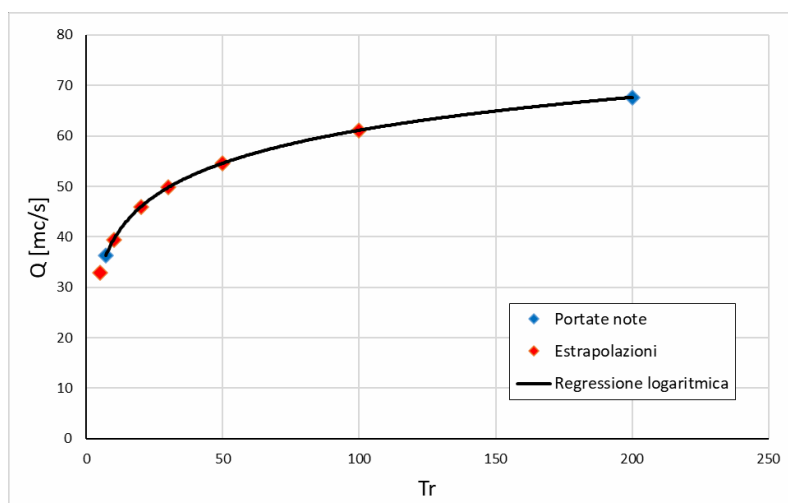


Figura 3-2: Interpolazione logaritmica ai fini dell'estrapolazione delle portate per i tempi di ritorno di riferimento

Sulla base di tali dati, nel sopracitato progetto "Interventi urgenti per la sistemazione idraulica del Fosso Grande nei territori comunali di Spoltore e Pescara", era stata ricavata la portata nella sezione di interesse per un tempo di ritorno pari a Tr 200 anni, pari ad un valore di 67.64 m³/s.

Tale dato coerente è servito per eseguire le verifiche idrauliche pre e post- intervento per validare le scelte e le soluzioni progettuali.

<i>Tempi di ritorno [anni]</i>	<i>Portata di piena [m³/s]</i>
5	32.93
7.2	36.36
10	39.45
20	45.97
50	54.60
100	61.12
200	67.64

Tabella 3-3: Valori di portata ottenuti mediante interpolazione logaritmica (in nero) e valori noti da un precedente studio (in rosso)

5. Verifiche idrauliche sul tratto viadotto SS714 – Ponte Via Francia

Lo studio idrogeologico ed idraulico riguardante il tratto di Fosso Grande, a monte del ponte di Via Francia fino al viadotto della SS714, è stato redatto dal sottoscritto per definire gli interventi di "INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E REGIMENTAZIONE IDRAULICA DEL FOSSO GRANDE" in relazione alle caratteristiche geometriche e morfodinamiche del corso d'acqua in studio.

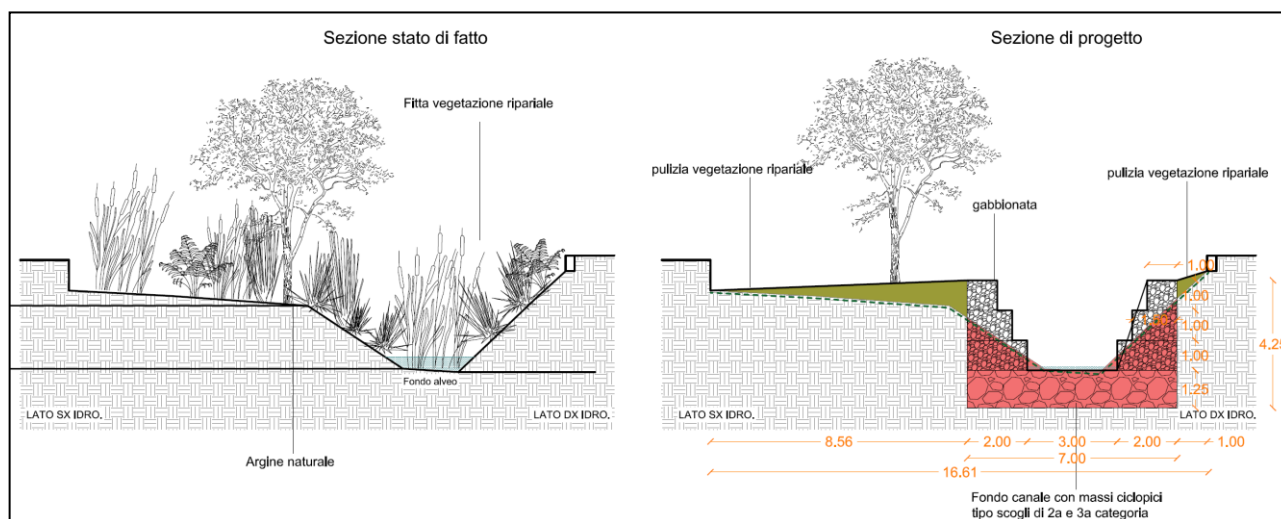
Nello specifico, i risultati delle indagini e dei calcoli eseguiti, insieme alla raccolta di informazioni bibliografiche inerenti l'area di studio, hanno permesso di riscontrare quanto segue:

- l'area di studio si trova al confine tra il Comune di Spoltore (PE) e di Pescara (PE), nel tratto di alveo che va dal viadotto della SS714 (Spoltore) al ponte in via Francia (Pescara);
- nello specifico, il settore oggetto degli interventi in progetto è ubicato a nord della Motorizzazione Civile di Pescara in una zona commerciale-produttiva attraversata proprio dall'aveo del Fosso Grande in direzione Ovest-Est con quote topografiche comprese tra i 20 m e i 29 m s.l.m.;
- dalla consultazione della carta geolitologica 1:50.000, foglio 351 – PESCARA l'intero l'area oggetto di studio si sviluppa su depositi alluvionali olocenici costituiti da alternanze di terreni incoerenti sabbiosi e sabbioso-limosi con presenza di ghiaie e livelli limoso-argillosi poco consistenti;
- il bacino idrografico oggetto di studio presenta una superficie **A= 8,7 Km²**, presenta un'altitudine media di **24,5 s.l.m.** e una pendenza media **i= 0,059 m/m**;

per le verifiche idrauliche è stata presa in considerazione la portata massima di piena per un Tr 200 anni, pari ad un valore di **Qc = 67,64 mc/sec** e sono state eseguite le analisi bidimensionali in corrispondenza di sezioni con diverse tipologie di intervento che possono essere riassunte e schematizzate come di seguito:

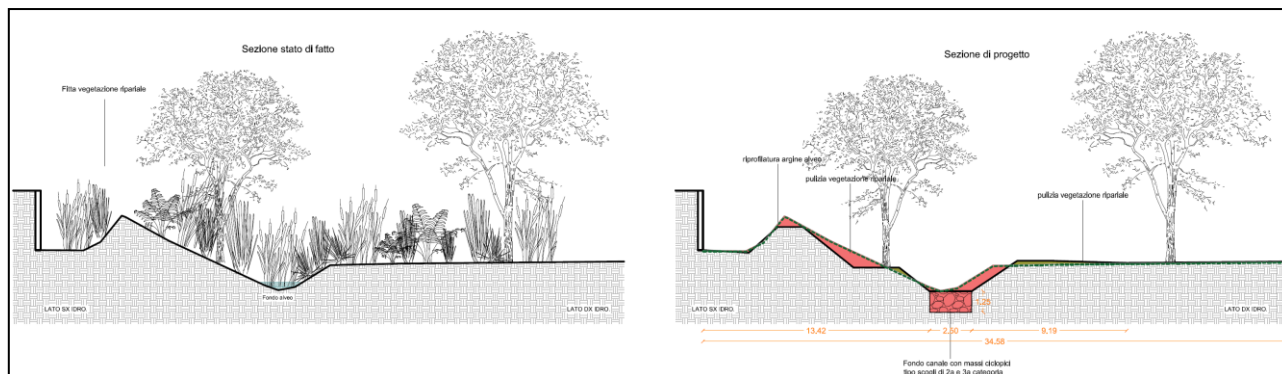
○ INTERVENTO DI TIPO A:

- Pulizia della sezione dell'alveo oggetto di intervento con sfalcio della vegetazione erbacea e taglio di piante di alto fusto.
- Riprofilatura delle sponde per adeguamento alla sezione di progetto.
- Scavo di sbancamento per sistemazioni fluviali e alloggiamento degli scogli sul fondo canale.
- Scavo di sbancamento per sistemazioni fluviali e alloggiamento delle gabbionate di pietrame per consolidare gli argini del canale.
- messa in opera di massi ciclopici del tipo scogliera di 2a categoria sul fondo del canale.



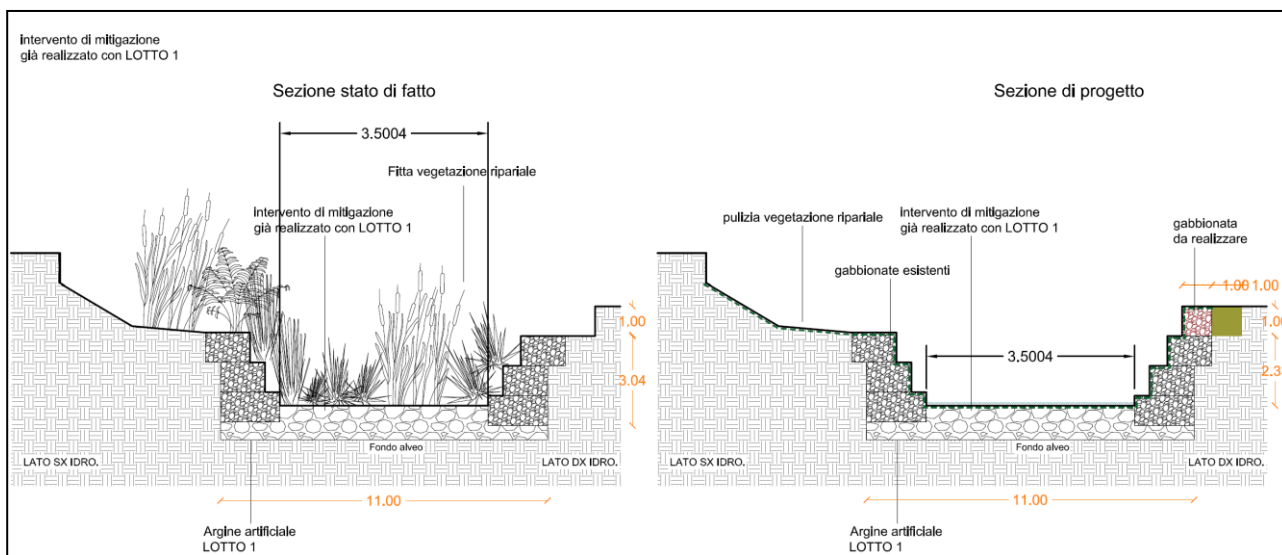
○ INTERVENTO DI TIPO B:

- Pulizia della sezione dell'alveo oggetto di intervento con sfalcio della vegetazione erbacea e taglio di piante di alto fusto.
- Riprofilatura delle sponde per adeguamento alla sezione di progetto.
- Scavo di sbancamento per sistemazioni fluviali e alloggiamento degli scogli sul fondo canale.
- Messa in opera di massi ciclopici del tipo scogliera di 2a categoria sul fondo del canale.



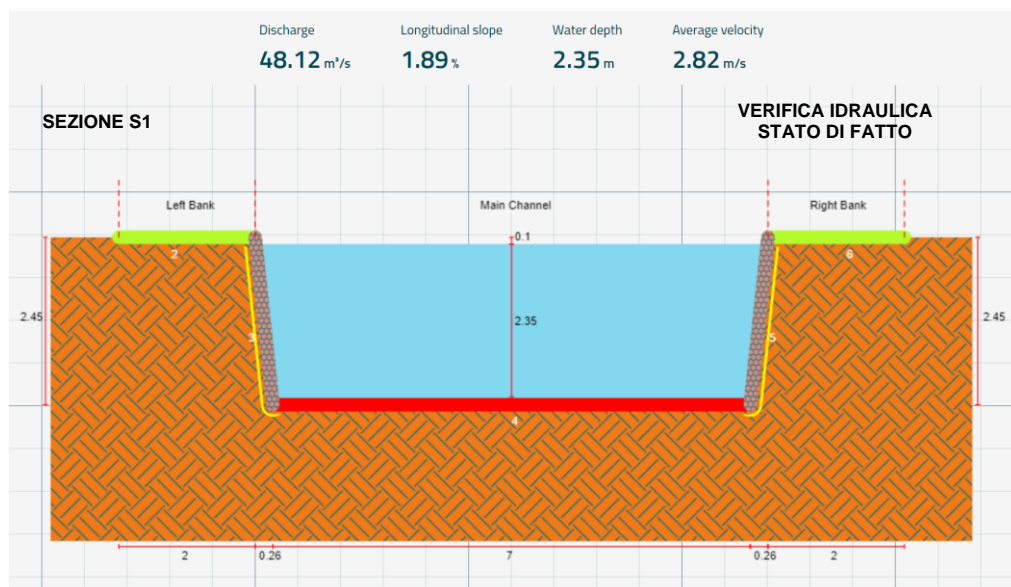
○ INTERVENTO DI TIPO C:

- Pulizia della sezione dell'alveo oggetto di intervento con sfalcio della vegetazione erbacea e taglio di piante di alto fusto.



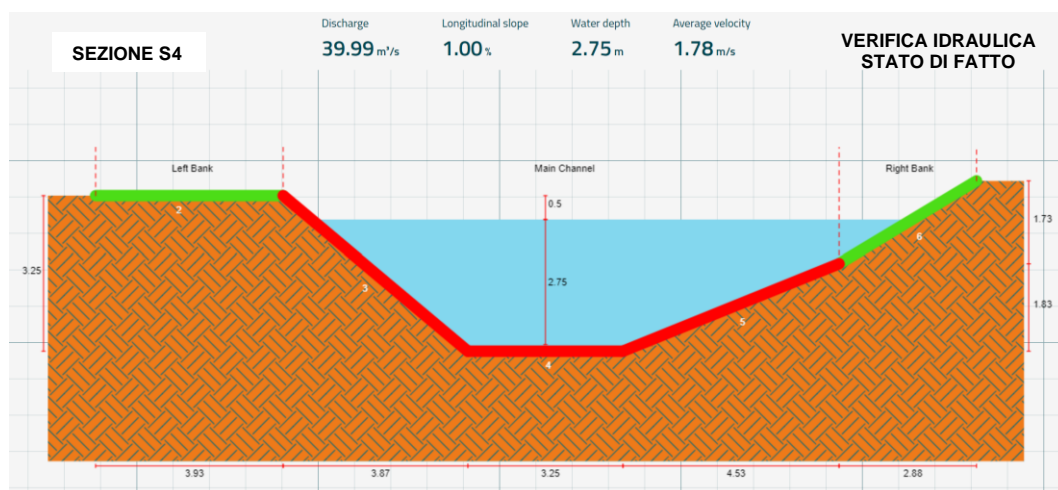
VERIFICHE IDRAULICHE e GENERALITA' SUL METODO DI CALCOLO

Le verifiche idrauliche sono state condotte nelle sezioni ritenute maggiormente significative, mediante software di modellazione bidimensionale specialistico MACRA DESIGN (Channel Cross Section Design), secondo i criteri di dinamica dei fluidi di Saint Venant, nell'ipotesi di moto uniforme, allegate alla presente relazione al capitolo 9.



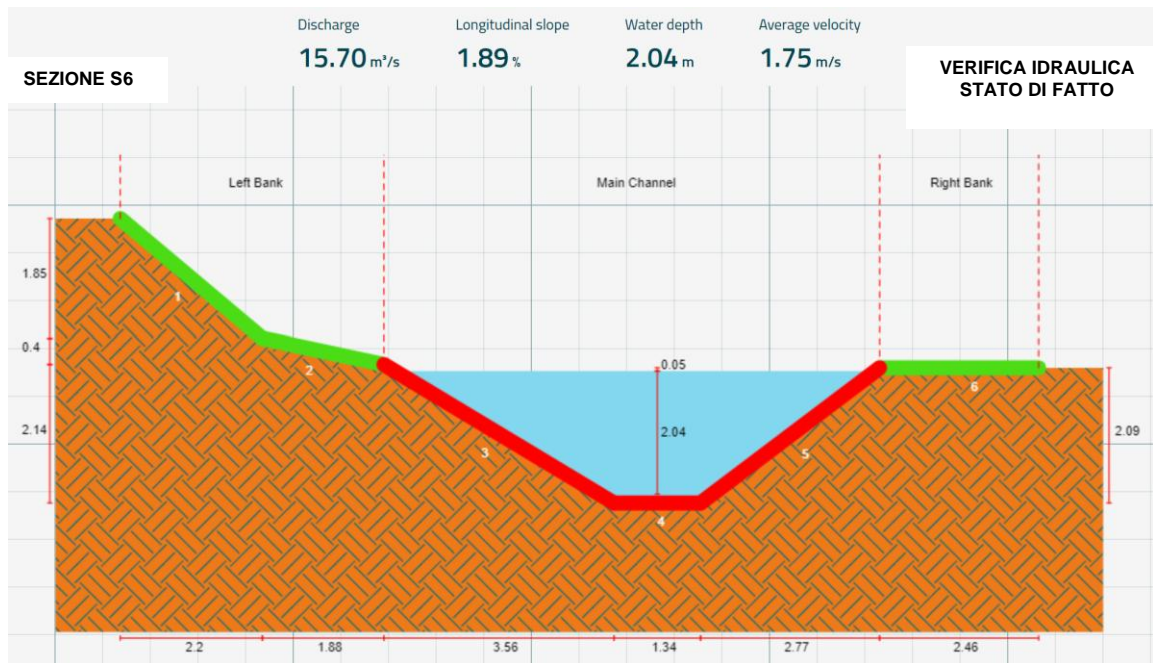
ID	Materials	Thickness [m]	Roughness	Rock d50 [m]	CU	Double diaphragm	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m ²]		Velocity Under Lining [m/s]		Length [m]
										Allowed	Calculated			
2	Riparian watties		0.04							10.00	0.00	✓	-	2.00
3	Gabions PoliMac TM	0.5	0.03	0.127	1.5			YES		714.00	205.93	✓	0.36	2.45
4	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	274.58	✗	-	7.00
5	Gabions PoliMac TM	0.5	0.03	0.127	1.5			YES		714.00	205.93	✓	0.36	2.45
6	Riparian watties		0.04							10.00	0.00	✓	-	2.00

Le verifiche idrauliche eseguite sulla Sezione S1 evidenziano condizioni erosive del fondo dell'alveo nelle condizioni attuali a causa della presenza di una folta vegetazione. La presenza di gabbionate garantisce una buona tenuta degli argini.

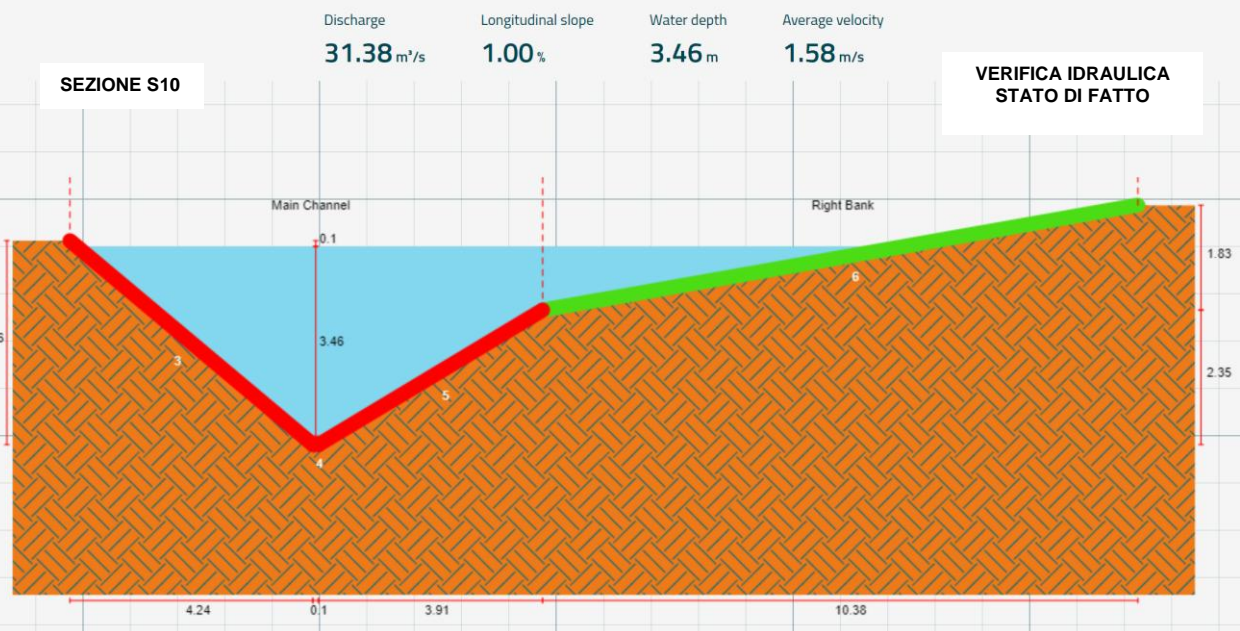


ID	Materials	Thickness [m]	Roughness	Rock d50 [m]	CU	Double diaphragm	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m ²]		Velocity Under Lining [m/s]		Length [m]
										Allowed	Calculated			
2	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	0.00	✓	-	3.93
3	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	131.40	✗	-	5.05
4	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	175.20	✗	-	3.25
5	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	131.40	✗	-	4.89
6	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	19.53	✓	-	3.36

Le verifiche idrauliche eseguite sulla Sezione S4 evidenziano condizioni erosive sia del fondo che delle sponde dell'alveo nelle condizioni attuali a causa della presenza di una folta vegetazione che non resiste alle spinte della forza dell'acqua del fosso oggetto di studio.



ID	Materials	Thickness [m]	Roughness	Rock d50 [m]	CU	Double diaphragm	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²]		Velocity Under Lining [m/s]		Length [m]
										Allowed	Calculated			
1	Tappeto erboso		0.04							10.00	0.00	✓	-	2.87
2	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	0.00	✓	-	1.92
3	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	146.10	✗	-	4.15
4	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	194.79	✗	-	1.34
5	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	146.10	✗	-	3.47
6	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	0.00	✓	-	2.55

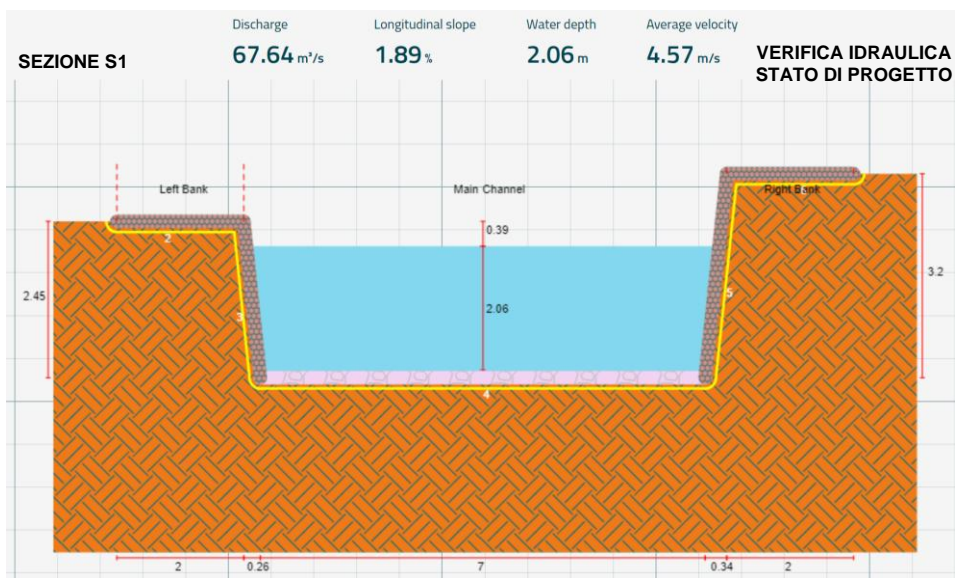


ID	Materials	Thickness [m]	Roughness	Rock d50 [m]	CU	Double diaphragm	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²]		Velocity Under Lining [m/s]		Length [m]
										Allowed	Calculated			
3	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	122.57	✗	-	5.54
4	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	163.43	✗	-	0.10
5	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	122.57	✗	-	4.56
6	Dense grass and light bushes		0.08							30.00	26.25	✓	-	10.54

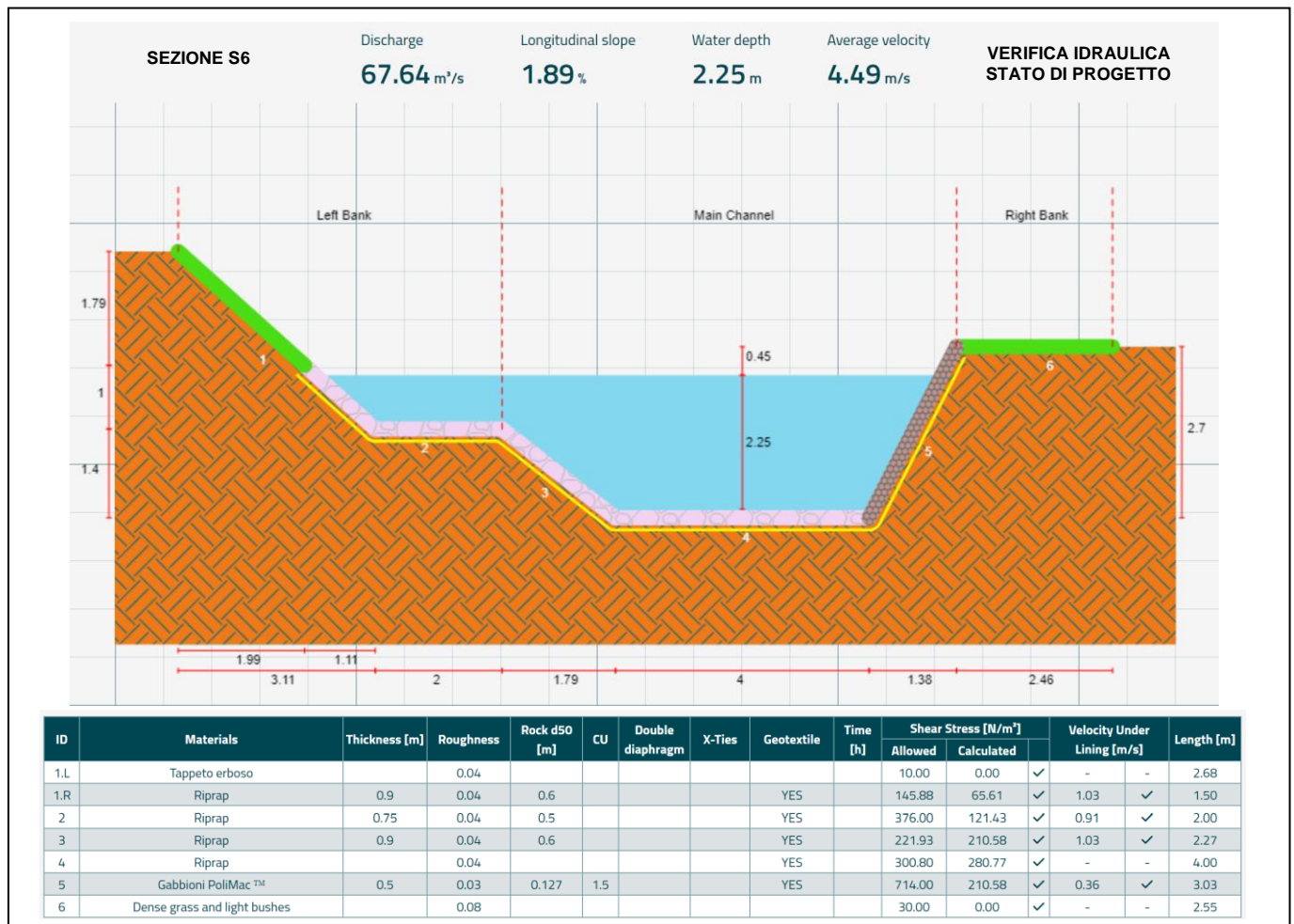
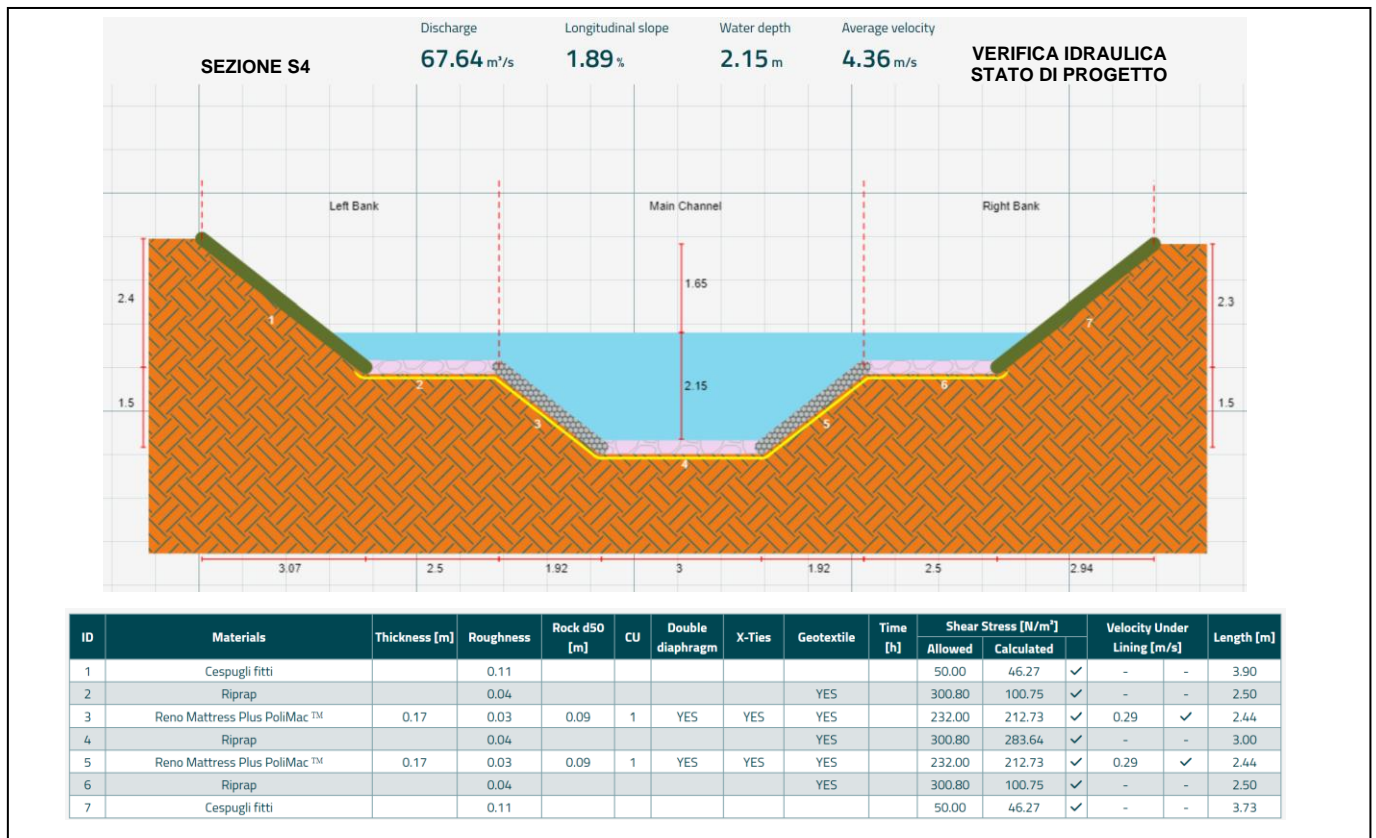
Le verifiche idrauliche eseguite sulla Sezione S6 evidenziano condizioni erosive sia del fondo che delle sponde dell'alveo nelle condizioni attuali a causa della presenza di una folta vegetazione; inoltre, l'invaso risulta insufficiente rispetto alle portate di progetto.

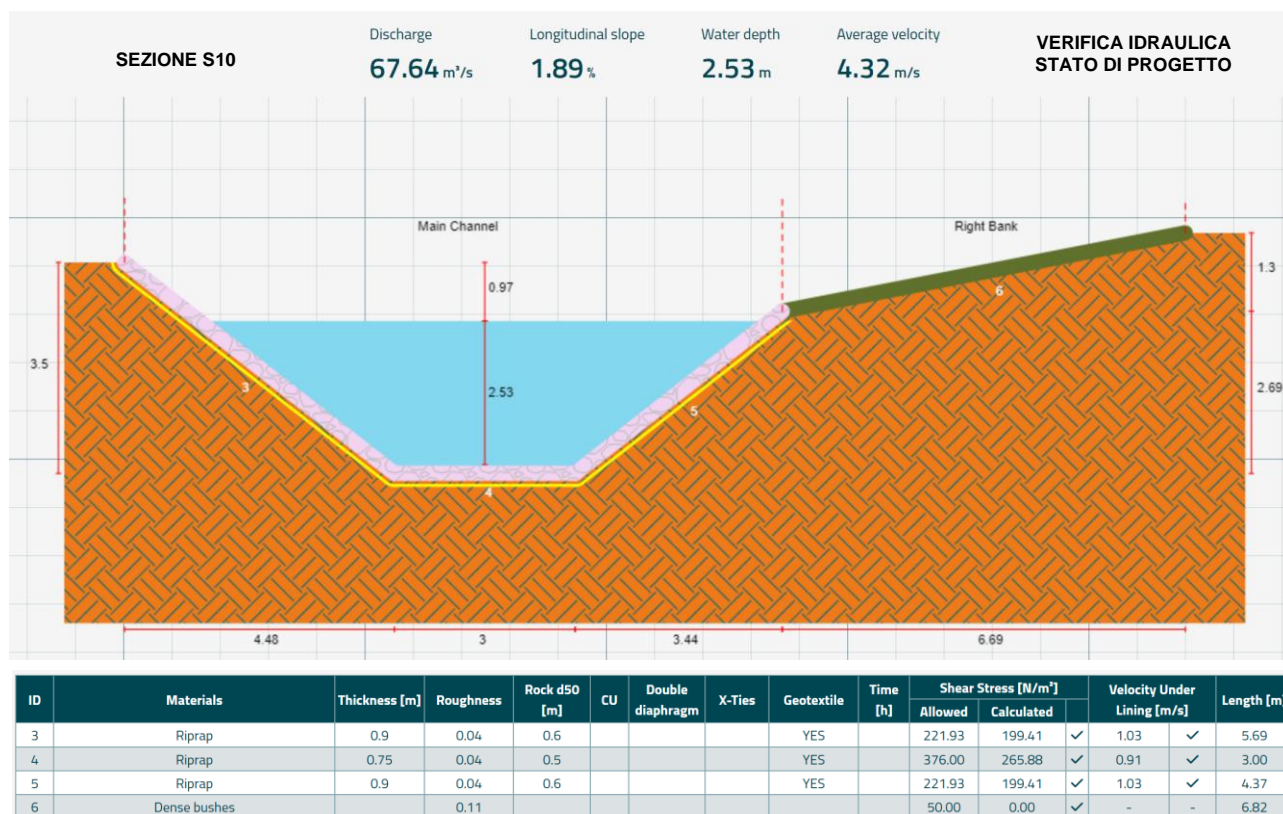
I risultati delle verifiche idrauliche eseguite nelle attuali sezioni sottolineano come in tali condizioni non consentano il deflusso delle portate all'interno dell'alveo a causa della ridotta geometria delle sezioni stesse oltre che alla presenza della fitta vegetazione e delle irregolarità delle sezioni lungo tutto il corso d'acqua.

In base agli output modellistici derivanti dall'implementazione di uno scenario progettuale corrispondente agli interventi previsti nel presente Progetto Definitivo – Esecutivo, si riscontra un incremento della portata transitabile nel corso d'acqua con conseguente diminuzione dei tiranti idrici.



ID	Materials	Thickness [m]	Roughness	Rock d50 [m]	CU	Double diaphragm	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m ²]		Velocity Under Lining [m/s]		Length [m]
										Allowed	Calculated			
2	Gabions PoliMac™	0.5	0.03	0.127	1.5			YES		714.00	0.00	✓	-	2.00
3	Gabions PoliMac™	0.5	0.03	0.127	1.5			YES		714.00	189.17	✓	0.36	2.45
4	Riprap		0.04					YES		300.80	252.22	✓	-	7.00
5	Gabions PoliMac™	0.5	0.03	0.127	1.5			YES		714.00	189.17	✓	0.36	3.20
6	Gabions PoliMac™	0.5	0.03	0.127	1.5			YES		714.00	0.00	✓	-	2.00





6. Conclusioni

La presente relazione idraulica si inserisce nel Progetto Definitivo- Esecutivo degli interventi "INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA E REGIMENTAZIONE IDRAULICA DEL FOSSO GRANDE" nel tratto posto sul confine tra il Comune di Spoltore (PE) e Pescara (PE), che va da SS714 (Spoltore) a via Francia (Pescara).

Al fine di inquadrare con maggior completezza le problematiche idrauliche di un tratto di circa 476 m del Fosso Grande in questa relazione sono state riportate le modellazioni idrauliche eseguite sul tratto di asta torrentizia dalla sezione del ponte in Via Francia per circa 300 metri lato monte, contenute nel recente "*Studio idrologico idraulico del tratto terminale del Fosso Grande in Comune di Pescara*" redatto su incarico del Comune di Pescara e più volte citato nella presente relazione.

Lo studio ha evidenziato i seguenti aspetti fondamentali da considerare nell'approccio alla risoluzione delle problematiche legate alle esondazioni di Fosso Grande:

- i fenomeni di insufficienza idraulica, allo stato di fatto, sono legati alla insufficienza della sezione idraulica del tratto tombato;
- nel tratto in studio del presente progetto, solo la parte terminale risulta essere stata oggetto di interventi di sistemazione idraulica mentre tutta la restante parte risulta priva di opere di regimentazione;
- l'oggetto del presente studio è stato quello di progettare interventi di mitigazione del rischio idraulico in un tratto di Fosso Grande anche in relazione ed in armonia ai lavori eseguiti nel tratto immediatamente a valle del Ponte di Via Francia, oggetto degli interventi realizzati nel Lotto I; pertanto, occorrerà eseguire perpetrare gli interventi di mitigazione del rischio idraulico anche a monte del tratto di interesse.

Sulla scorta delle considerazioni sopra riportate, è stato elaborato il presente studio che ha previsto le verifiche idrauliche delle scelte progettuali che, dalla sezione del ponte in Via Francia per circa 300 metri lato monte, prevedono la realizzazione di interventi di pulizia della vegetazione che, attualmente, invade l'alveo, di riprofilatura dell'alveo con una modesta rimodellazione delle sezioni, di rivestimento delle sponde con mantellate in pietrame e di stabilizzazione con gabbionate in corrispondenza delle sponde con maggiore pendenza. Tali opere riescono a garantire le condizioni necessarie a permettere un deflusso, lungo tale tratto di alveo in studio, di portate con un tempo di ritorno T 200 anni ed a stabilizzarne il regime idraulico.

Pescara, 16 dicembre 2024.

Ing. Andrea DI GIROLAMO

Relazione Tecnica di Calcolo

Oggetto: Comune di Pescara – Mitigazione rischio idraulico Fosso Grande

Il tecnico

Dott. Ing. Di Girolamo Andrea

1 SOMMARIO

1	Sommario.....	2
2	Premessa.....	3
3	Calcolo idraulico dei corsi d’acqua a pelo libero.....	3
4	Scala di deflusso.....	5
5	Calcolo della scala di deflusso	6
6	Verifica della protezione spondale rispetto alle caratteristiche della corrente	6
7	Metodo delle tensioni di trascinamento	7
8	Verifica in termini di tensione di trascinamento per materassi Reno e gabbioni	8

2 PREMESSA

Il programma **MACRA Studio** consente di verificare, *nell'ipotesi di moto uniforme*, una generica tipologia di canale anche dal profilo articolato, le portate ammesse e la progettazione delle relative protezioni spondali per la quale siano note tensione massima di trascinamento τ_c e coefficiente di scabrezza n , effettuando il confronto tra massime tensioni agenti e tensioni resistenti.

Nel caso specifico sono state eseguite delle verifiche idrauliche in tutte le sezioni comprese tra la n.1 e la n.11, in corrispondenza delle maggiori criticità rilevate:

- 1) Sezione n.1 a valle – con portata, ante opera, di 67,64 mc/s – pendenza longitudinale rilevata di circa l'1,89%

Nel progetto la sezione n.1 è quella di uscita alla vasca, la verifica è stata eseguita ipotizzando il fondo in massi ciclopici (Scogliere) e le sponde in gabbioni, le sezioni intermedie dell'asta fluviale anche ove più larghe di questa non risultano tuttavia verificate relativamente alle tensioni di trascinamento, per cui soggette a erosione nello stato ante opera.

Nel progetto definitivo le sezioni risultano rimodellate nella geometria e nei materiali, e le verifiche nelle condizioni post opera risultano positive, per i dettagli delle sistemazioni corticali dell'alveo, si rimanda ai grafici di progetto.

Le sezioni di progetto proposte nel progetto esecutivo dalla S1 alla S11 sono state verificate come in precedenza è garantiscono le portate rilevate nei calcoli.

3 CALCOLO IDRAULICO DEI CORSI D'ACQUA A PELO LIBERO

Nel seguito verranno riassunti i criteri fondamentali di calcolo dei corsi d'acqua a pelo libero e ricordate le formule risolutive dei problemi idraulici più elementari. Per maggiori dettagli sugli argomenti qui trattati si rimanda alle opere specialistiche [1, 2, 3, 4]

Il moto dell'acqua nei corsi a pelo libero in alvei fissi (non si considerano quindi tutte le modificazioni dell'alveo dovute al trasporto solido e la influenza che il trasporto dei materiali solidi al fondo e in sospensione può avere sulle modalità del moto dell'acqua) può presentarsi sotto diverse forme:

a) MOTO VARIO: quando le caratteristiche di velocità, densità e pressione variano, oltre che da punto a punto, anche in uno stesso punto nel tempo.

Il comportamento di una corrente idrica in moto vario può essere rappresentato nel modo più generale dalle equazioni di De Saint Venant:

$$(1) \quad \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0$$

$$(2) \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\beta QV)}{\partial x} = -gA \frac{\partial Z_w}{\partial x} - \frac{\tau_0 B}{\rho_0} + qU_q$$

ove l'eq. (1) rappresenta la legge di conservazione della massa, a densità costante e l'eq. (2) quella di conservazione della quantità di moto.

b) MOTO PERMANENTE: quando in ogni punto della massa fluida in moto le caratteristiche suddette non variano nel tempo ma solo da punto a punto.

Annullando le derivate parziali rispetto al tempo in (1) e (2), si giunge a due nuove equazioni che rappresentano il moto permanente:

$$(3) \quad \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0$$

$$(4) \quad \frac{dH}{dx} = -\frac{\tau_0 B}{\rho_0 g A} + \frac{q}{g A} (U_q - \beta V).$$

In particolare, il moto permanente si può presentare sotto le forme di:

- moto permanente in alveo prismatico, cioè con l'alveo formato dalle generatrici di un cilindro;
- moto permanente in alveo gradualmente variabile, cioè con le sponde che si allontanano o si avvicinano gradualmente fra loro, o il fondo che gradualmente si abbassa o si innalza, variando con continuità la propria inclinazione;
- moto permanente con bruschi allargamenti o restringimenti di sezione (dovuti a presenza di briglie, soglie, pile di ponti, traverse, ecc.)
- moto permanente con variazioni di portata lungo l'alveo, per immissioni o prelievi di acqua.

c) **MOTO UNIFORME**

Sia nel caso di corsi d'acqua naturali che di canali artificiali (canali industriali, di irrigazione, di bonifica dei terreni, navigabili, ecc.) è spesso possibile fare riferimento, in fase di progetto, alle condizioni di moto uniforme, cioè di moto permanente con portata costante in ogni sezione, in alveo prismatico declive nel senso del moto e a pendenza costante, con pelo libero parallelo al fondo. Ciò è lecito quando, nel tratto di corso d'acqua preso in esame, l'alveo non si discosti troppo dalla forma prismatica e non si risenta di rigurgiti provocati da disuniformità dell'alveo a monte e a valle.

La situazione di moto uniforme è descritta in fig. I.1, nella quale sono riportati una generica sezione trasversale e il profilo longitudinale del tronco che si considera. Nel caso di moto uniforme si ha $i_h = i_w = i_f$.

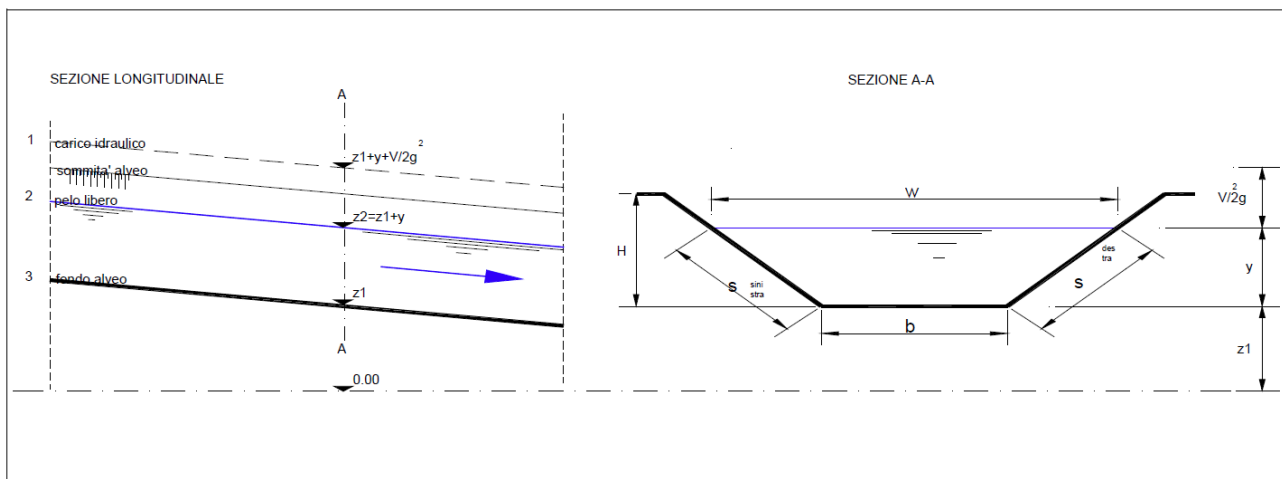


Fig I.1 Grandezze geometriche ed idrauliche caratteristiche

Le equazioni del moto uniforme diventano, partendo dalle (3) e (4), annullando q ed assumendo la pendenza della linea dei carichi pari a quella del fondo alveo, le seguenti:

$$(5) \quad Q = \text{cost}$$

$$(6) \quad \frac{dH}{dx} = i_f.$$

L'eq. (6) può essere riscritta nella più nota forma equivalente (formula di Chezy)

$$(7) \quad Q = A \chi \sqrt{R i_f}$$

ove il coefficiente di scabrezza può essere espresso in funzione del coefficiente di Manning n nella forma:

$$(8) \quad \chi = n^{-1} R^{1/6}$$

essendo

$$(9) \quad R = \frac{A}{B}$$

il raggio idraulico della sezione. Riscrivendo l'eq. (7) con le eqq. (8) e (9) si ottiene in definitiva l'equazione seguente (formula di Manning-Strickler):

$$(10) \quad Q = A^{5/3} B^{-2/3} n^{-1} i_f^{1/2}.$$

I simboli che compaiono nelle precedenti formule e figure hanno il significato di seguito riportato:

A	=	area sezione bagnata (m^2);
B	=	contorno bagnato (m);
b	=	larghezza del pelo libero (m);
β	=	coefficiente di ragguaglio della quantità di moto;
g	=	accelerazione di gravità (m/s^2);
H	=	carico totale della corrente (m);
i_f	=	pendenza del fondo alveo;
i_h	=	pendenza della linea dei carichi specifici
i_w	=	pendenza del pelo libero;
L	=	lunghezza tratto (m)
l	=	lunghezza della proiezione
Q	=	portata nella sezione (m^3/s);
q	=	portata laterale immessa per unità di larghezza (m^2/s);
ρ_0	=	densità dell'acqua (kg/m^3);
t	=	coordinata temporale (s);
τ_0	=	tensione tangenziale alle pareti (N/m^2);
U_q	=	componente in x della velocità della portata q (m/s);
V	=	velocità media nella sezione (m/s);
x	=	ascissa curvilinea lungo l'alveo (m);
y	=	altezza d'acqua nella sezione (m)
Z_f	=	quota di fondo alveo nella sezione a-a (m)
Z_w	=	quota del pelo libero (m).

4 SCALA DI DEFLUSSO

Il primo problema che un progettista deve risolvere è quello di garantire il passaggio della portata di progetto Q_p nelle sezioni sottoposte ad intervento di sistemazione idraulica. La portata di progetto è in genere valutata sulla base di studi idrologici oppure a partire da livelli storici di piena. In genere il valore di portata di progetto per tale verifica è quello corrispondente ad un tempo di ritorno di 100 anni. Se però i terreni prossimi al corso d'acqua possono tollerare l'inondazione, possono essere scelte delle portate di progetto con tempo di ritorno minore, accettando cioè una maggiore frequenza delle inondazioni. A partire da questi dati, in accordo con gli enti e le autorità competenti, si calcola la sezione del corso d'acqua o l'altezza d'acqua corrispondente, a seconda dei casi.

Dovrà quindi essere garantito che la portata di progetto possa transitare nella sezione progettata, il che equivale a dire che dovrà essere verificata la condizione:

$$(11) \quad Q = A^{5/3} B^{-2/3} n^{-1} i_f^{1/2} \geq Q_p$$

5 CALCOLO DELLA SCALA DI DEFLUSSO

Il programma calcola la scala di deflusso per passi successivi, dividendo l'altezza totale a disposizione tra fondo alveo e piano di campagna (fp) in 20 parti uguali; quindi partendo con un tirante iniziale pari a $fp/20$ calcola la portata defluente per ogni tratto, e la portata complessiva Q_k come somma dei singoli contributi di ognuno di essi.

Prima di passare al livello successivo (incrementando il tirante di $fp/20$) si verifica che Q_k sia minore di Q_p ; non appena questa condizione non è più soddisfatta, si ricerca il tirante d'acqua Y_{max} corrispondente a Q_p per iterazioni successive. Qualora risulti che alla portata di progetto corrisponde una quota d'acqua superiore al piano di campagna si segnala che la sezione scelta non è in grado di smaltire la portata di progetto.

Per ogni tratto viene inoltre calcolata la velocità media v_{mi} come:

$$(13) \quad v_{mi} = \frac{Q_p}{A_i}$$

e il numero di Froude F_i :

$$(14) \quad F_i = \frac{v_{mi}}{\sqrt{g \frac{A_i}{b_i}}}$$

con i valori di A_i (sezione bagnata) e b_i (larghezza del pelo libero) corrispondenti ad Y_{max} .

6 VERIFICA DELLA PROTEZIONE SPONDALE RISPETTO ALLE CARATTERISTICHE DELLA CORRENTE

Nel calcolo (progettazione o verifica) di una protezione spondale, si fa riferimento a due metodi generali basati sull'ammissibilità per un materiale di:

- *velocità*
- *tensioni di trascinamento*.

Il secondo metodo è più corretto dal punto di vista scientifico e per questo motivo è stato scelto per il programma Protezioni Spondali, anche se quello basato sulle velocità è spesso più facile da applicare in quanto è più semplice misurare o calcolare una velocità media in una sezione piuttosto che le tensioni tangenziali.

Ai fini della valutazione dell'efficacia antiersiva di una protezione è necessario considerare tutti i parametri idraulici e geometrici: altezza d'acqua della corrente, pendenza della sponda, andamento planimetrico del corso d'acqua, durata dell'evento di piena; ciò significa, in altri termini, che occorre esprimere risultati di prove sperimentali e le conseguenti indicazioni progettuali in termini di tensioni tangenziali ammissibili, tecnicamente più significative del parametro idraulico velocità della corrente.

Di estrema importanza per alcuni materiali o tecniche è infine anche il riferimento alla durata della sollecitazione stessa: in ambito fluviale oltre al picco di piena è di fondamentale importanza considerare la durata complessiva dell'evento stesso ed occorre rifarsi a durate caratteristiche degli eventi di progetto escludendo frazioni di ora, in quanto generalmente non significative. Tale fattore non riguarda le protezioni spondali in cui la resistenza al trascinamento è garantita dal peso del materiale costituente la protezione: per una scogliera non si ha crisi della protezione finché non viene raggiunta la tensione tangenziale critica di inizio movimento, che dipende esclusivamente dalla forma del pietrame e dalle sue dimensioni; per materassi e gabbioni l'azione di contenimento della rete incrementa tale resistenza, permettendo che avvenga un movimento parziale all'interno delle tasche senza crisi della protezione.

7 METODO DELLE TENSIONI DI TRASCINAMENTO

Questo procedimento si basa sul confronto tra le tensioni tangenziali massime che nascono nel punto di verifica prescelto e quelle massime ammissibili per il materiale ivi presente.

TENSIONI AGENTI

La formula per calcolare la tensione tangenziale massima al fondo [1] fa riferimento al raggio idraulico R

$$(15) \quad \tau_b = \gamma_w R i_f .$$

(al fondo)

Per i corsi d'acqua naturali ed i canali sufficientemente larghi il raggio idraulico R risulta pressoché coincidente con il tirante d'acqua; la formula quindi diviene, per un punto posizionato sul fondo (si fa notare che tale semplificazione è a favore di sicurezza):

$$(16) \quad \tau_b = \gamma_w (Y_{\max} - z_i) i_f$$

(al fondo)

ove z_i è la quota del punto da verificare.

Se il punto è situato su una sponda lungo un'asta fluviale planimetricamente rettilinea, la tensione tangenziale massima τ_m è ridotta e vale [1]:

$$(17) \quad \tau_m = 0,75 \gamma_w (Y_{\max} - z_i) i_f$$

(sulla sponda rettilinea)

Diversamente, se l'asta è in curva si ha un aumento della tensione tangenziale sulla sponda concava (esterna), di cui si tiene conto attraverso il coefficiente K , funzione del rapporto tra il raggio di curvatura e la larghezza del pelo libero dell'acqua (cfr. Fig. I.3).

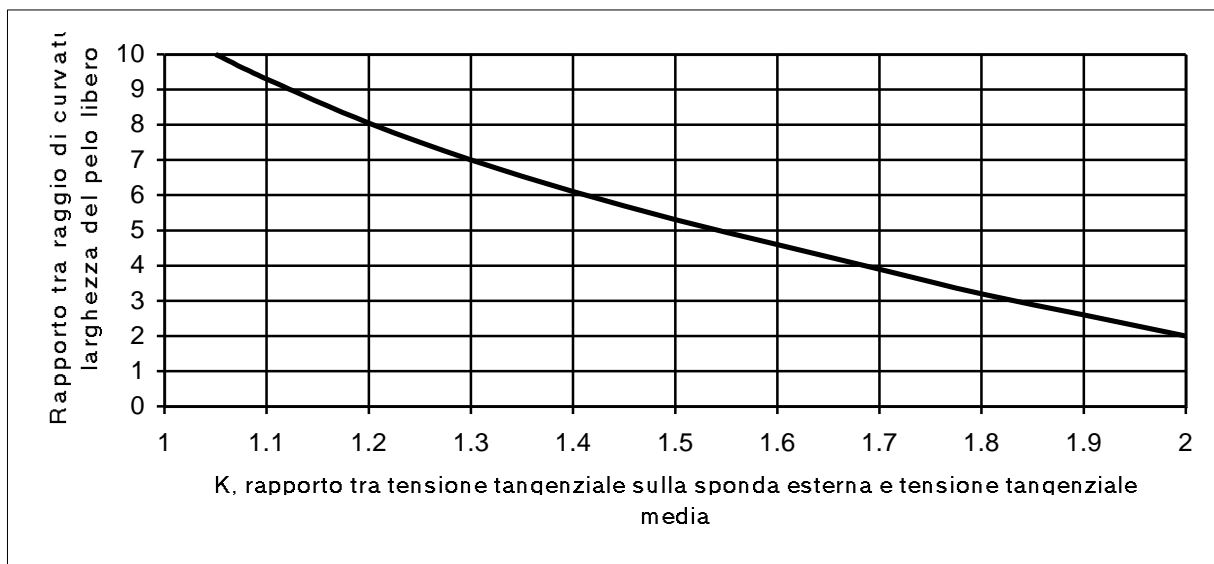


Fig. I.3 Effetto della curvatura del corso d'acqua sulla tensione tangenziale agente sulla sponda esterna.

Ne consegue che τ_m assume la seguente espressione:

$$(18) \quad \tau_m = K 0,75 \gamma_w (Y_{\max} - z_i) i_f .$$

(sulla sponda in curva)

TENSIONI RESISTENTI E LORO VERIFICA

Per quanto riguarda la resistenza al trascinamento si definisce tensione massima di trascinamento τ_c la massima forza a partire dalla quale il materiale al fondo comincia a muoversi. Per i materiali non coesivi la formula generalmente utilizzata è la seguente [9]

$$(19) \quad \tau_c = 80 d_{75}$$

dove

τ_c = tensione massima di trascinamento (kg/m²)

d_{75} = diametro del vaglio che consente il passaggio del 75 % del materiale d'alveo (cm)

Affinché la verifica sia soddisfatta deve risultare, per un punto sul fondo:

$$(20) \quad \tau_b \leq \tau_c ,$$

(al fondo)

A sua volta per il materiale non coesivo non situato su un fondo orizzontale, occorre tenere conto della riduzione della tensione massima di trascinamento τ_s (dovuta all'effetto della pendenza della sponda) mediante un coefficiente correttivo e la tensione così modificata va confrontata con la massima tensione agente τ_m :

$$(21) \quad \tau_m \leq \tau_s ,$$

(sulla sponda)

e dove

$$(22) \quad \tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \vartheta}{\sin^2 \varphi}}$$

in cui:

φ = angolo di attrito interno del materiale (non coesivo) che costituisce la sponda

θ = angolo di inclinazione della sponda sull'orizzontale.

Per evitare che il termine sotto radice diventi negativo, occorre che il materiale che costituisce la sponda abbia un angolo di attrito interno superiore all'inclinazione della sponda. In caso contrario il programma consente comunque il calcolo della τ_s , assumendo che per inclinazione delle sponde $\theta > (\varphi - 2^\circ)$ il coefficiente riduttivo sia costante e pari al valore

$$(22') \quad \tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin^2 (\vartheta - 2)}{\sin^2 \varphi}}$$

assegnando quindi al materiale una resistenza residua assimilabile al fatto che in genere è presente una coesione.

8 VERIFICA IN TERMINI DI TENSIONE DI TRASCINAMENTO PER MATERASSI RENO E GABBIONI

Le opere in gabbioni e materassi Reno hanno mostrato una spiccata rinaturalizzazione spontanea esprimendo la loro potenzialità a consentire un naturale recupero delle biocenosi distrutte o manomesse. Vegetazione e gabbioni/materassi Reno hanno dimostrato di poter convivere ed offrire vicendevolmente condizioni ottimali di sviluppo, rappresentando una reale esemplificazione del concetto di base della ingegneria naturalistica che si propone di analizzare e verificare l'abbinamento tra materiali vivi ed inerti per le opere di difesa contro l'erosione.

Sulla base di tali osservazioni si è assunto che per le resistenze a trascinamento di materassi e gabbioni vegetati (tabella 3), non vi siano differenze in funzione dello spessore del rivestimento, in quanto l'intreccio che si viene a creare tra pietrame, rete, terreno di riempimento, apparato radicale e terreno sottostante alla protezione costituisce una struttura unica la cui resistenza è dovuta alla mobilitazione dei vari elementi che la costituiscono.

Per quanto riguarda gli aspetti progettuali, in generale si definisce stabile un rivestimento in pietrame, sia esso costituito da materassi Reno e gabbioni (per i quali si ha presenza di rete metallica di contenimento) sia da pietrame sciolto (rip-rap) costituito da soli inerti, quando non si ha spostamento degli elementi litoidi. La condizione di inizio del movimento di questi elementi definisce il limite di stabilità del rivestimento. La tensione tangenziale che viene esercitata sul rivestimento è espressa dall'equazione (16)

Considerato un ciottolo di diametro equivalente uguale al diametro medio d_m del pietrame di fondo (cioè il diametro del vaglio che consente il passaggio del 50% in peso del materiale litoide che costituisce il rivestimento) si definisce coefficiente di Shields la grandezza adimensionale

$$(23) \quad C^* = \frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma_w) d_m}$$

Il denominatore risulta proporzionale alla tensione normale sul fondo dovuta al peso immerso del ciottolo; il coefficiente di Shields è dunque analogo ad un coefficiente di attrito. La tensione tangenziale al fondo, che può essere raggiunta senza movimento del pietrame (tensione tangenziale critica), vale dunque

$$(24) \quad \tau_c = C^* (\gamma_s - \gamma_w) d_m$$

Il rivestimento risulta stabile se è verificata la disuguaglianza che si ottiene confrontando la eq. (16) con la eq. (24):

$$(20) \quad \tau_b \leq \tau_c$$

Con controllo delle deformazioni, per tener conto dell'effetto stabilizzante della rete, si ammette per gabbioni e materassi Reno che tale resistenza sia aumentata del 20 %, in quanto con tale valore (definito come η tensione tangenziale limite) si hanno deformazioni contenute per insaccamento del pietrame. Il confronto diventa:

$$(25) \quad \tau_b < \eta$$

dove $\eta = 1.2 \tau_c$

purché risulti soddisfatta contemporaneamente la verifica sulle deformazioni descritta al paragrafo successivo.

Il coefficiente di Shields per il pietrame sciolto (rip-rap) vale circa 0,047; per il pietrame contenuto da rete metallica (materassi Reno e gabbioni) vale:

$$(26) \quad C^* \cong 0.10$$

A parità quindi di dimensioni il pietrame di riempimento di materassi Reno e gabbioni sopporta una tensione tangenziale più che doppia rispetto al rip-rap, grazie all'azione di contenimento della rete metallica.

I valori di scabrezza e di resistenza al trascinamento ricavati dai test sperimentali sono riportati in tabella 1. Per quanto riguarda le resistenze al trascinamento a regime, vale quanto detto ad inizio paragrafo: i valori di riferimento sono riportati in tabella 3.

Le espressioni precedenti si riferiscono al rivestimento del fondo del corso d'acqua; per quello delle sponde occorre ridurre la tensione limite secondo la formula:

$$(22) \quad \tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \vartheta}{\sin^2 \varphi}}$$

in cui φ , angolo di attrito del pietrame che costituisce il rivestimento, vale 41° sulla base delle esperienze riportate in bibliografia.

Poiché il termine sotto radice tende a 0 e, quindi, a divenire negativo per valori di $\vartheta \geq 41^\circ$, si assume che il valore della radice rimanga costante, per valori di $\vartheta \geq 39^\circ$, ed uguale al valore assunto per $\vartheta = 39^\circ$. Si consiglia comunque di non oltrepassare la pendenza massima di 45° dati i problemi di messa in opera di materassi e gabbioni.

Nei tratti in curva si avrà un aumento della tensione tangenziale sulla sponda esterna secondo quanto indicato al par. 2.2.

Tensione tangenziale critica di gabbioni e Materassi Reno® Plus

Thornton e altri (2019) hanno eseguito nuovi test con Reno® Mattresses Plus per indagare l'influenza della rete, il coefficiente di uniformità e il diametro medio della roccia di riempimento sulla dissipazione del flusso.

I Materassi Reno Plus sono realizzati con diaframmi doppi distanziati da 1 m e hanno 1 X-Tie per m² (Fig. 12).

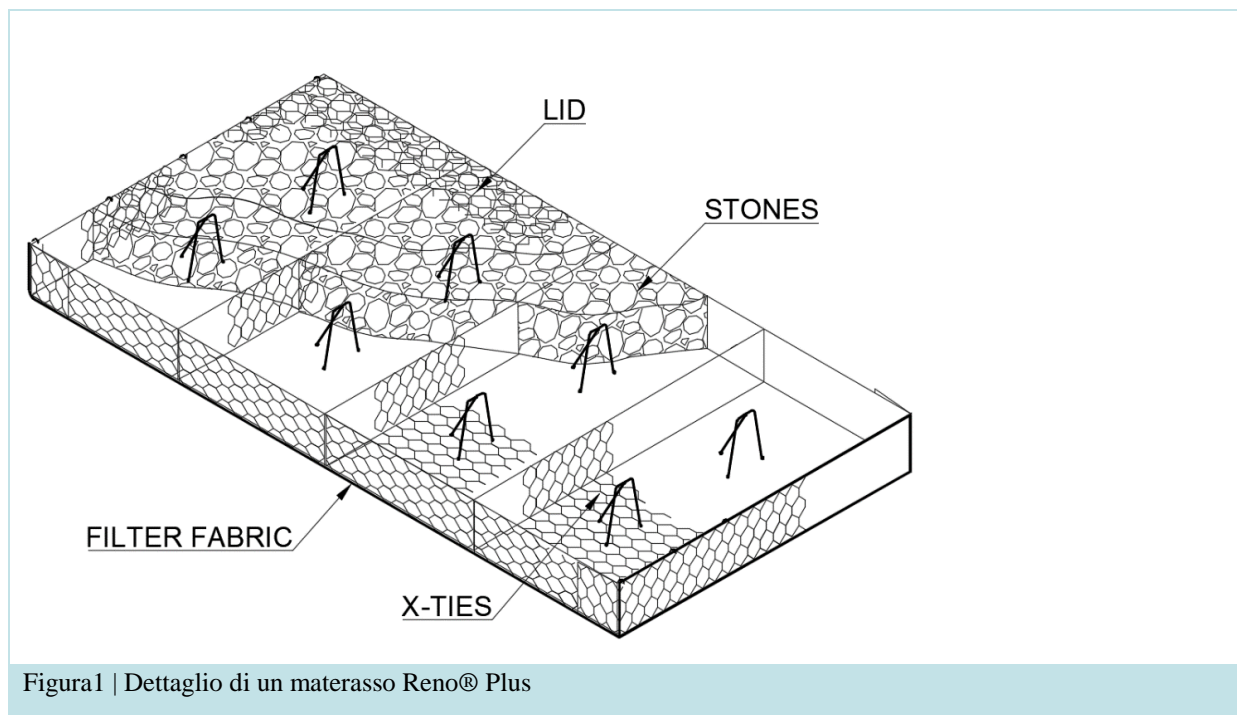


Figura1 | Dettaglio di un materasso Reno® Plus

Sono state testate diverse configurazioni di materasso Reno Plus (spessore, X-Ties). Nel nuovo modello di interpretazione, questa differenza di prestazioni può essere attribuita a:

l'uso di connessioni verticali,

l'uso di un doppio diaframma,

l'uso di diversi riempimenti in pietrame (sia per dimensioni che in uniformità).

La ricerca ha portato a rivalutare l'equazione di Shield come segue:

$$\tau_c = \alpha f[f_1(d_{50}), C_u, \gamma_s, t, V_{ties}]$$

Quando τ_c è sollecitazione di taglio allo stato critico, γ_s è il peso specifico delle pietre, $f_1(d_{50})$ è la funzione della dimensione media della roccia, t è lo spessore del materasso, C_u è il fattore dovuto all'uniformità della roccia (tra 1,0 e 1,5) e V_{ties} è il fattore di amplificazione quando si utilizzano i tiranti verticali.

I valori delle sollecitazioni di taglio registrati nel 2019 sono riassunti nella tabella seguente.

Nella tabella che segue è indicata la tensione tangenziale critica (o sforzo di taglio ammissibile) in funzione del materiale lapideo di riempimento:

τ_c tensione tangenziale critica: valore della resistenza massima al trascinamento del materiale posato orizzontalmente.

Tabella 1 Tensione tangenziale critica per i Materassi Reno® PLUS e i gabbioni PoliMac™			
spessore m	d ₅₀	Coefficiente di uniformità - C _u	Tensione tangenziale critica* Pa
0.17	0.083	1.00	402
0.17	0.083	1.50	321
0.17	0.095	1.00	445
0.17	0.102	1.50	371
0.23	0.083	1.00	482
0.23	0.083	1.50	385
0.23	0.095	1.00	534
0.23	0.095	1.50	426
0.23	0.102	1.50	445
0.30	0.083	1.00	576
0.30	0.083	1.50	459
0.30	0.095	1.00	638
0.30	0.095	1.50	509
0.30	0.102	1.50	532
≥0,50 gabbione**	0.127	1.50	714

*Materassi Reno® Plus sono realizzati con doppi diaframmi distanziati di 1 m e hanno 1 X-Ties per m².

**I gabbioni sono prodotte con diaframmi semplici distanziati da 1 m e non hanno X-Ties

LEGENDA - (Unità di misura nel Sistema Tecnico)Dati da inserire per il calcolo della scala di deflusso:

Q_p	=	portata di progetto (m^3/s);
i_f	=	pendenza del fondo nel tratto considerato (%);
L_i	=	lunghezza del tratto i-esimo (m);
f_i	=	quota del punto più basso del tratto i-esimo (m) ¹
f_p	=	quota piano di campagna (m) ¹ ;
θ_i	=	pendenza del tratto i-esimo (deg);
n_i	=	coefficiente di Manning per la scabrezza del tratto i-esimo ($s/m^{1/3}$);

Valori calcolati nella prima fase (scala di deflusso):

Y_{max}	=	altezza d'acqua corrispondente alla portata di progetto (m) ¹ ;
v_{mi}	=	velocità media relativa al tratto i-esimo ed alla portata di progetto (m/s);
F_i	=	numero di Froude relativo al tratto i-esimo ed alla portata di progetto (adim.).

Dati da inserire per la verifica del rivestimento alla corrente:

t	=	durata dell'evento di piena (ore), questo dato necessita solo per l' Italmac-Net;
τ_c	=	tensione tangenziale ammissibile sui tratti orizzontali (Kg/m^2);
s	=	spessore del rivestimento (m);
φ	=	angolo di attrito interno del materiale costituente la sponda (deg), di default viene dato 30°, per gabbioni e materassi Reno vale 41°;
γ_w	=	peso specifico dell'acqua (Kg/m^3), di default viene dato 1000 Kg/m^3 ;
γ_s	=	peso specifico reale del materiale di riempimento del rivestimento (Kg/m^3), di default viene dato 2500 Kg/m^3 ;
v_e	=	velocità massima ammissibile sotto il rivestimento (m/s);
d_m	=	diametro medio delle particelle di riempimento del rivestimento (m);
d	=	dimensione delle particelle del suolo che si vuole evitare che vengano erose (m);
n_f	=	coefficiente di scabrezza al fondo (adim), di default viene dato 0.020 se sotto il rivestimento è presente un filtro in geotessile o se non c'è filtro alcuno, diversamente viene dato 0.025 se sotto il rivestimento è presente un filtro in ghiaia;
K	=	coefficiente di incremento delle tensioni tangenziali in curva sulla sponda esterna (adim).

Valori calcolati nelle verifiche del rivestimento alla corrente:

τ_b	=	tensione tangenziale massima sui tratti orizzontali (Kg/m^2);
τ_m	=	tensione tangenziale massima sulle sponde (Kg/m^2);
τ_s	=	tensione tangenziale ammissibile sulle sponde (Kg/m^2);
v_b	=	velocità sotto il rivestimento (m/s) calcolata con la formula di Manning;

Dati da inserire per la progettazione del rivestimento al moto ondoso:

H_s	=	altezza d'onda di progetto (m);
α	=	pendenza del tratto rivestito (rad);
n	=	porosità (adim);
Δm	=	peso specifico del materiale immerso (Kg/m^3);

Valori calcolati nella progettazione del rivestimento al moto ondoso:

t_m	=	spessore minimo da assegnare al rivestimento (m).
-------	---	---

¹ Tutte le quote sono riferite a fondo alveo.

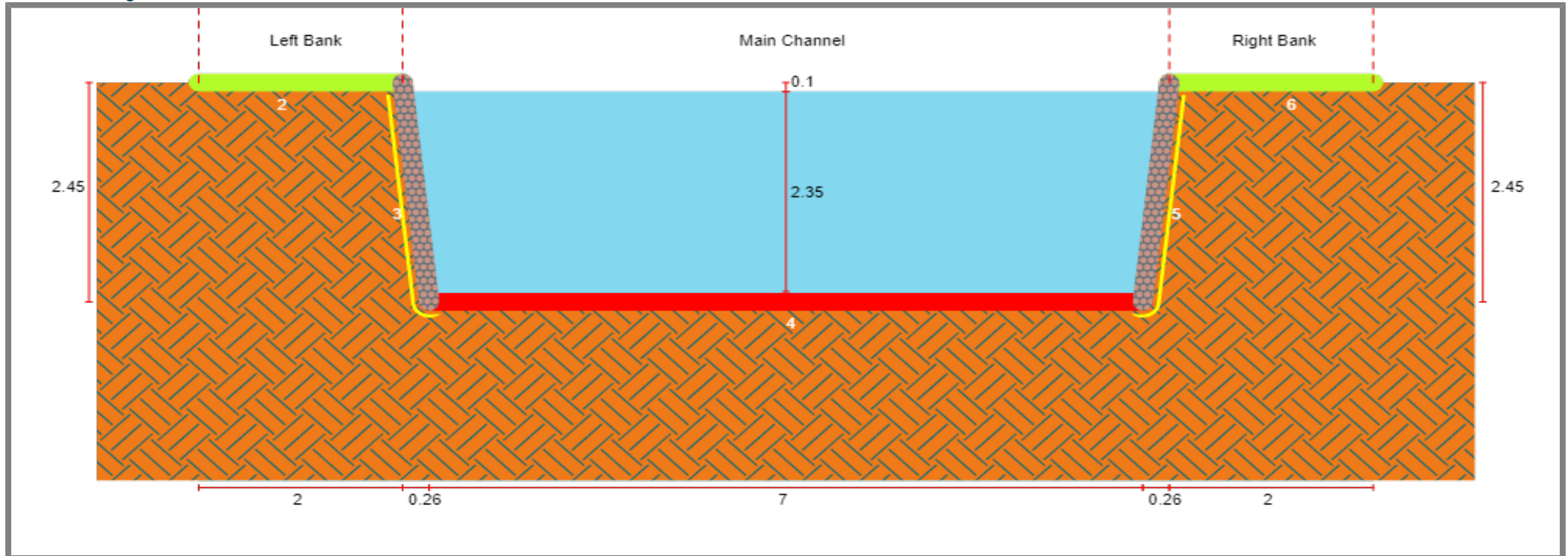
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Longitudinal Slope [%]	1.89
Freeboard [m]	0.10
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

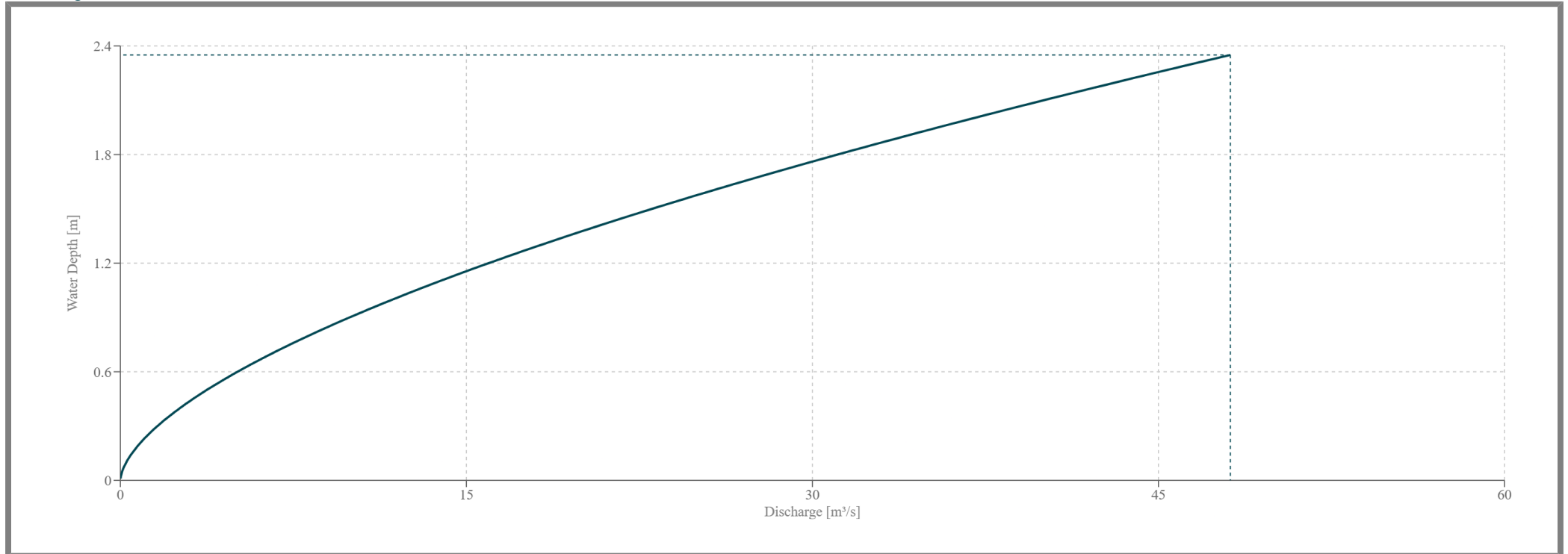
Freeboard [m]	0.10	Automated discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.89	-			
Water Depth [m]	2.35	-			
Froude Number	0.60	Subcritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	48.12	0.00	48.12	0.00	
Cross Sectional Area [m²]	17.04	0.00	17.04	0.00	
Wetted Perimeter [m]	11.73	0.00	11.73	0.00	
Hydraulic Radius [m]	1.45	0.00	1.45	0.00	
Average Water Velocity* [m/s]	2.82	0.00	2.82	0.00	
Average Roughness		0.0000	0.0620	0.0000	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U _{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	Velocity Un- der Lining [m/s]	Length [m]
2	Riparian wattles		0.04						10.00	0.00	✓	-	2.00
3	Gabions PoliMac™	0.5	0.03	0.127	1.5		YES		714.00	205.93	✓	0.36	2.45
4	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	274.58	✗	-	7.00
5	Gabions PoliMac™	0.5	0.03	0.127	1.5		YES		714.00	205.93	✓	0.36	2.45
6	Riparian wattles		0.04						10.00	0.00	✓	-	2.00



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

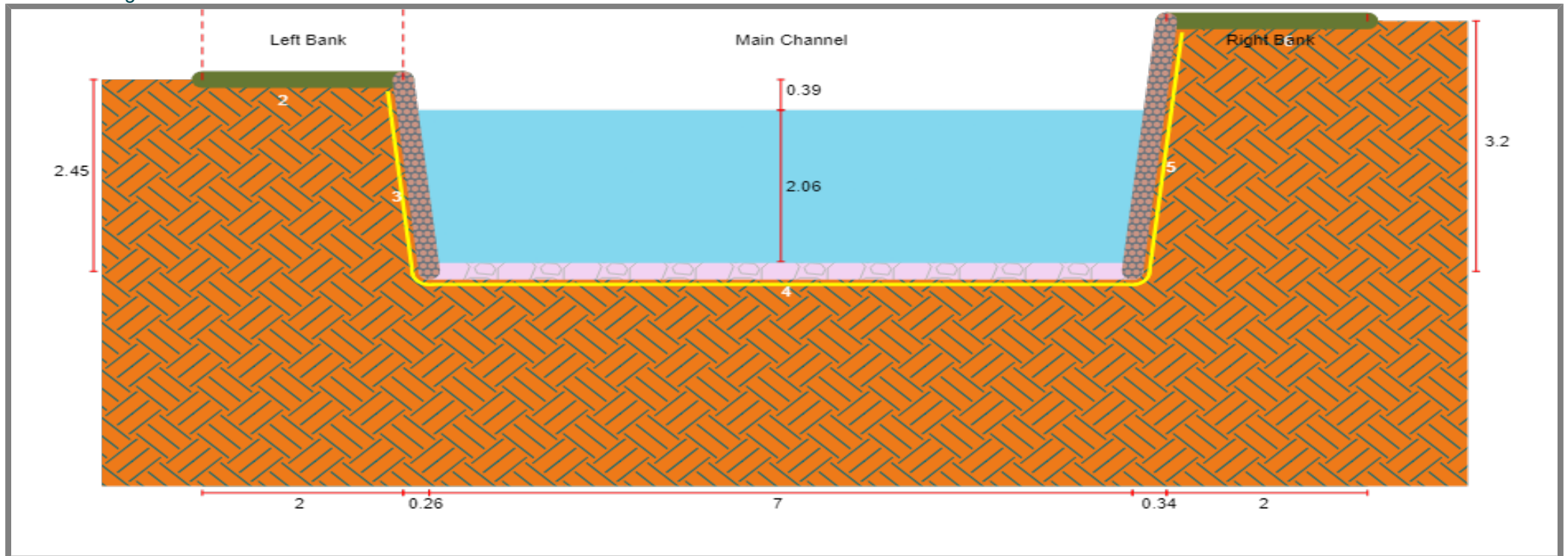
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Discharge [m ³ /s]	67.64
Longitudinal Slope [%]	1.89
Freeboard [m]	0.30
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

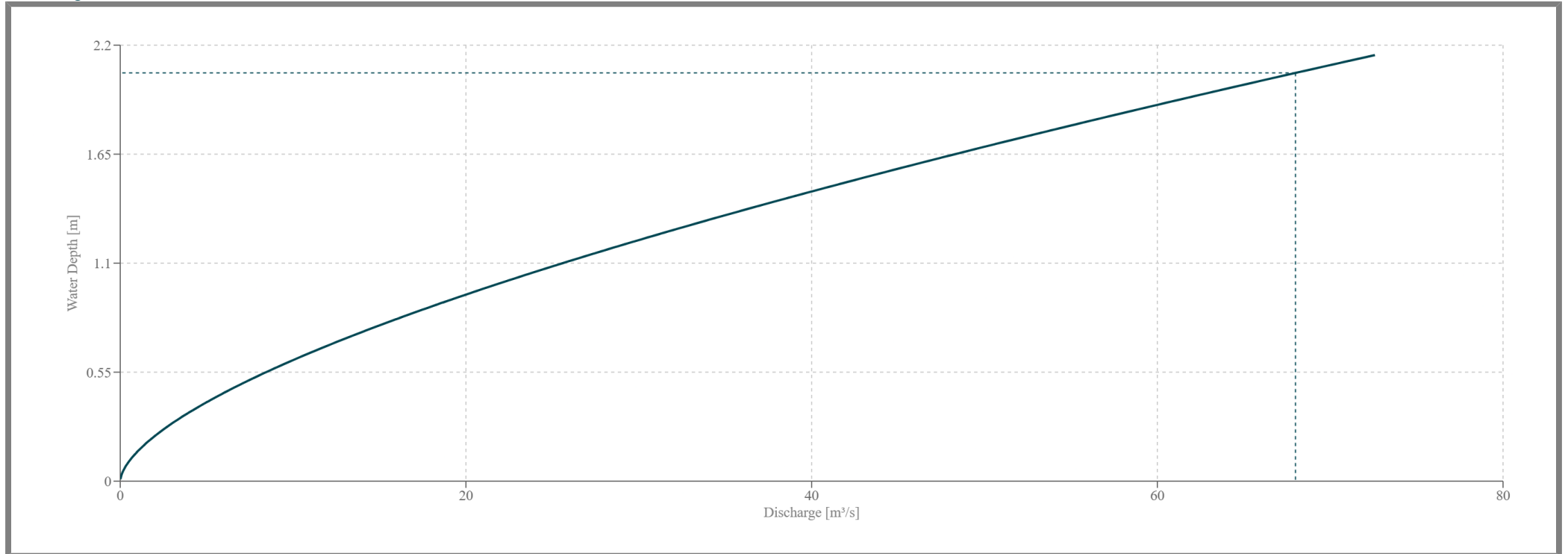
Freeboard [m]	0.39	Discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.89	-			
Water Depth [m]	2.06	-			
Froude Number	1.03	Supercritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	67.64	0.00	67.99	0.00	
Cross Sectional Area [m²]	14.87	0.00	14.87	0.00	
Wetted Perimeter [m]	11.14	0.00	11.14	0.00	
Hydraulic Radius [m]	1.33	0.00	1.33	0.00	
Average Water Velocity* [m/s]	4.57	0.00	4.57	0.00	
Average Roughness		0.0000	0.0360	0.0000	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U _{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	Velocity Un- der Lining [m/s]	✓	Length [m]
2	Brush mats w/willow		0.04						50.00	0.00	✓	-	-	2.00
3	Gabions PoliMac TM	0.5	0.03	0.127	1.5		YES		714.00	189.17	✓	0.36	✓	2.45
4	Riprap		0.04				YES		300.80	252.22	✓	-	-	7.00
5	Gabions PoliMac TM	0.5	0.03	0.127	1.5		YES		714.00	189.17	✓	0.36	✓	3.20
6	Brush mats w/willow		0.04						50.00	0.00	✓	-	-	2.00



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

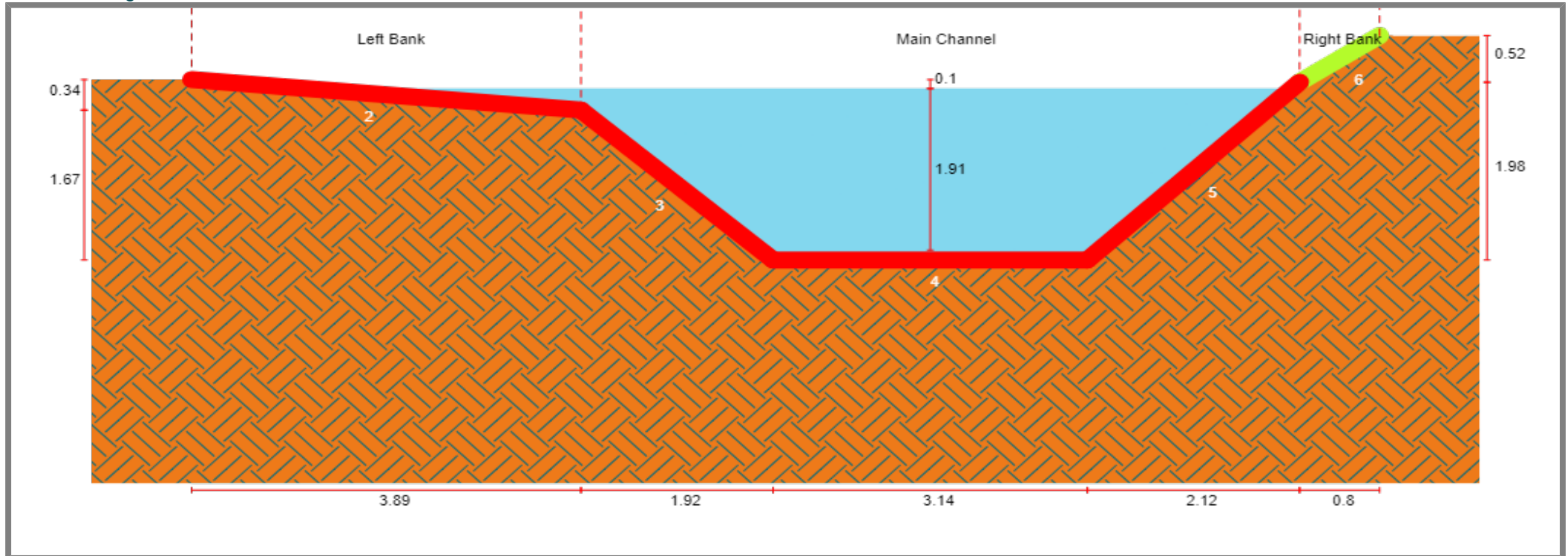
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Longitudinal Slope [%]	1.00
Freeboard [m]	0.10
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

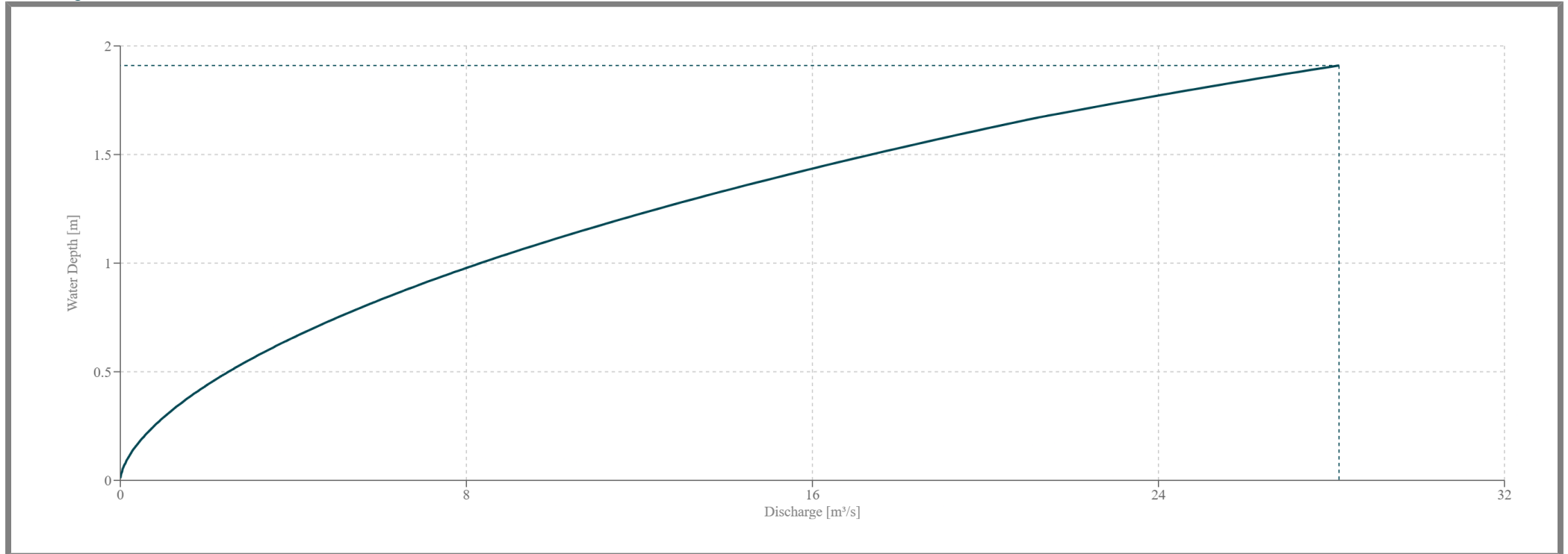
Freeboard [m]	0.10	Automated discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.00	-			
Water Depth [m]	1.91	-			
Froude Number	0.85	Subcritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	28.18	0.20	27.98	0.00	
Cross Sectional Area [m²]	10.34	0.33	10.01	0.00	
Wetted Perimeter [m]	11.23	2.76	8.48	0.00	
Hydraulic Radius [m]	0.92	0.12	1.18	0.00	
Average Water Velocity* [m/s]	2.72	0.61	2.79	0.00	
Average Roughness		0.0400	0.0400	0.0000	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U Double di- aphragm	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Allowed	Stress [N/m²] Calculated		Velocity Un- der Lining [m/s]	Length [m]	
2	Riparian wattles		0.04						10.00	11.95	✗	-	-	3.90
3	Riparian wattles		0.04						10.00	88.59	✗	-	-	2.54
4	Riparian wattles		0.04						10.00	118.12	✗	-	-	3.14
5	Riparian wattles		0.04						10.00	88.59	✗	-	-	2.90
6	Riparian wattles		0.04						10.00	0.00	✓	-	-	0.95



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

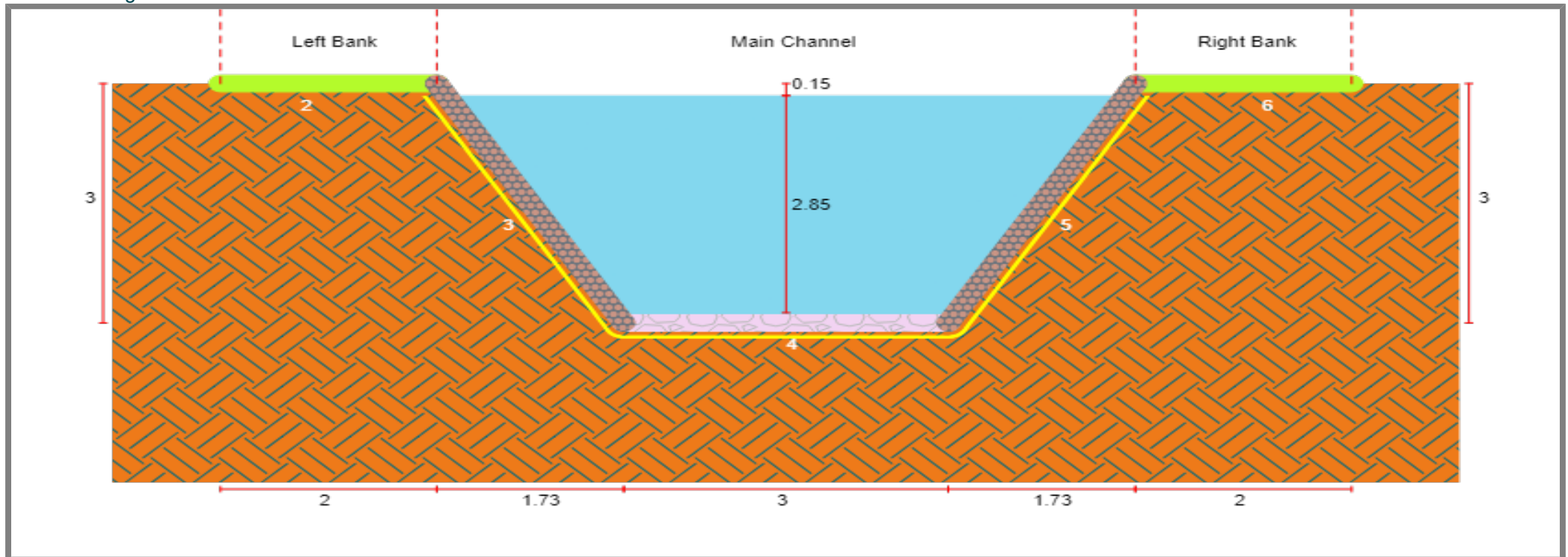
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Discharge [m ³ /s]	67.64
Longitudinal Slope [%]	1.89
Freeboard [m]	0.05
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

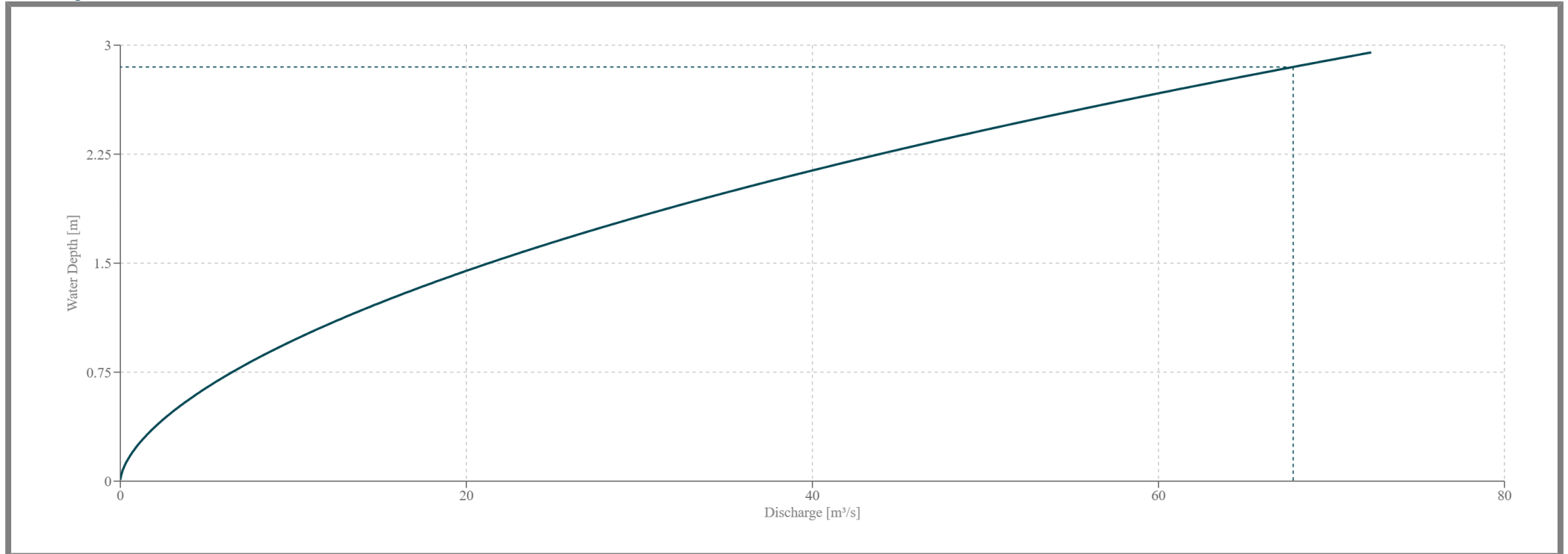
Freeboard [m]	0.15	Discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.89	-			
Water Depth [m]	2.85	-			
Froude Number	1.13	Supercritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	67.64	0.00	67.79	0.00	
Cross Sectional Area [m²]	13.23	0.00	13.23	0.00	
Wetted Perimeter [m]	9.58	0.00	9.58	0.00	
Hydraulic Radius [m]	1.38	0.00	1.38	0.00	
Average Water Velocity* [m/s]	5.12	0.00	5.12	0.00	
Average Roughness		0.0000	0.0330	0.0000	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U ^{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	Velocity Un- der Lining [m/s]	✓	Length [m]
2	Riparian wattles		0.04						10.00	0.00	✓	-	-	2.00
3	Gabions PoliMac TM	0.5	0.03	0.127	1.5		YES		714.00	195.82	✓	0.36	✓	3.46
4	Riprap		0.04				YES		300.80	261.09	✓	-	-	3.00
5	Gabions PoliMac TM	0.5	0.03	0.127	1.5		YES		714.00	195.82	✓	0.36	✓	3.46
6	Riparian wattles		0.04						10.00	0.00	✓	-	-	2.00



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

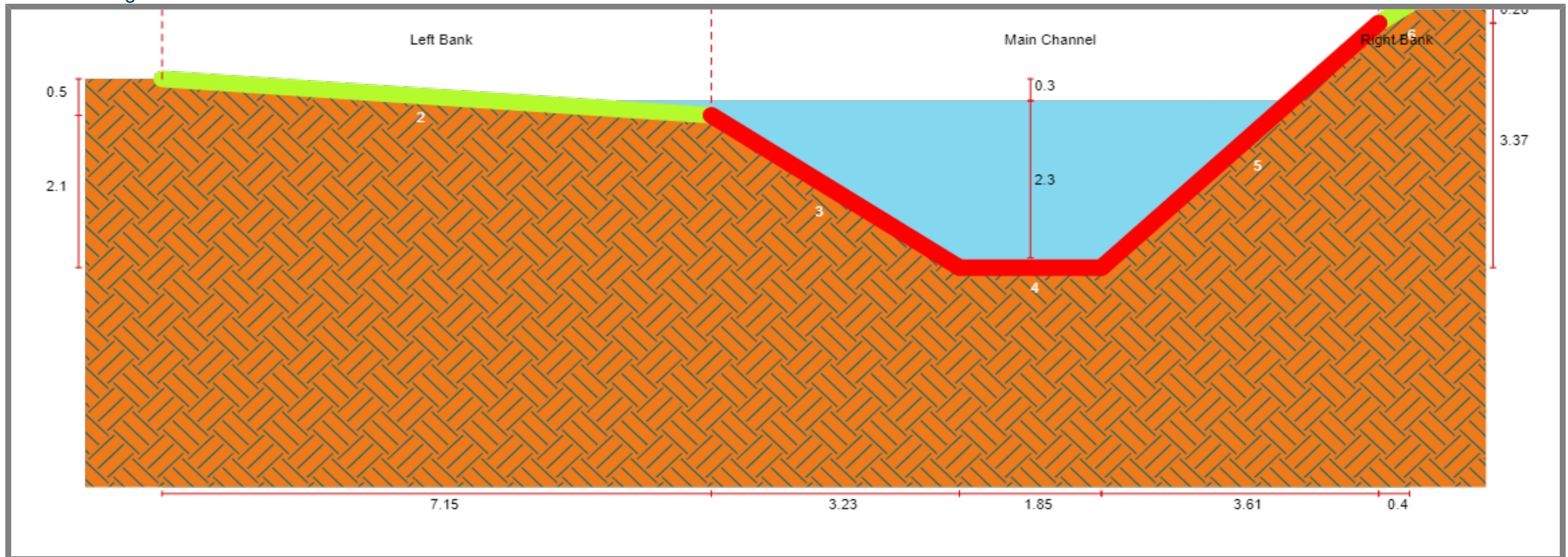
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Longitudinal Slope [%]	1.00
Freeboard [m]	0.30
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

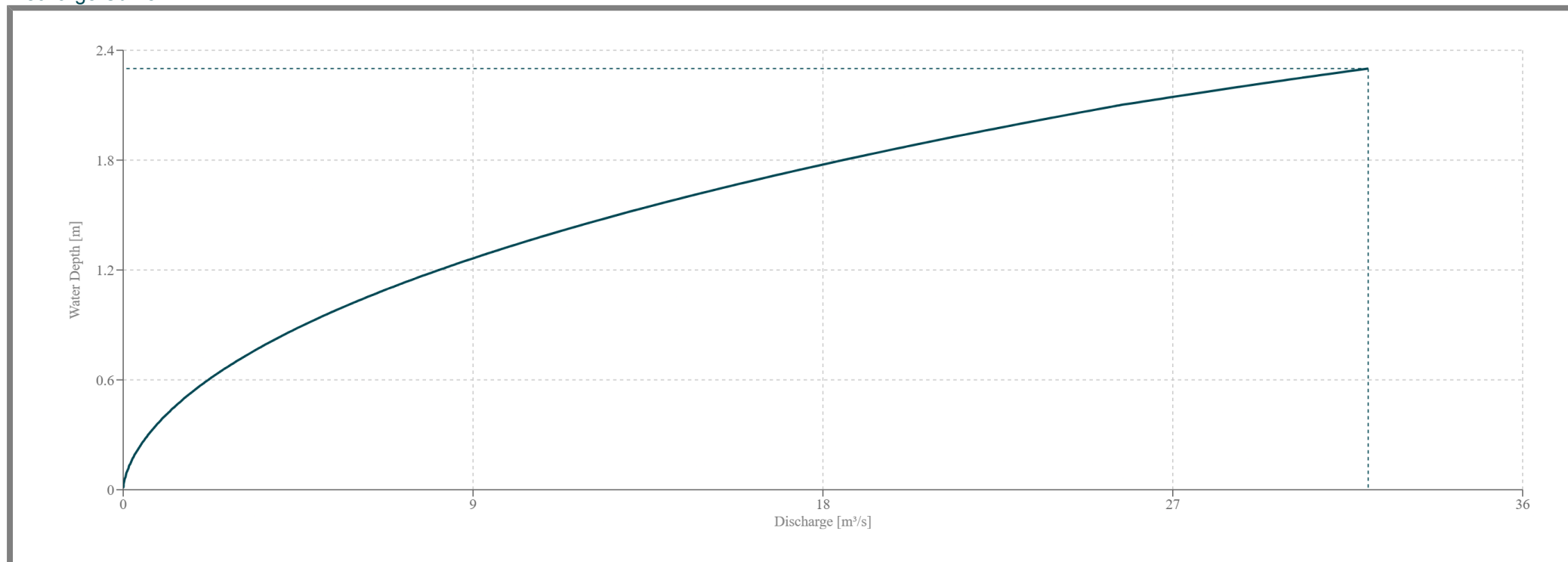
Freeboard [m]	0.30	Automated discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.00	-			
Water Depth [m]	2.30	-			
Froude Number	0.86	Subcritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	32.03	0.15	31.87	0.00	
Cross Sectional Area [m²]	11.41	0.29	11.13	0.00	
Wetted Perimeter [m]	11.94	2.87	9.07	0.00	
Hydraulic Radius [m]	0.96	0.10	1.23	0.00	
Average Water Velocity* [m/s]	2.81	0.54	2.87	0.00	
Average Roughness		0.0400	0.0400	0.0000	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U _{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	✗	Velocity Un- der Lining [m/s]	Length [m]
2	Riparian wattles		0.04						10.00	9.98	✓	-	-	7.17
3	Riparian wattles		0.04						10.00	92.00	✗	-	-	3.85
4	Riparian wattles		0.04						10.00	122.66	✗	-	-	1.85
5	Riparian wattles		0.04						10.00	92.00	✗	-	-	4.94
6	Riparian wattles		0.04						10.00	0.00	✓	-	-	0.48



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

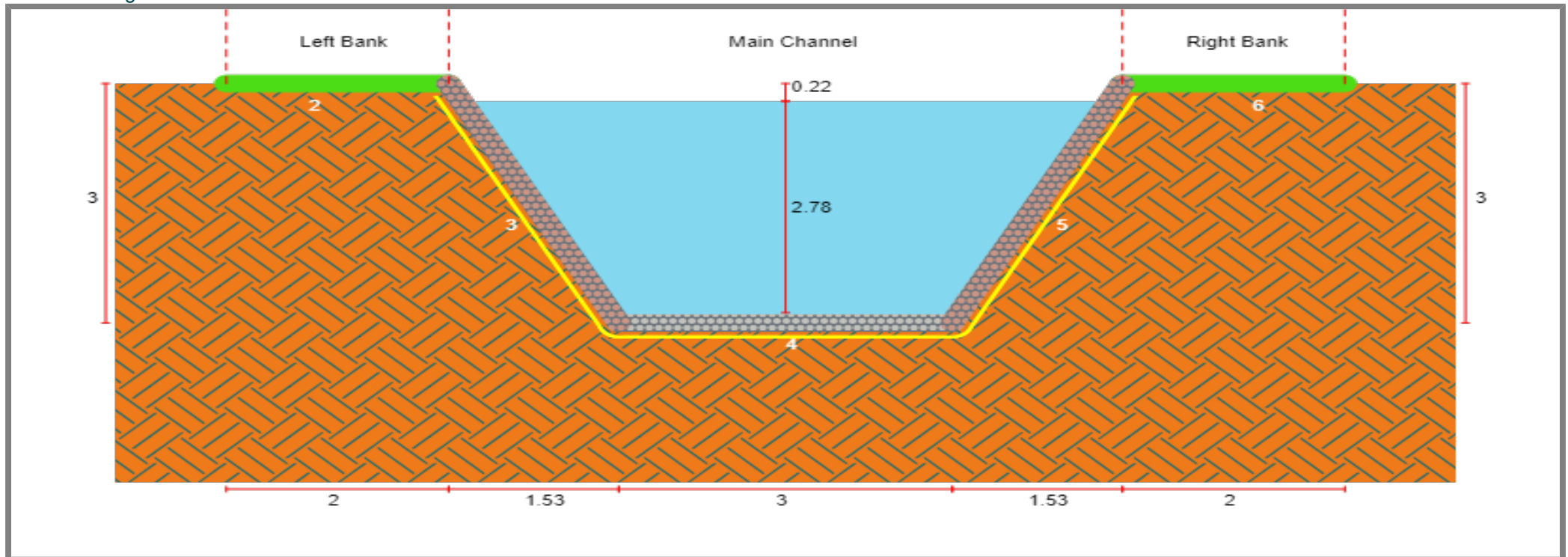
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Discharge [m ³ /s]	67.64
Longitudinal Slope [%]	1.89
Freeboard [m]	0.10
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

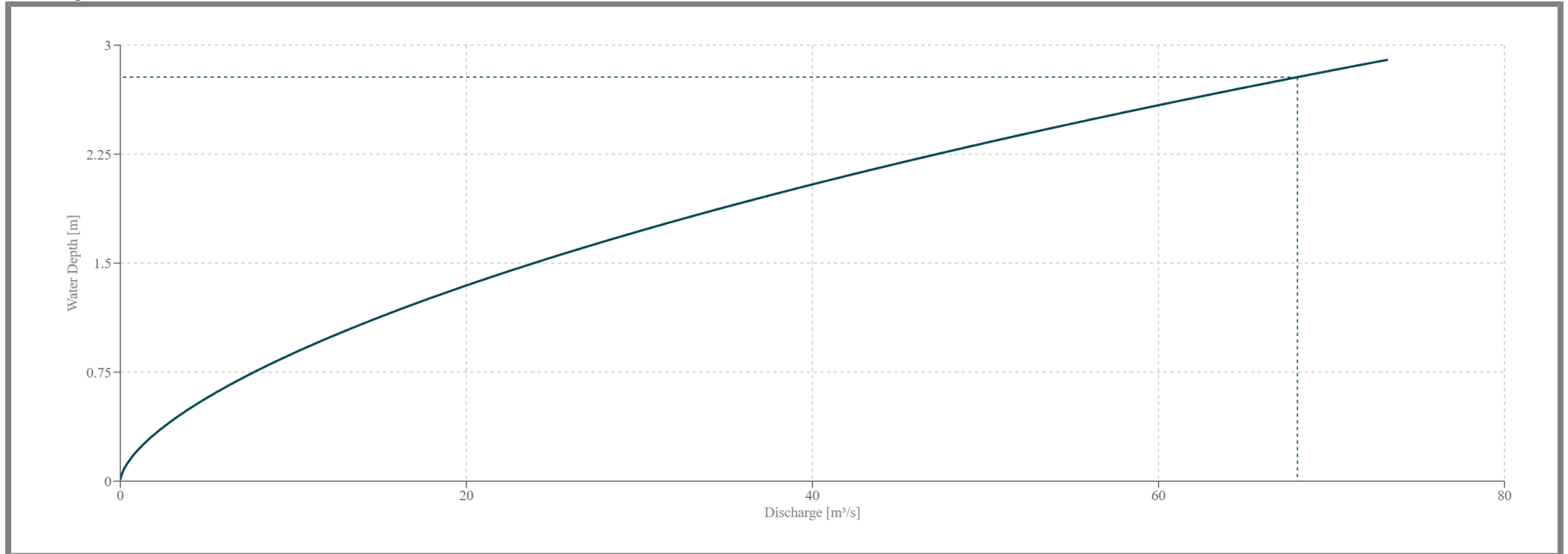
Freeboard [m]	0.22	Discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.89	-			
Water Depth [m]	2.78	-			
Froude Number	1.22	Supercritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	67.64	0.00	68.03	0.00	
Cross Sectional Area [m²]	12.28	0.00	12.28	0.00	
Wetted Perimeter [m]	9.24	0.00	9.24	0.00	
Hydraulic Radius [m]	1.33	0.00	1.33	0.00	
Average Water Velocity* [m/s]	5.54	0.00	5.54	0.00	
Average Roughness		0.0000	0.0300	0.0000	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U _{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	Velocity Un- der Lining [m/s]	Length [m]
2	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	0.00	✓	-	2.00
3	Gabions PoliMac TM	0.5	0.03	0.127	1.5		YES		714.00	188.38	✓	0.36	✓ 3.37
4	Reno Mattress Plus PoliMac TM	0.3	0.03	0.09	1	YES	YES	YES	638.00	251.18	✓	0.29	✓ 3.00
5	Gabions PoliMac TM	0.5	0.03	0.127	1.5		YES		714.00	188.38	✓	0.36	✓ 3.37
6	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	0.00	✓	-	2.00



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

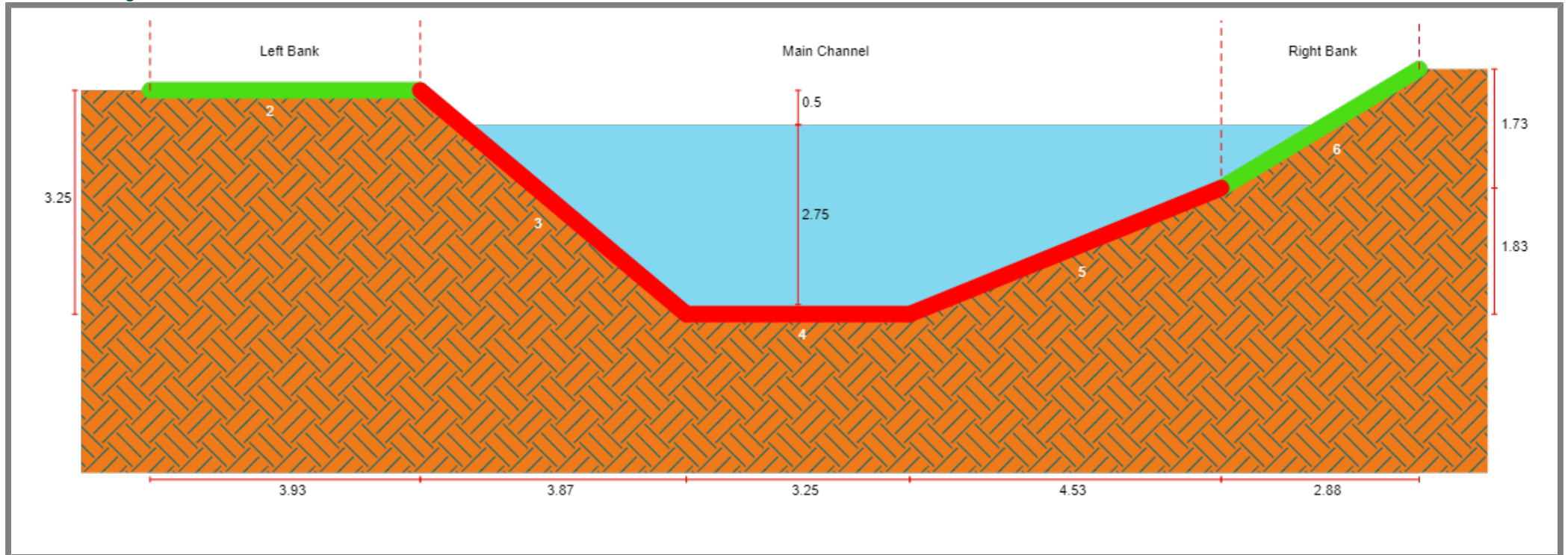
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Longitudinal Slope [%]	1.00
Freeboard [m]	0.50
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

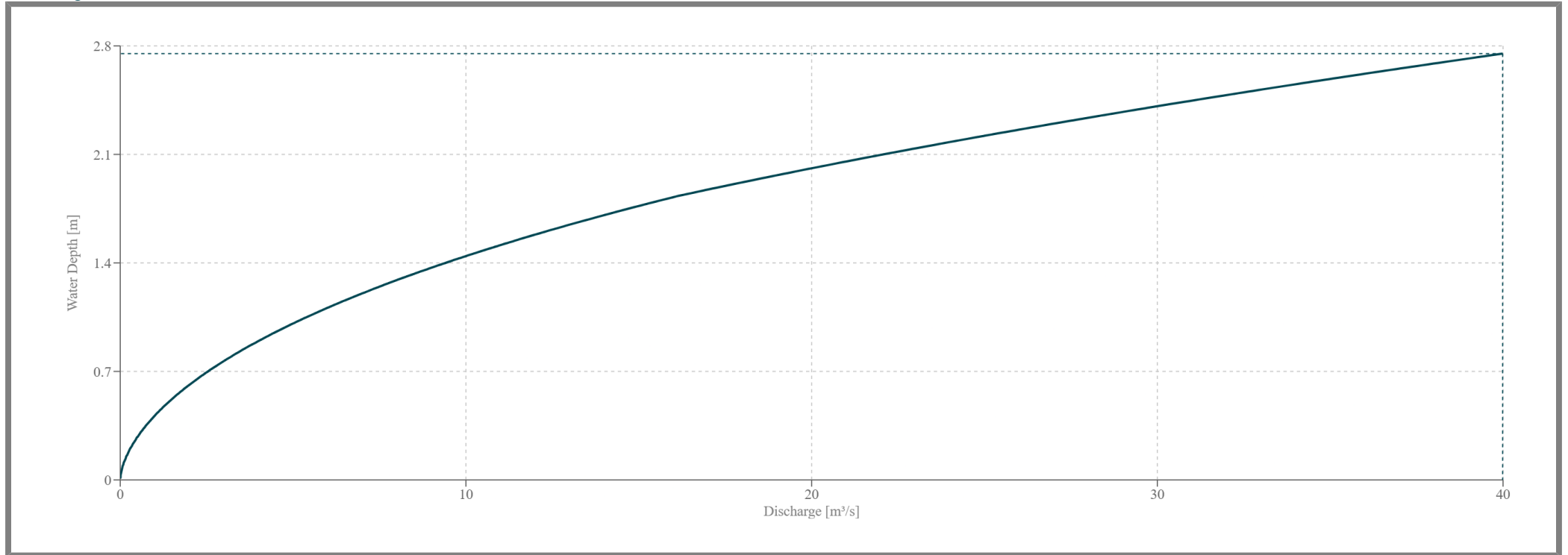
Freeboard [m]	0.50	Automated discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.00	-			
Water Depth [m]	2.75	-			
Froude Number	0.43	Subcritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	39.99	0.00	39.52	0.47	
Cross Sectional Area [m²]	22.46	0.00	21.75	0.70	
Wetted Perimeter [m]	14.20	0.00	12.42	1.79	
Hydraulic Radius [m]	1.58	0.00	1.75	0.39	
Average Water Velocity* [m/s]	1.78	0.00	1.82	0.67	
Average Roughness		0.0000	0.0800	0.0800	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U _{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	✗	Velocity Un- der Lining [m/s]	Length [m]
2	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	0.00	✓	-	-	3.93
3	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	131.40	✗	-	-	5.05
4	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	175.20	✗	-	-	3.25
5	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	131.40	✗	-	-	4.89
6	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	19.53	✓	-	-	3.36



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

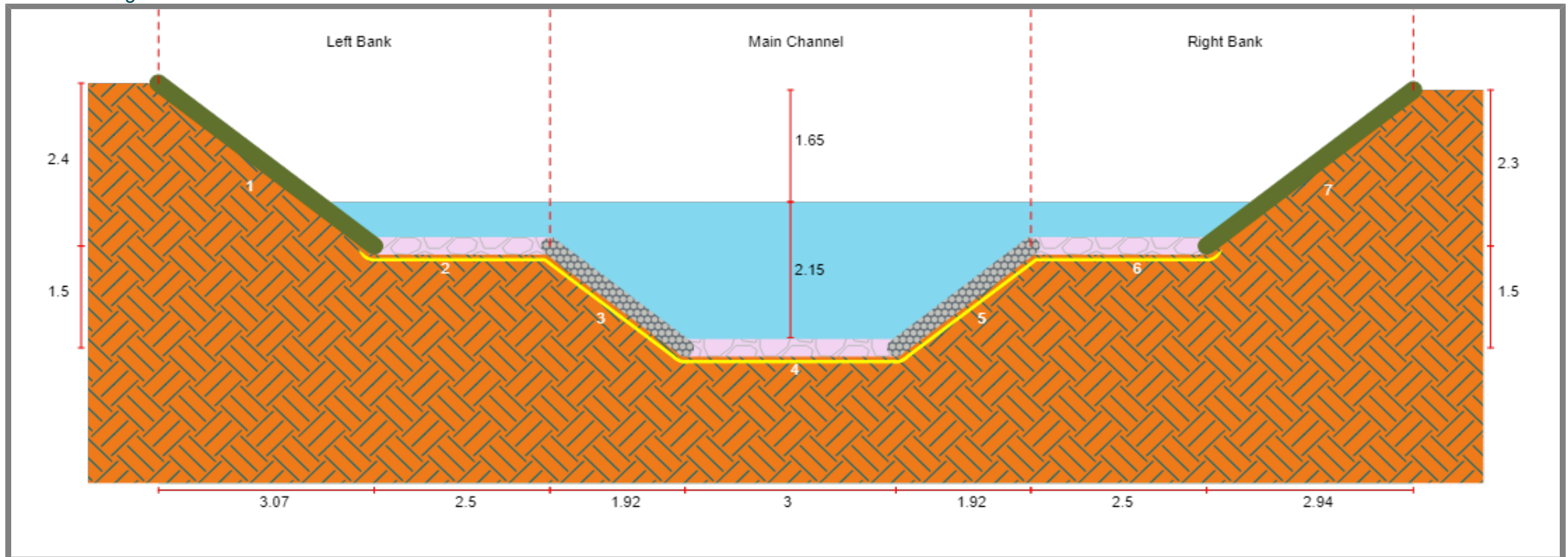
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Discharge [m ³ /s]	67.64
Longitudinal Slope [%]	1.89
Freeboard [m]	0.10
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

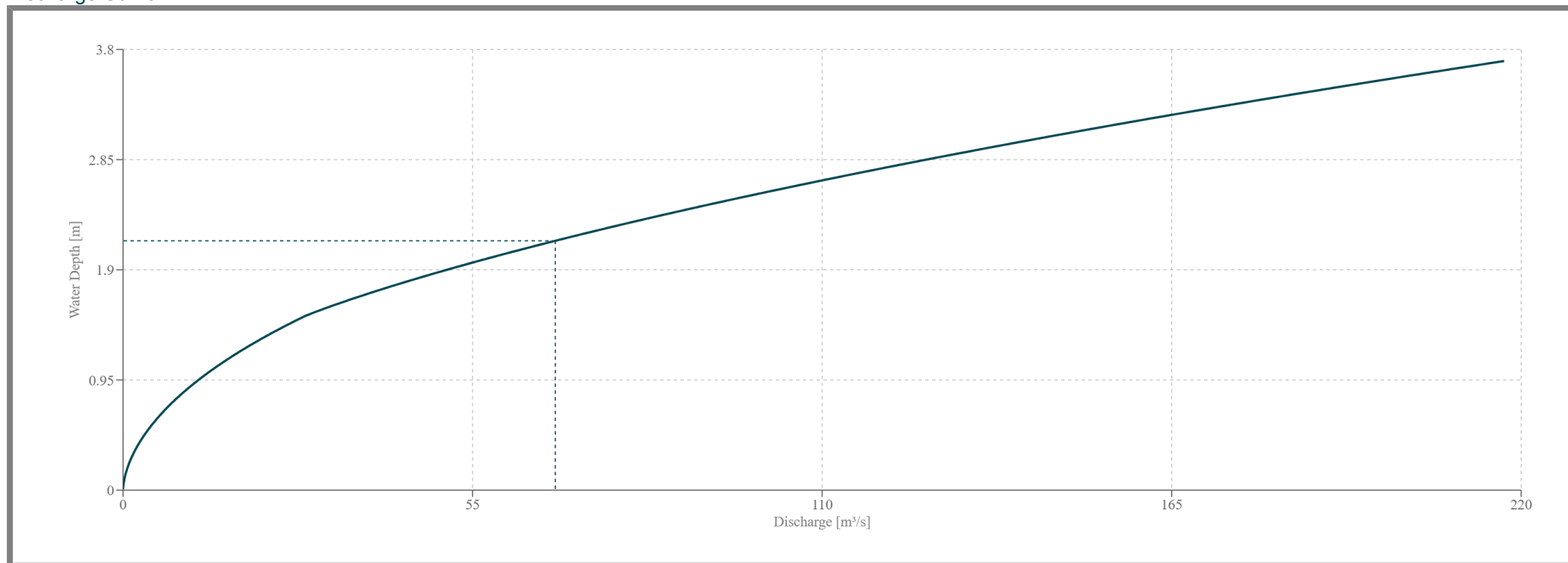
Freeboard [m]	1.65	Discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.89	-			
Water Depth [m]	2.15	-			
Froude Number	1.29	Supercritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	67.64	2.65	62.72	2.65	
Cross Sectional Area [m²]	15.62	1.90	11.83	1.90	
Wetted Perimeter [m]	14.99	3.56	7.88	3.56	
Hydraulic Radius [m]	1.04	0.53	1.50	0.53	
Average Water Velocity* [m/s]	4.36	1.40	5.30	1.40	
Average Roughness		0.0650	0.0340	0.0650	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U	Double di- aphragm	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	Velocity Un- der Lining [m/s]	✓	Length [m]
1	Cespugli fitti		0.11							50.00	46.27	✓	-	-	3.90
2	Riprap		0.04					YES		300.80	100.75	✓	-	-	2.50
3	Reno Mattress Plus PoliMac TM	0.17	0.03	0.09	1	YES	YES	YES		232.00	212.73	✓	0.29	✓	2.44
4	Riprap		0.04					YES		300.80	283.64	✓	-	-	3.00
5	Reno Mattress Plus PoliMac TM	0.17	0.03	0.09	1	YES	YES	YES		232.00	212.73	✓	0.29	✓	2.44
6	Riprap		0.04					YES		300.80	100.75	✓	-	-	2.50
7	Cespugli fitti		0.11							50.00	46.27	✓	-	-	3.73



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

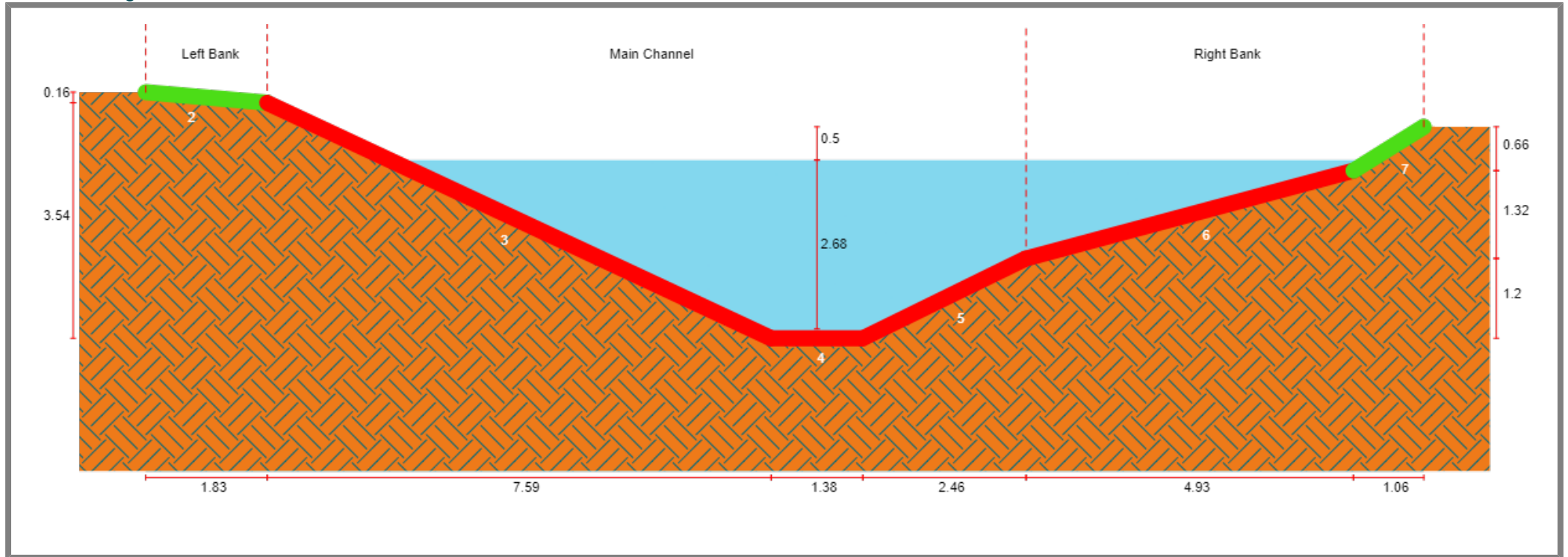
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Longitudinal Slope [%]	1.00
Freeboard [m]	0.50
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

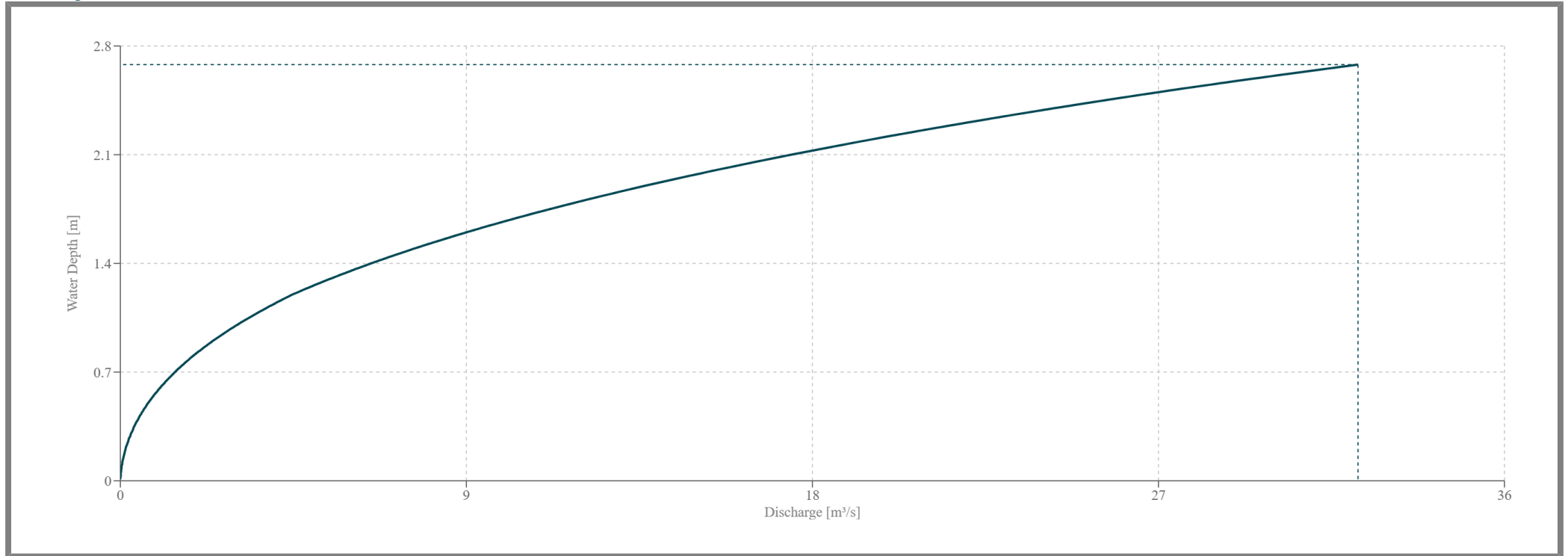
Freeboard [m]	0.50	Automated discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.00	-			
Water Depth [m]	2.68	-			
Froude Number	0.42	Subcritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	32.19	0.00	27.99	4.20	
Cross Sectional Area [m²]	20.58	0.00	16.52	4.06	
Wetted Perimeter [m]	15.86	0.00	10.46	5.40	
Hydraulic Radius [m]	1.30	0.00	1.58	0.75	
Average Water Velocity* [m/s]	1.56	0.00	1.70	1.03	
Average Roughness		0.0000	0.0800	0.0800	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U ^{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	✗	Velocity Un- der Lining [m/s]	Length [m]
2	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	0.00	✓	-	-	1.84
3	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	118.41	✗	-	-	8.37
4	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	157.88	✗	-	-	1.38
5	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	118.41	✗	-	-	2.74
6	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	51.13	✗	-	-	5.10
7	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	8.57	✓	-	-	1.25



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

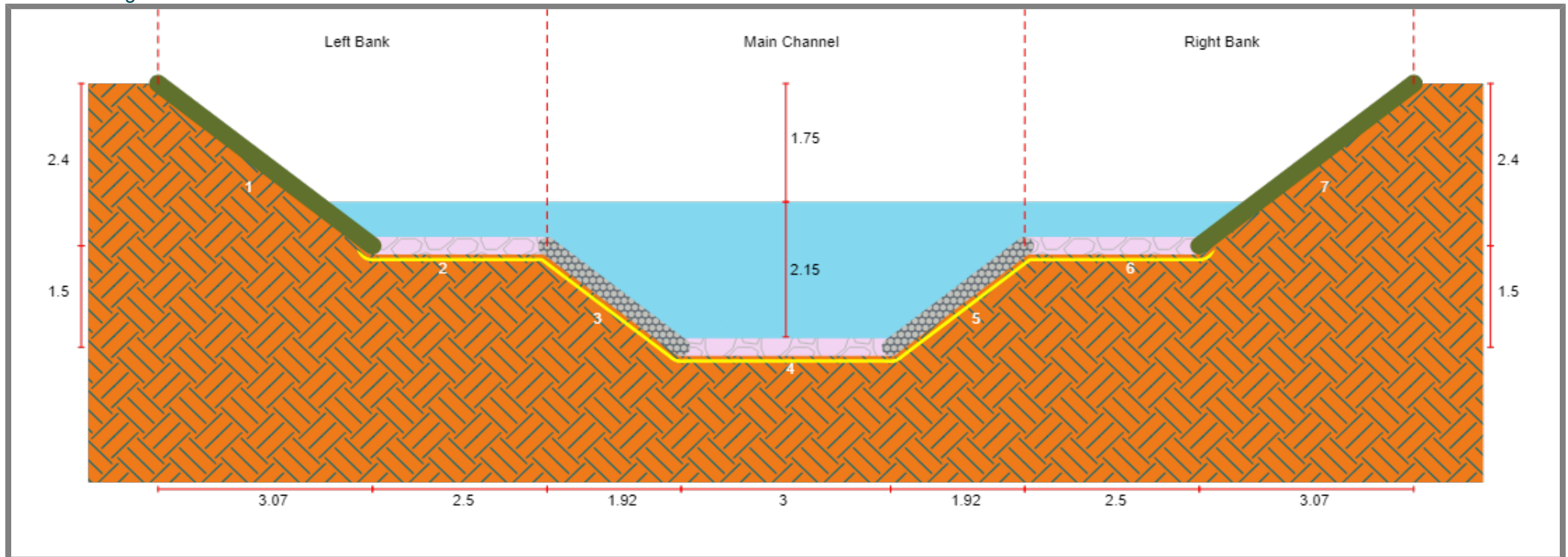
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Discharge [m ³ /s]	67.64
Longitudinal Slope [%]	1.89
Freeboard [m]	0.10
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

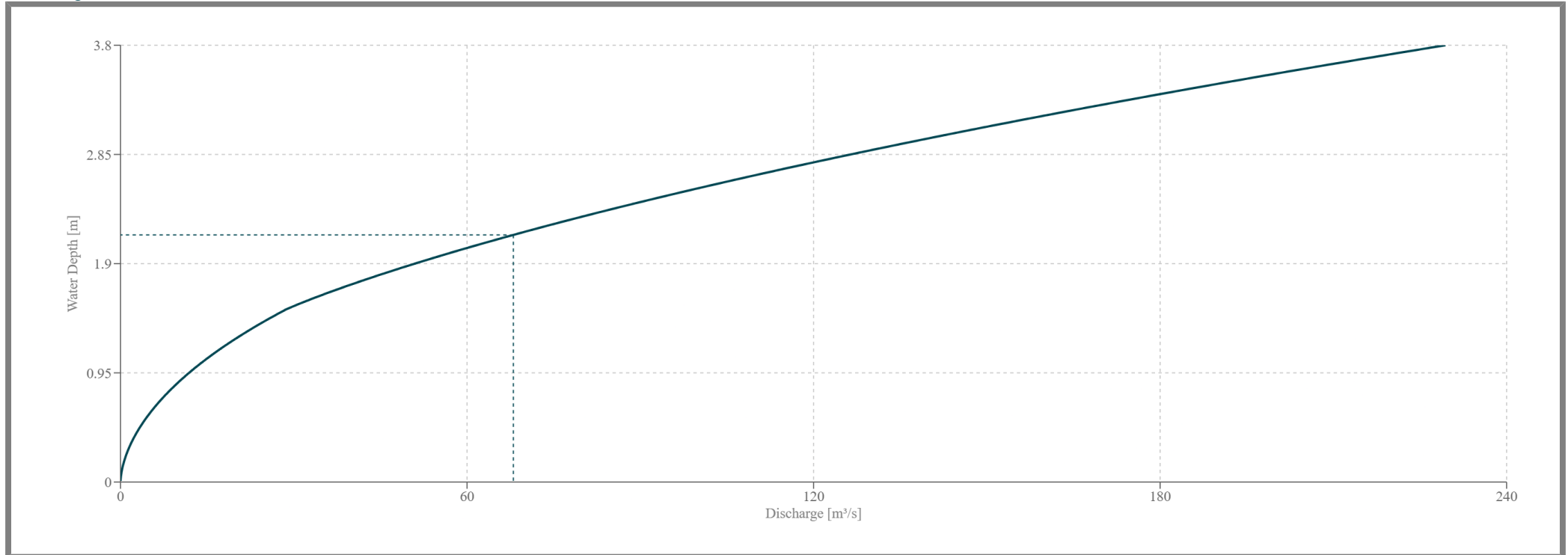
Freeboard [m]	1.75	Discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.89	-			
Water Depth [m]	2.15	-			
Froude Number	1.29	Supercritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	67.64	2.65	62.72	2.65	
Cross Sectional Area [m²]	15.62	1.90	11.83	1.90	
Wetted Perimeter [m]	14.99	3.56	7.88	3.56	
Hydraulic Radius [m]	1.04	0.53	1.50	0.53	
Average Water Velocity* [m/s]	4.36	1.40	5.30	1.40	
Average Roughness		0.0650	0.0340	0.0650	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U	Double di- aphragm	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	Velocity Un- der Lining [m/s]	✓	Length [m]
1	Cespugli fitti		0.11							50.00	46.27	✓	-	-	3.90
2	Riprap		0.04					YES		300.80	100.75	✓	-	-	2.50
3	Reno Mattress Plus PoliMac TM	0.17	0.03	0.09	1	YES	YES	YES		232.00	212.73	✓	0.29	✓	2.44
4	Riprap		0.04					YES		300.80	283.64	✓	-	-	3.00
5	Reno Mattress Plus PoliMac TM	0.17	0.03	0.09	1	YES	YES	YES		232.00	212.73	✓	0.29	✓	2.44
6	Riprap		0.04					YES		300.80	100.75	✓	-	-	2.50
7	Cespugli fitti		0.11							50.00	46.27	✓	-	-	3.90



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

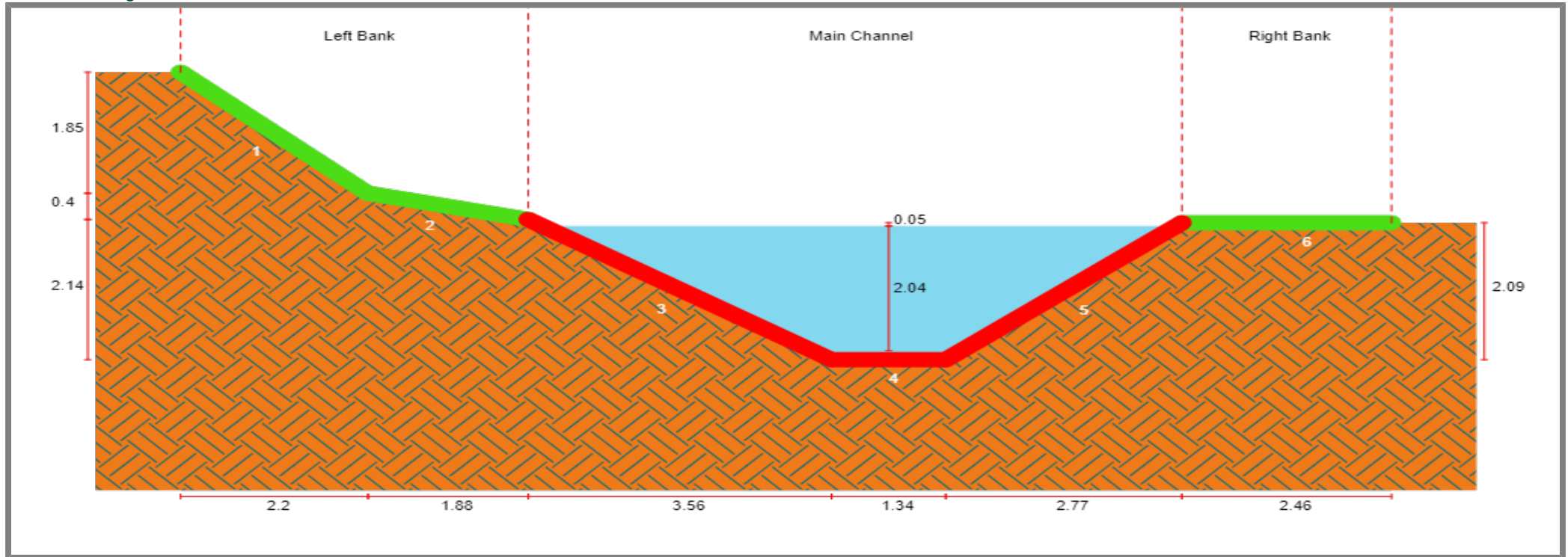
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Longitudinal Slope [%]	1.89
Freeboard [m]	0.05
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

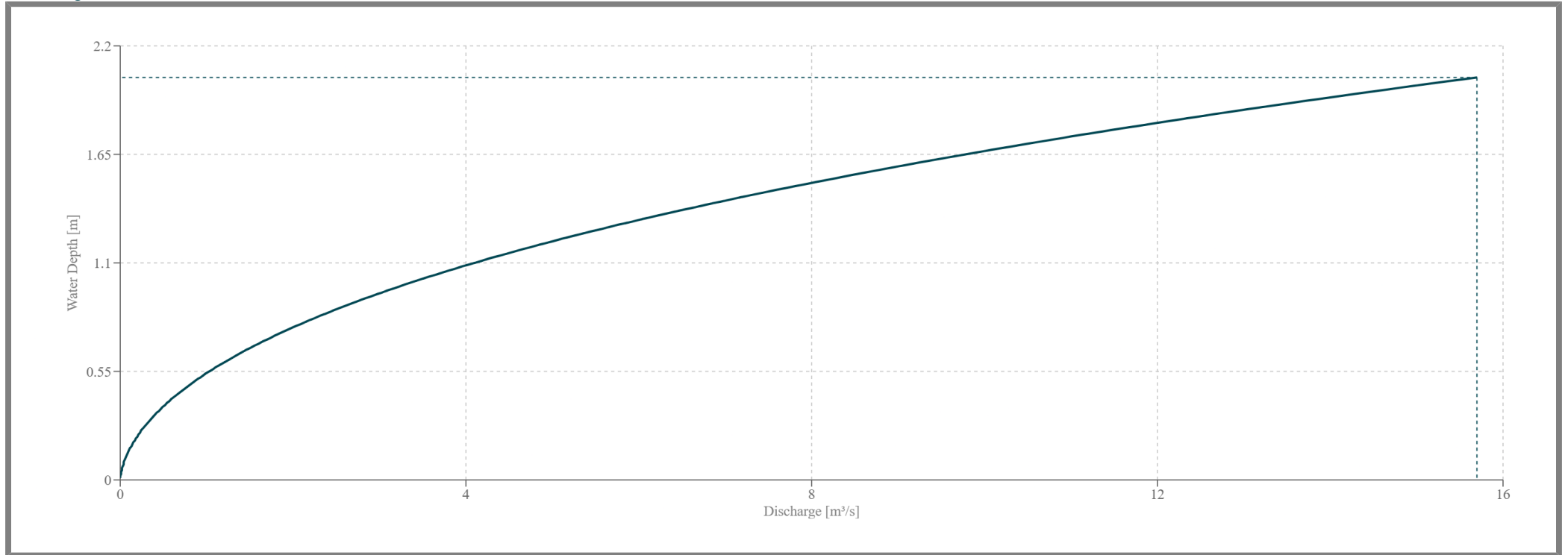
Freeboard [m]	0.05	Automated discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.89	-			
Water Depth [m]	2.04	-			
Froude Number	0.51	Subcritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	15.70	0.00	15.70	0.00	
Cross Sectional Area [m²]	8.95	0.00	8.95	0.00	
Wetted Perimeter [m]	8.69	0.00	8.69	0.00	
Hydraulic Radius [m]	1.03	0.00	1.03	0.00	
Average Water Velocity* [m/s]	1.75	0.00	1.75	0.00	
Average Roughness		0.0000	0.0800	0.0000	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U ^{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	✗	Velocity Un- der Lining [m/s]	Length [m]
1	Tappeto erboso		0.04						10.00	0.00	✓	-	-	2.87
2	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	0.00	✓	-	-	1.92
3	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	146.10	✗	-	-	4.15
4	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	194.79	✗	-	-	1.34
5	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	146.10	✗	-	-	3.47
6	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	0.00	✓	-	-	2.55



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

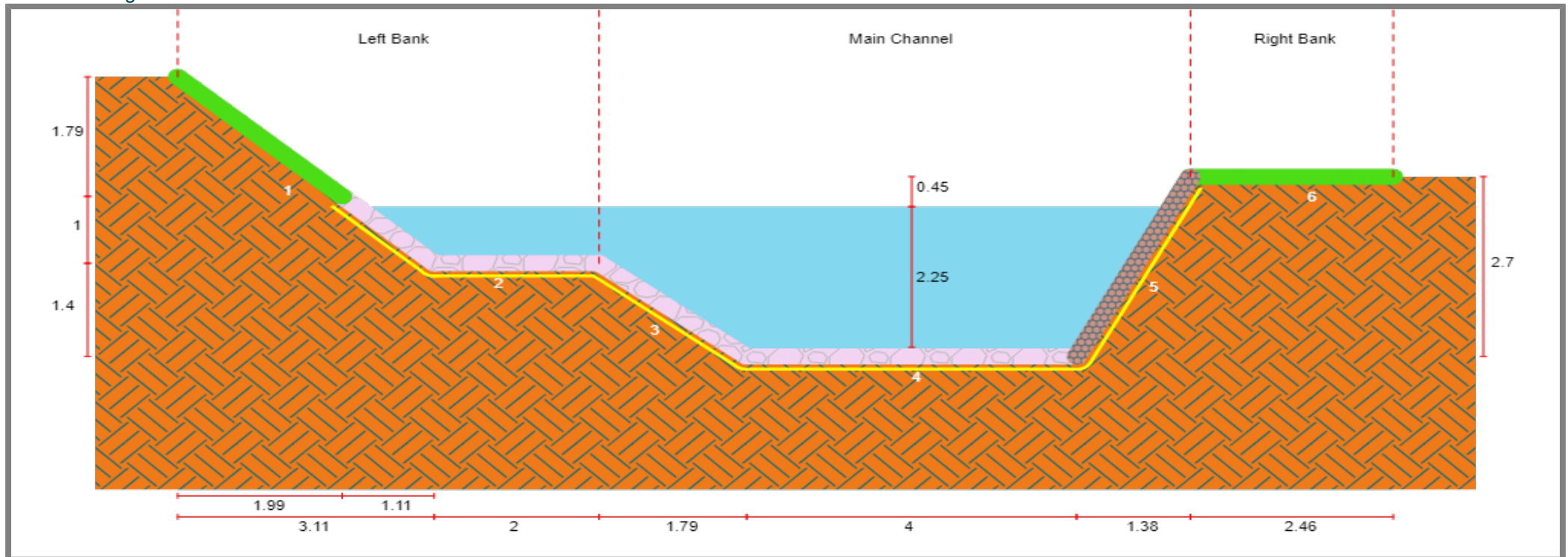
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Discharge [m ³ /s]	67.64
Longitudinal Slope [%]	1.89
Freeboard [m]	0.05
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

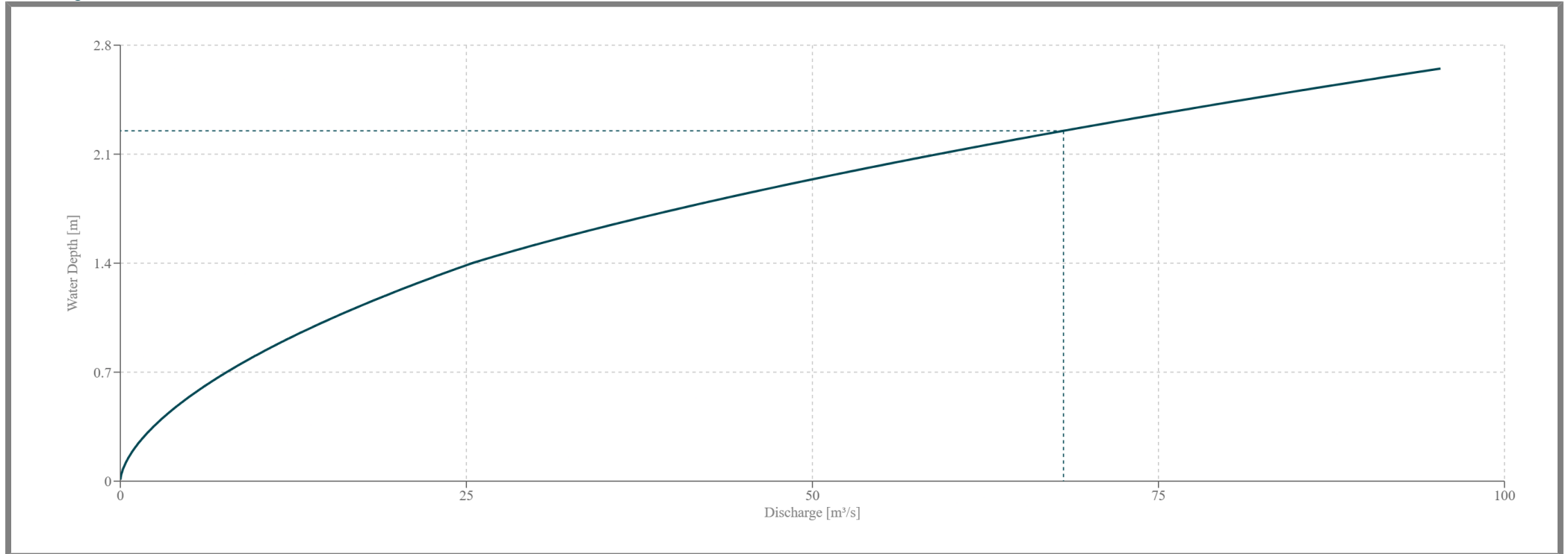
Freeboard [m]	0.45	Discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.89	-			
Water Depth [m]	2.25	-			
Froude Number	1.16	Supercritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	67.64	5.38	62.76	0.00	
Cross Sectional Area [m²]	15.17	2.10	13.07	0.00	
Wetted Perimeter [m]	12.07	3.27	8.80	0.00	
Hydraulic Radius [m]	1.26	0.64	1.49	0.00	
Average Water Velocity* [m/s]	4.49	2.56	4.80	0.00	
Average Roughness		0.0400	0.0370	0.0000	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U Double di- aphragm	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	Velocity Un- der Lining [m/s]	✓	Length [m]
1.L	Tappeto erboso		0.04						10.00	0.00	✓	-	-	2.68
1.R	Riprap	0.9	0.04	0.6			YES		145.88	65.61	✓	1.03	✓	1.50
2	Riprap	0.75	0.04	0.5			YES		376.00	121.43	✓	0.91	✓	2.00
3	Riprap	0.9	0.04	0.6			YES		221.93	210.58	✓	1.03	✓	2.27
4	Riprap		0.04				YES		300.80	280.77	✓	-	-	4.00
5	Gabbioni PoliMac TM	0.5	0.03	0.127	1.5		YES		714.00	210.58	✓	0.36	✓	3.03
6	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	0.00	✓	-	-	2.55



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

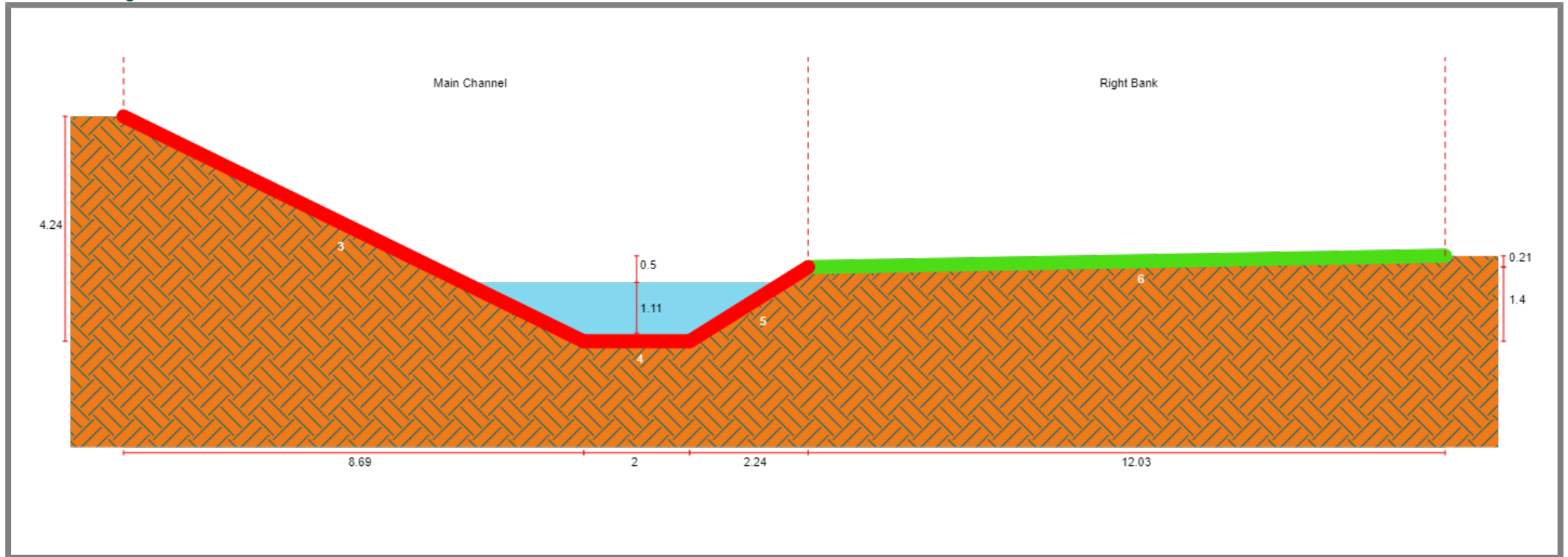
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Longitudinal Slope [%]	1.00
Freeboard [m]	0.50
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

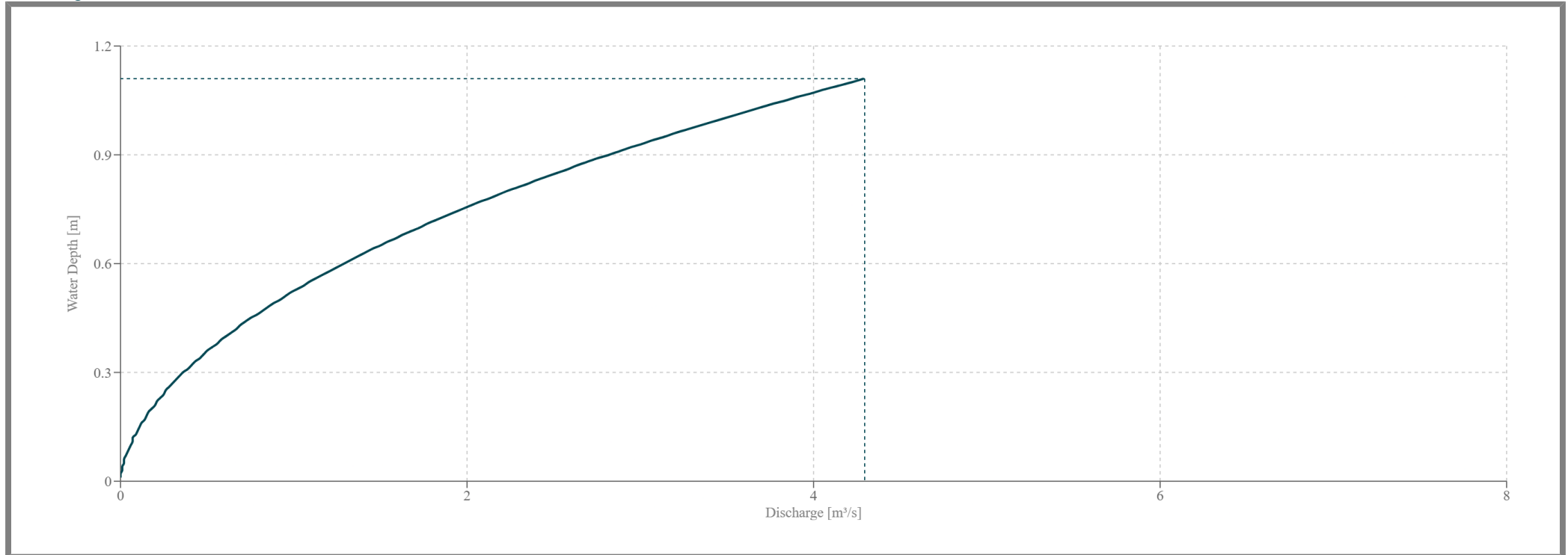
Freeboard [m]	0.50	Automated discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.00	-			
Water Depth [m]	1.11	-			
Froude Number	0.36	Subcritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	4.29	0.00	4.29	0.00	
Cross Sectional Area [m²]	4.47	0.00	4.47	0.00	
Wetted Perimeter [m]	6.63	0.00	6.63	0.00	
Hydraulic Radius [m]	0.67	0.00	0.67	0.00	
Average Water Velocity* [m/s]	0.96	0.00	0.96	0.00	
Average Roughness		0.0000	0.0800	0.0000	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U ^{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated		Velocity Un- der Lining [m/s]	Length [m]
3	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	50.58	✗	-	9.67
4	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	67.44	✗	-	2.00
5	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	50.58	✗	-	2.64
6	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	0.00	✓	-	12.03



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

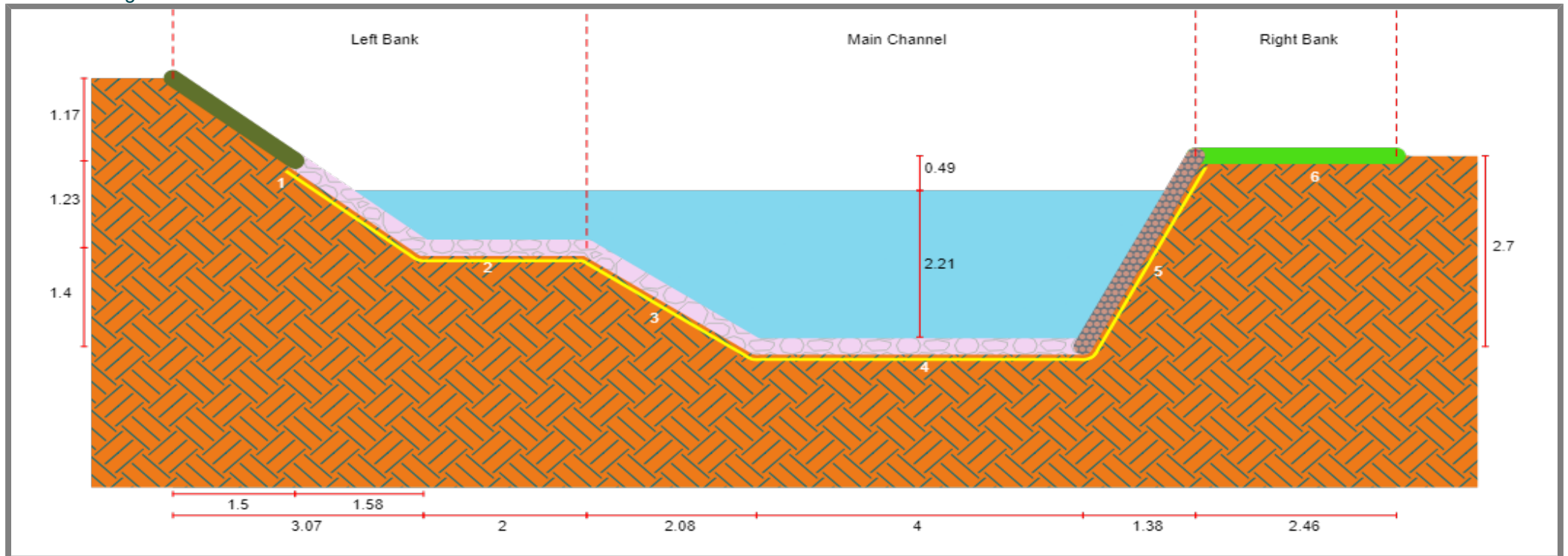
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Discharge [m³/s]	67.64
Longitudinal Slope [%]	1.89
Freeboard [m]	0.10
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

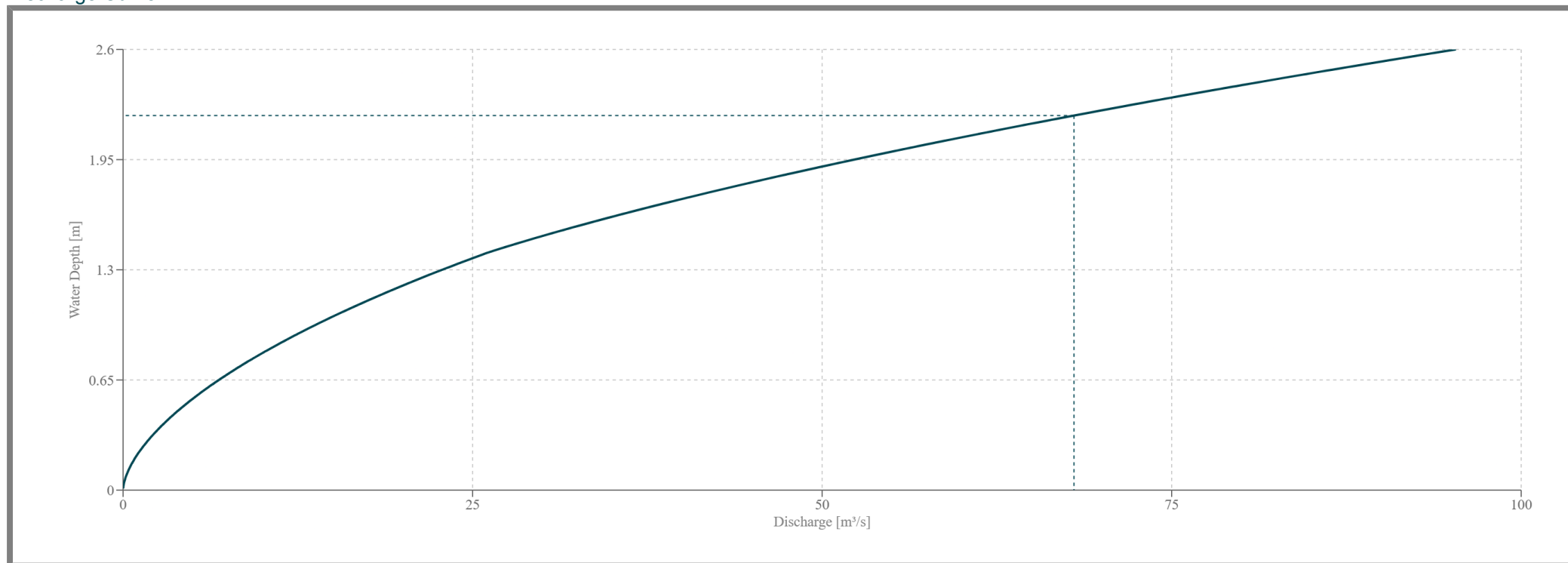
Freeboard [m]	0.49	Discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.89	-			
Water Depth [m]	2.21	-			
Froude Number	1.17	Supercritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	67.64	5.07	62.94	0.00	
Cross Sectional Area [m²]	15.27	2.04	13.23	0.00	
Wetted Perimeter [m]	12.31	3.31	8.99	0.00	
Hydraulic Radius [m]	1.24	0.61	1.47	0.00	
Average Water Velocity* [m/s]	4.45	2.49	4.76	0.00	
Average Roughness		0.0400	0.0370	0.0000	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U Double di- aphragm	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	Velocity Un- der Lining [m/s]	✓	Length [m]
1.L	Dense bushes		0.11						50.00	0.00	✓	-	-	1.90
1.R	Riprap	0.75	0.04	0.5			YES		184.94	61.51	✓	0.91	✓	2.00
2	Riprap		0.04				YES		300.80	116.28	✓	-	-	2.00
3	Riprap	0.75	0.04	0.5			YES		230.13	208.54	✓	0.91	✓	2.51
4	Riprap	1.5	0.04	1			YES		752.00	278.06	✓	1.44	✓	4.00
5	Gabbioni PoliMac TM	0.5	0.03	0.127	1.5		YES		714.00	208.54	✓	0.36	✓	3.03
6	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	0.00	✓	-	-	2.55



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

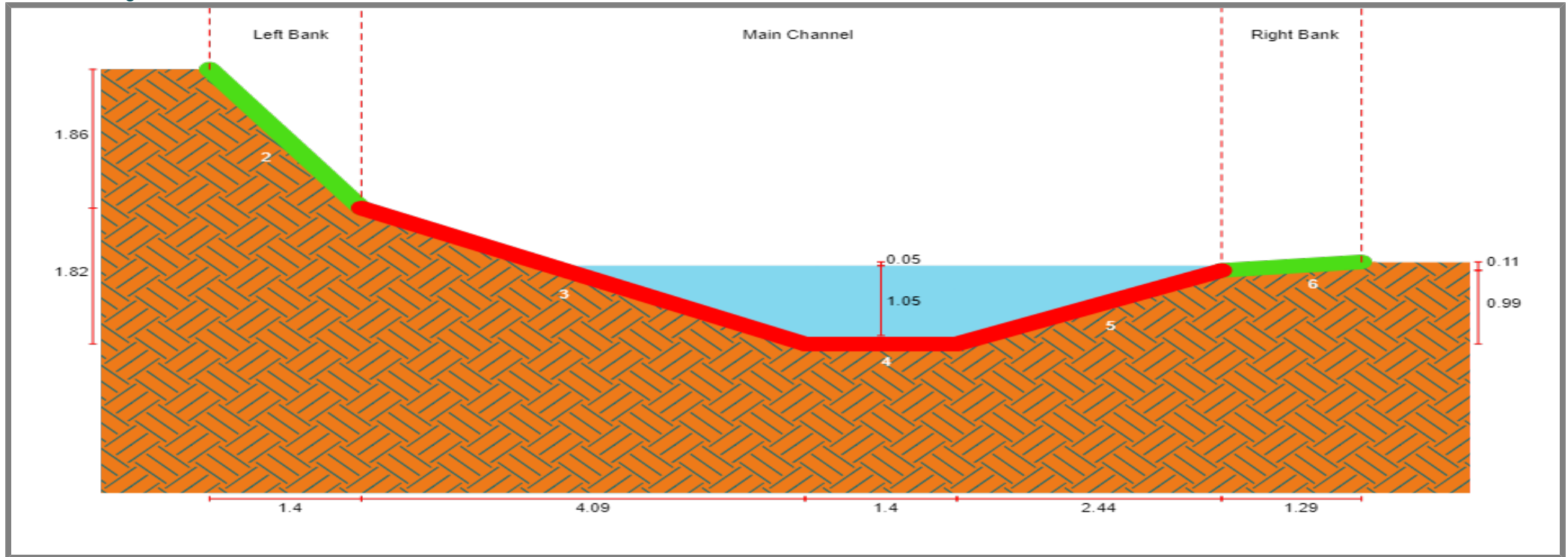
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Longitudinal Slope [%]	1.00
Freeboard [m]	0.05
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

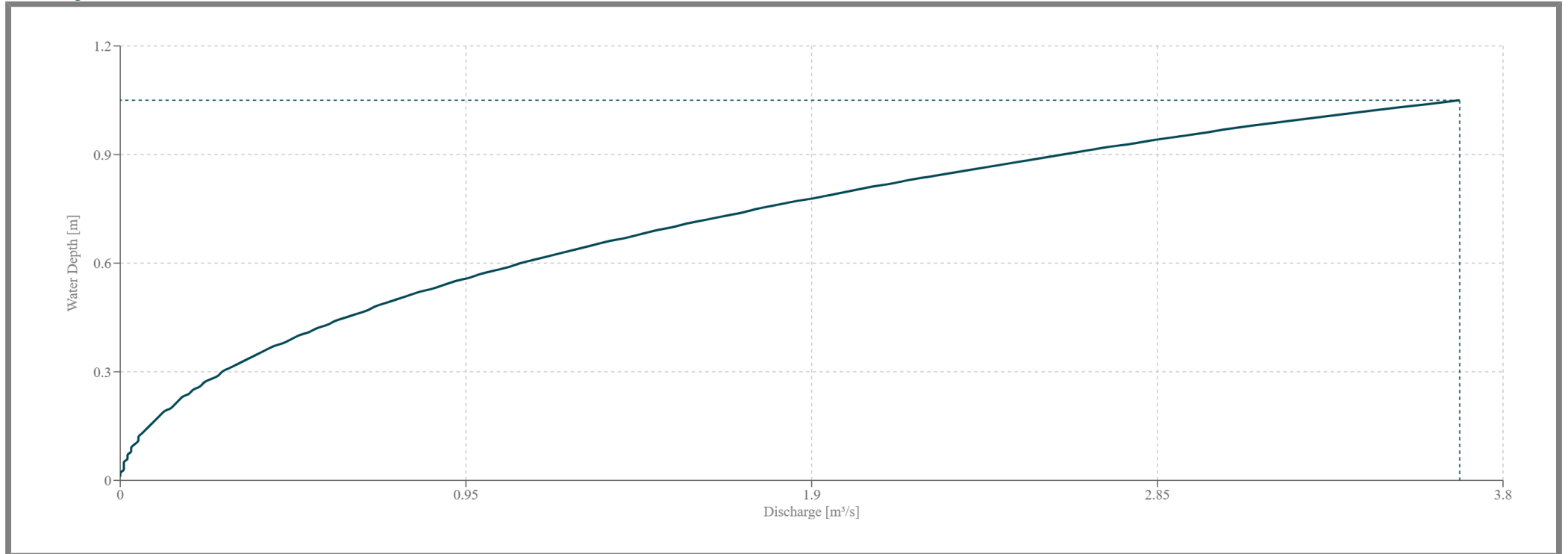
Freeboard [m]	0.05	Automated discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.00	-			
Water Depth [m]	1.05	-			
Froude Number	0.37	Subcritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	3.68	0.00	3.68	0.00	
Cross Sectional Area [m²]	4.09	0.00	4.07	0.02	
Wetted Perimeter [m]	7.35	0.00	6.61	0.73	
Hydraulic Radius [m]	0.56	0.00	0.61	0.03	
Average Water Velocity* [m/s]	0.90	0.00	0.90	0.13	
Average Roughness		0.0000	0.0800	0.0800	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U ^{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	✗	Velocity Un- der Lining [m/s]	Length [m]
2	Copertura estesa e cespugli		0.08						30.00	0.00	✓	-	-	2.33
3	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	46.14	✗	-	-	4.48
4	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	61.52	✗	-	-	1.40
5	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	46.14	✗	-	-	2.63
6	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	3.19	✓	-	-	1.29



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

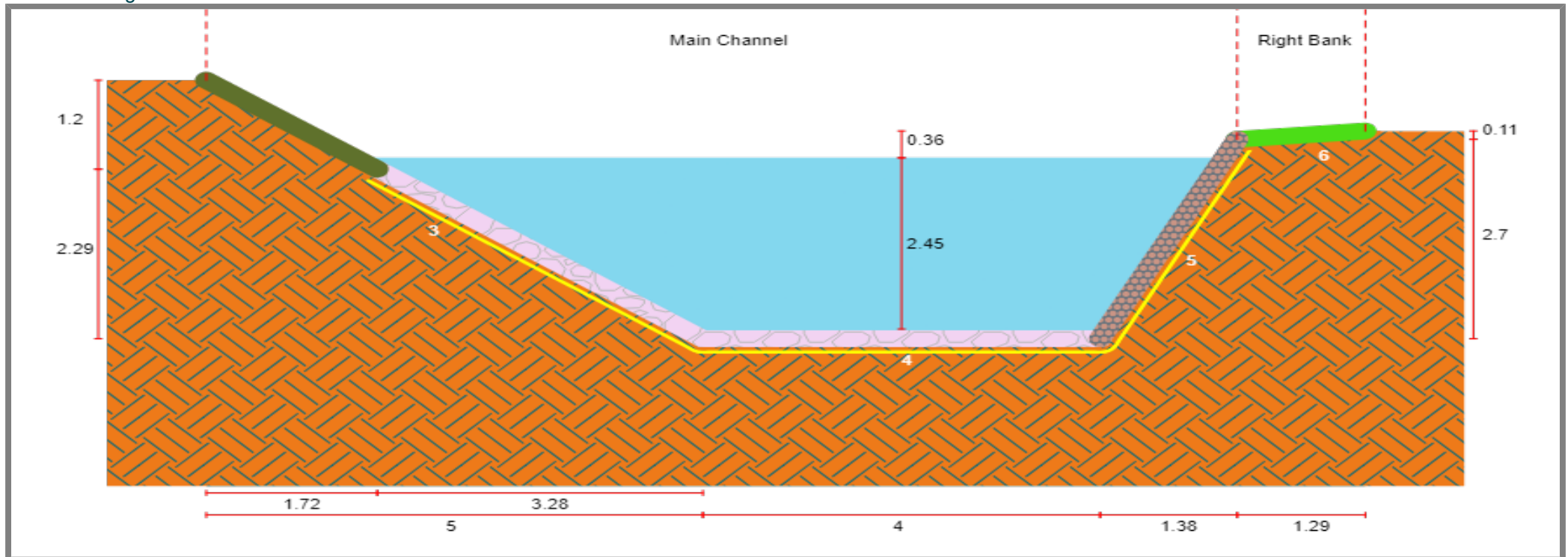
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Discharge [m³/s]	67.64
Longitudinal Slope [%]	1.89
Freeboard [m]	0.05
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

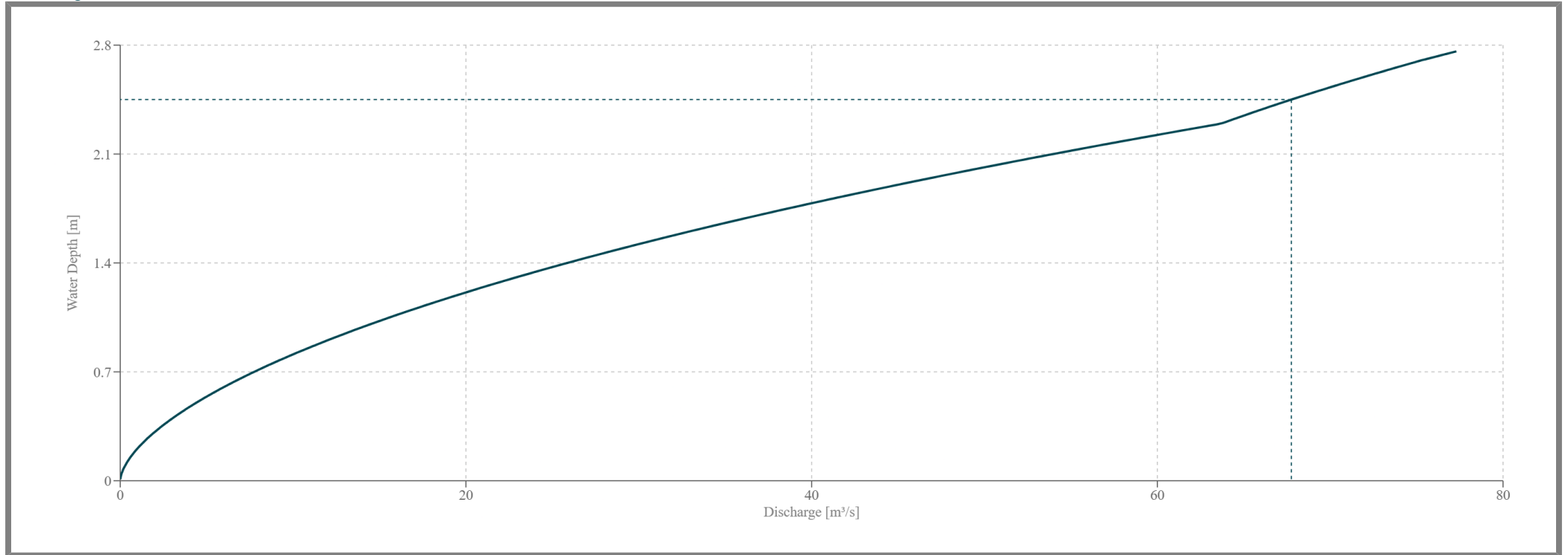
Freeboard [m]	0.36	Discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.89	-			
Water Depth [m]	2.45	-			
Froude Number	1.04	Supercritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	67.64	0.00	67.75	0.00	
Cross Sectional Area [m²]	15.62	0.00	15.62	0.00	
Wetted Perimeter [m]	11.02	0.00	11.02	0.00	
Hydraulic Radius [m]	1.42	0.00	1.42	0.00	
Average Water Velocity* [m/s]	4.34	0.00	4.34	0.00	
Average Roughness		0.0000	0.0400	0.0000	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U ^{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	Velocity Un- der Lining [m/s]	✓	Length [m]
3.L	Cespugli fitti		0.11						50.00	32.10	✓	-	-	2.10
3.R	Riprap	0.75	0.04	0.5			YES		219.89	200.91	✓	0.91	✓	4.00
4	Riprap	0.75	0.04	0.5			YES		376.00	267.88	✓	0.91	✓	4.00
5	Gabbioni PoliMac TM	0.5	0.03	0.127	1.5		YES		714.00	200.91	✓	0.36	✓	3.03
6	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	0.00	✓	-	-	1.29



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

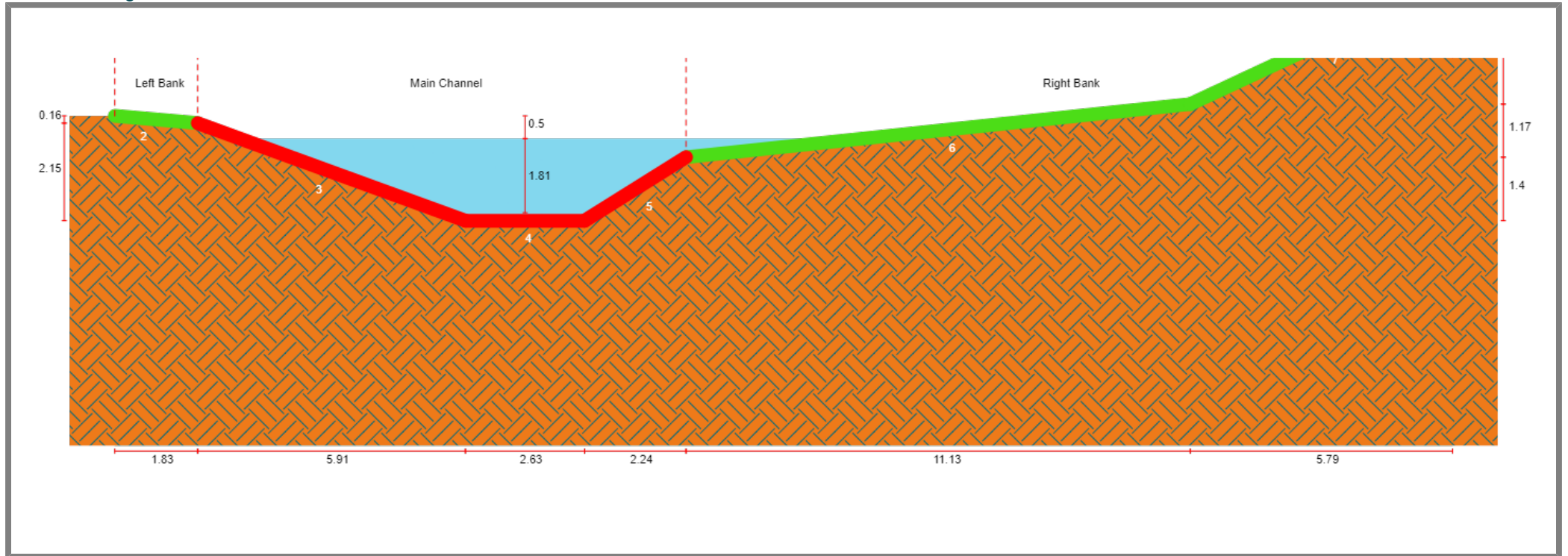
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Longitudinal Slope [%]	1.00
Freeboard [m]	0.50
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

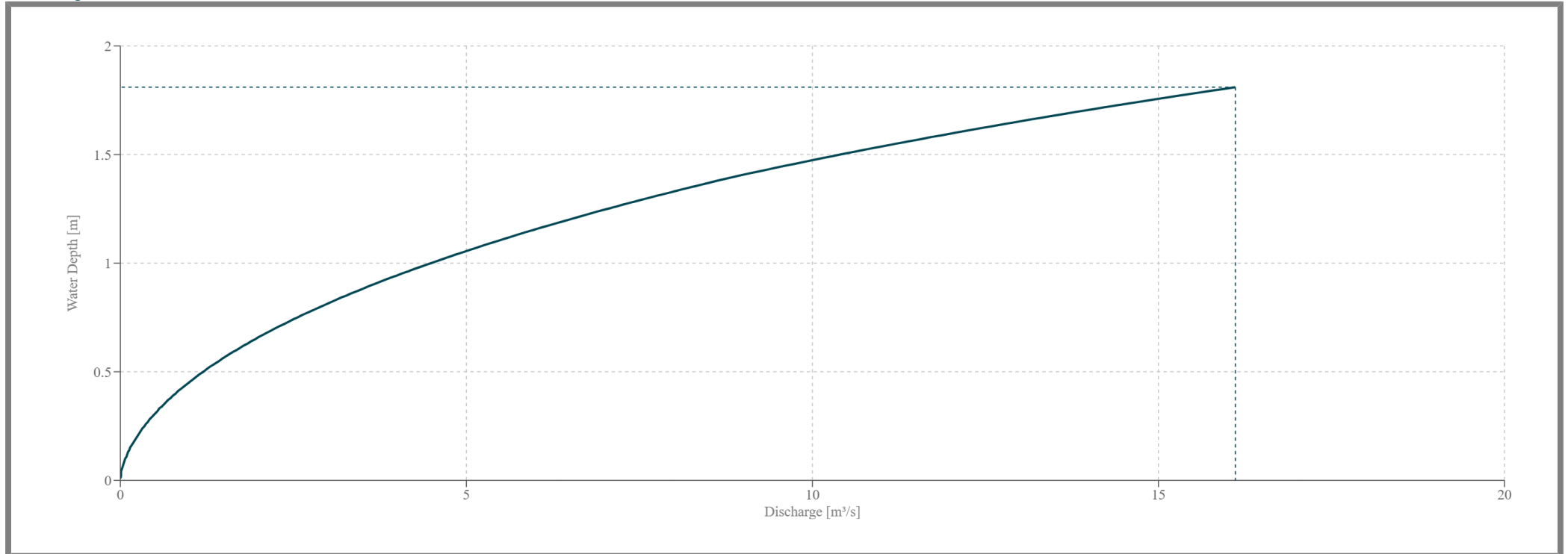
Freeboard [m]	0.50	Automated discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.00	-			
Water Depth [m]	1.81	-			
Froude Number	0.43	Subcritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	16.11	0.00	15.77	0.35	
Cross Sectional Area [m²]	12.55	0.00	11.75	0.80	
Wetted Perimeter [m]	14.49	0.00	10.56	3.92	
Hydraulic Radius [m]	0.87	0.00	1.11	0.20	
Average Water Velocity* [m/s]	1.28	0.00	1.34	0.43	
Average Roughness		0.0000	0.0800	0.0800	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U ^{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	✗	Velocity Un- der Lining [m/s]	Length [m]
2	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	0.00	✓	-	-	1.84
3	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	83.41	✗	-	-	6.29
4	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	111.22	✗	-	-	2.63
5	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	83.41	✗	-	-	2.64
6	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	20.39	✓	-	-	11.19
7	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	0.00	✓	-	-	6.39



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

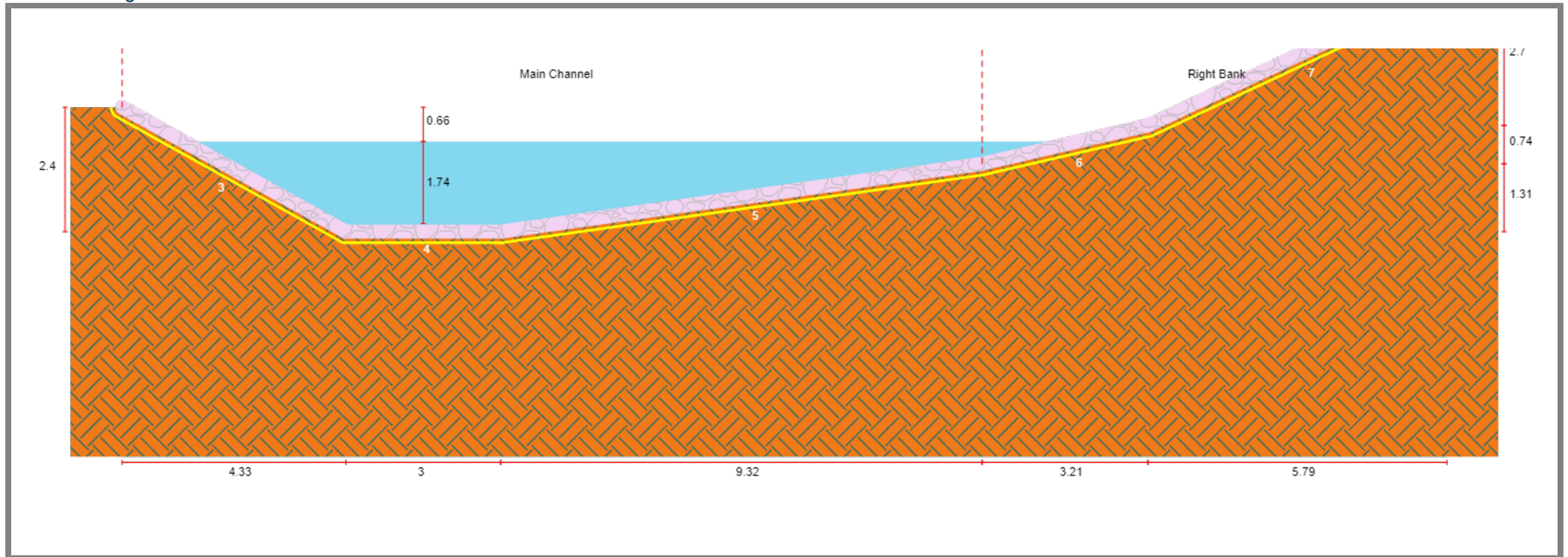
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Discharge [m ³ /s]	67.64
Longitudinal Slope [%]	1.89
Freeboard [m]	0.10
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

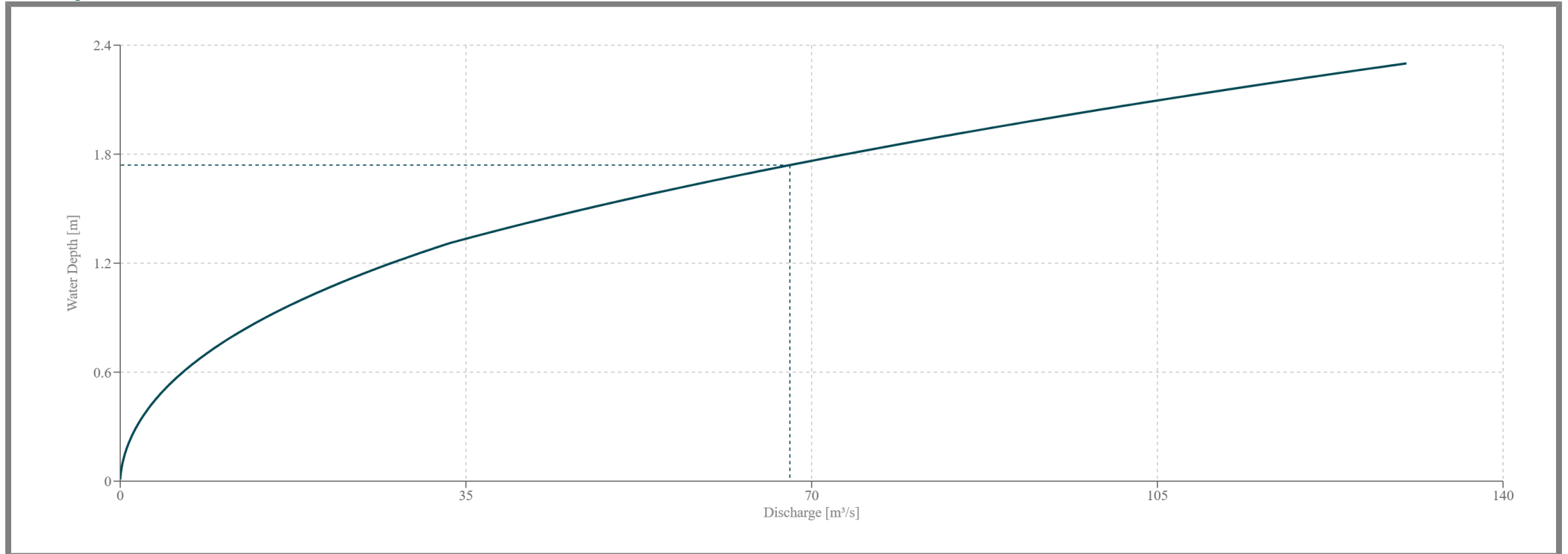
Freeboard [m]	0.66	Discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.89	-			
Water Depth [m]	1.74	-			
Froude Number	1.14	Supercritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	67.64	0.00	67.31	0.49	
Cross Sectional Area [m²]	18.46	0.00	18.06	0.40	
Wetted Perimeter [m]	17.91	0.00	16.00	1.91	
Hydraulic Radius [m]	1.03	0.00	1.13	0.21	
Average Water Velocity* [m/s]	3.67	0.00	3.73	1.21	
Average Roughness		0.0000	0.0400	0.0400	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U _{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	Velocity Un- der Lining [m/s]	✓	Length [m]
3	Riprap	0.75	0.04	0.5			YES		273.71	160.04	✓	0.91	✓	4.95
4	Riprap	0.75	0.04	0.5			YES		376.00	213.38	✓	0.91	✓	3.00
5	Riprap	0.75	0.04	0.5			YES		368.64	160.04	✓	0.91	✓	9.41
6	Riprap	0.75	0.04	0.5			YES		356.47	15.52	✓	0.91	✓	3.29
7	Riprap	0.75	0.04	0.5			YES		301.45	0.00	✓	-	-	6.39



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

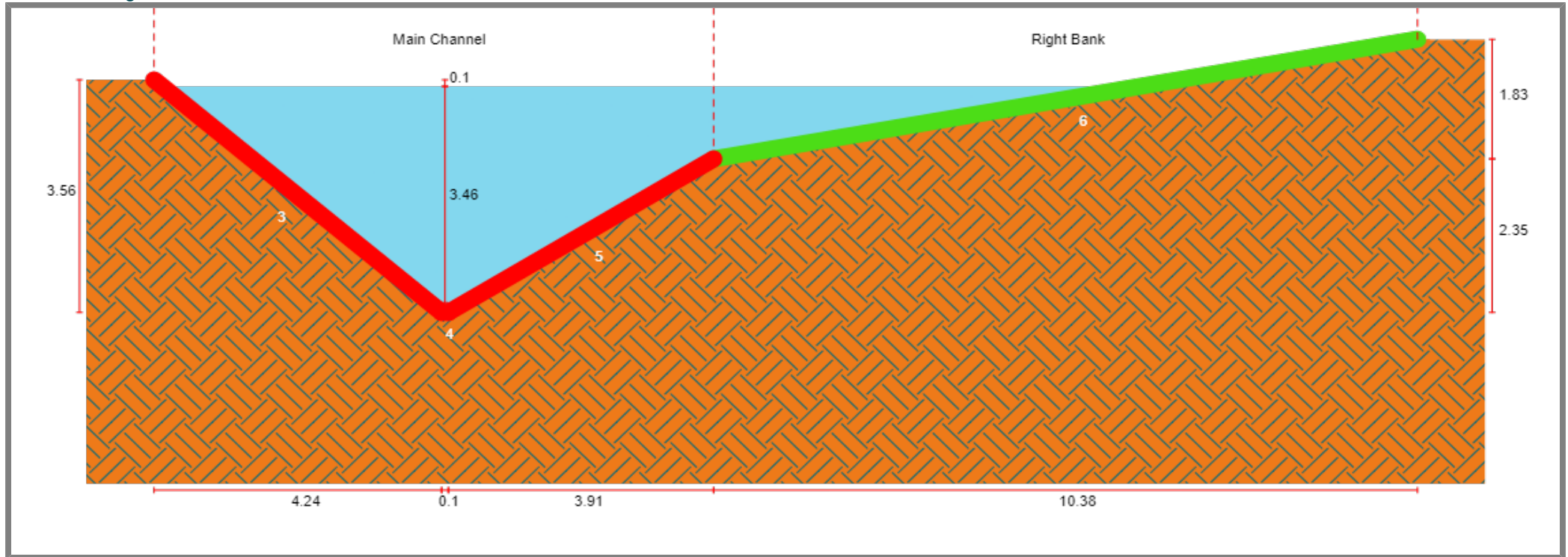
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Longitudinal Slope [%]	1.00
Freeboard [m]	0.10
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

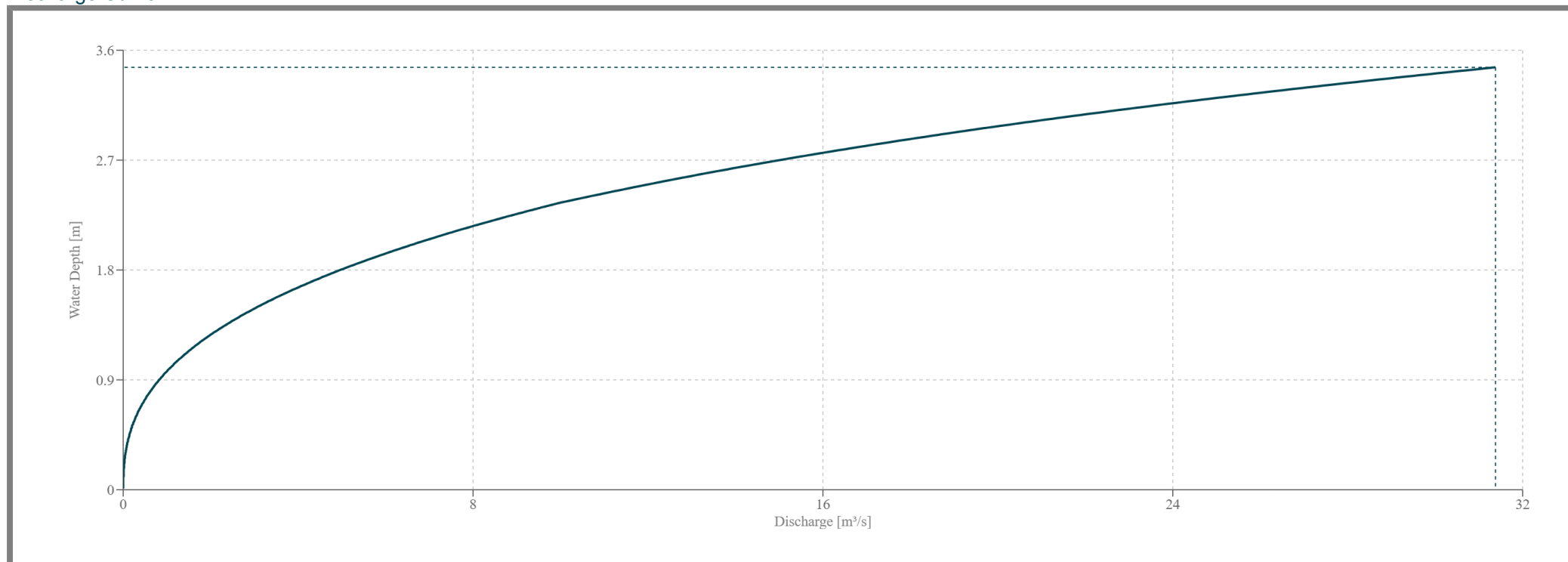
Freeboard [m]	0.10	Automated discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.00	-			
Water Depth [m]	3.46	-			
Froude Number	0.43	Subcritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	31.38	0.00	28.46	2.92	
Cross Sectional Area [m²]	19.90	0.00	16.41	3.49	
Wetted Perimeter [m]	16.43	0.00	10.04	6.39	
Hydraulic Radius [m]	1.21	0.00	1.63	0.55	
Average Water Velocity* [m/s]	1.58	0.00	1.73	0.84	
Average Roughness		0.0000	0.0800	0.0800	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U ^{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	Velocity Un- der Lining [m/s]	Length [m]
3	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	122.57	✗	- - 5.54
4	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	163.43	✗	- - 0.10
5	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	122.57	✗	- - 4.56
6	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	26.25	✓	- - 10.54



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

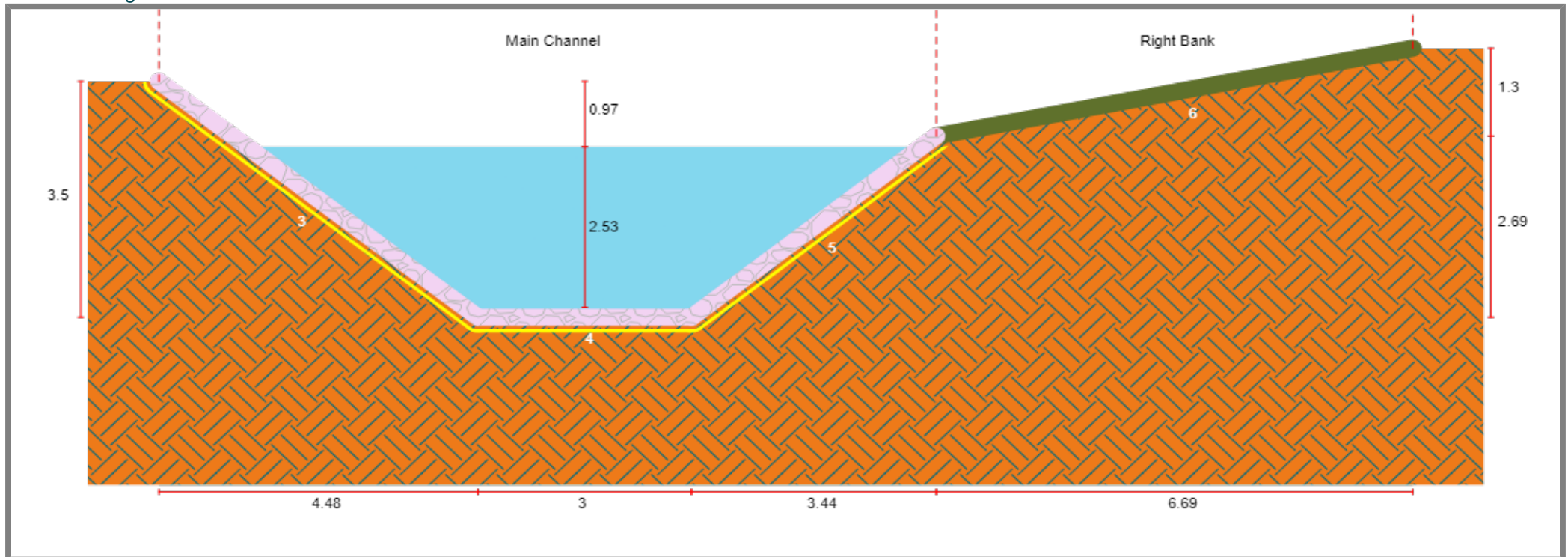
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Discharge [m ³ /s]	67.64
Longitudinal Slope [%]	1.89
Freeboard [m]	0.05
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

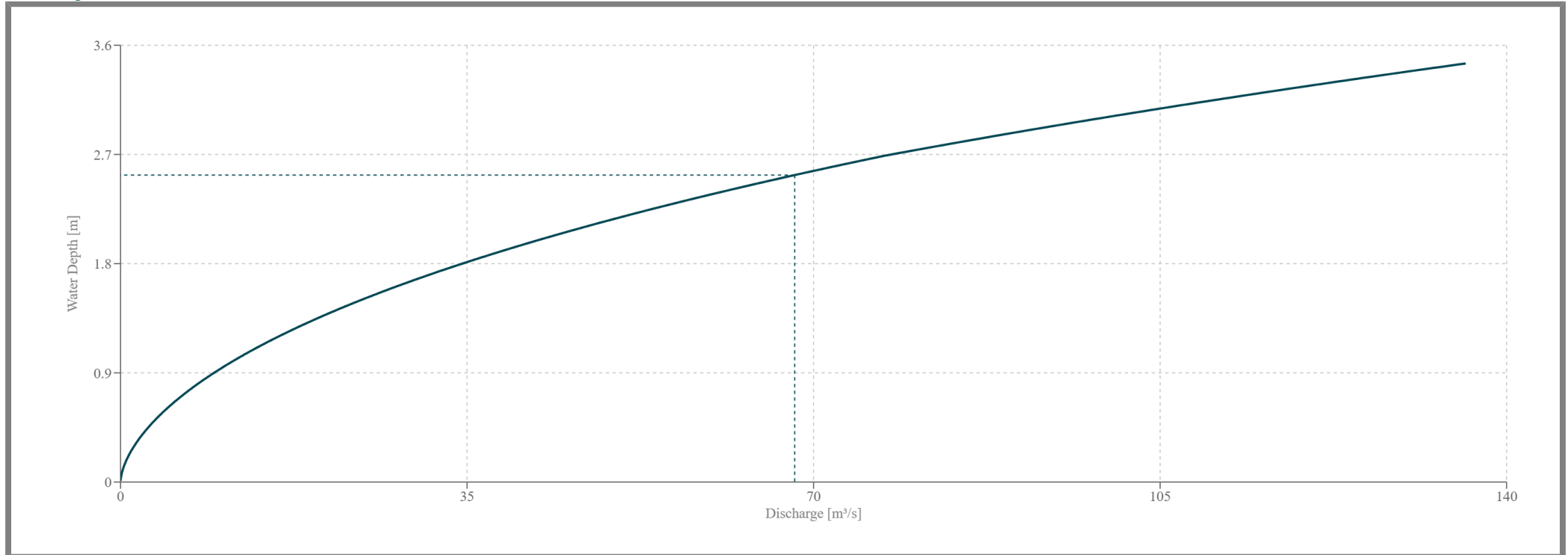
Freeboard [m]	0.97	Discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.89	-			
Water Depth [m]	2.53	-			
Froude Number	1.07	Supercritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	67.64	0.00	68.09	0.00	
Cross Sectional Area [m²]	15.78	0.00	15.78	0.00	
Wetted Perimeter [m]	11.22	0.00	11.22	0.00	
Hydraulic Radius [m]	1.41	0.00	1.41	0.00	
Average Water Velocity* [m/s]	4.32	0.00	4.32	0.00	
Average Roughness		0.0000	0.0400	0.0000	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U _{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	Velocity Un- der Lining [m/s]	✓	Length [m]
3	Riprap	0.9	0.04	0.6			YES		221.93	199.41	✓	1.03	✓	5.69
4	Riprap	0.75	0.04	0.5			YES		376.00	265.88	✓	0.91	✓	3.00
5	Riprap	0.9	0.04	0.6			YES		221.93	199.41	✓	1.03	✓	4.37
6	Dense bushes		0.11						50.00	0.00	✓	-	-	6.82



■ Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

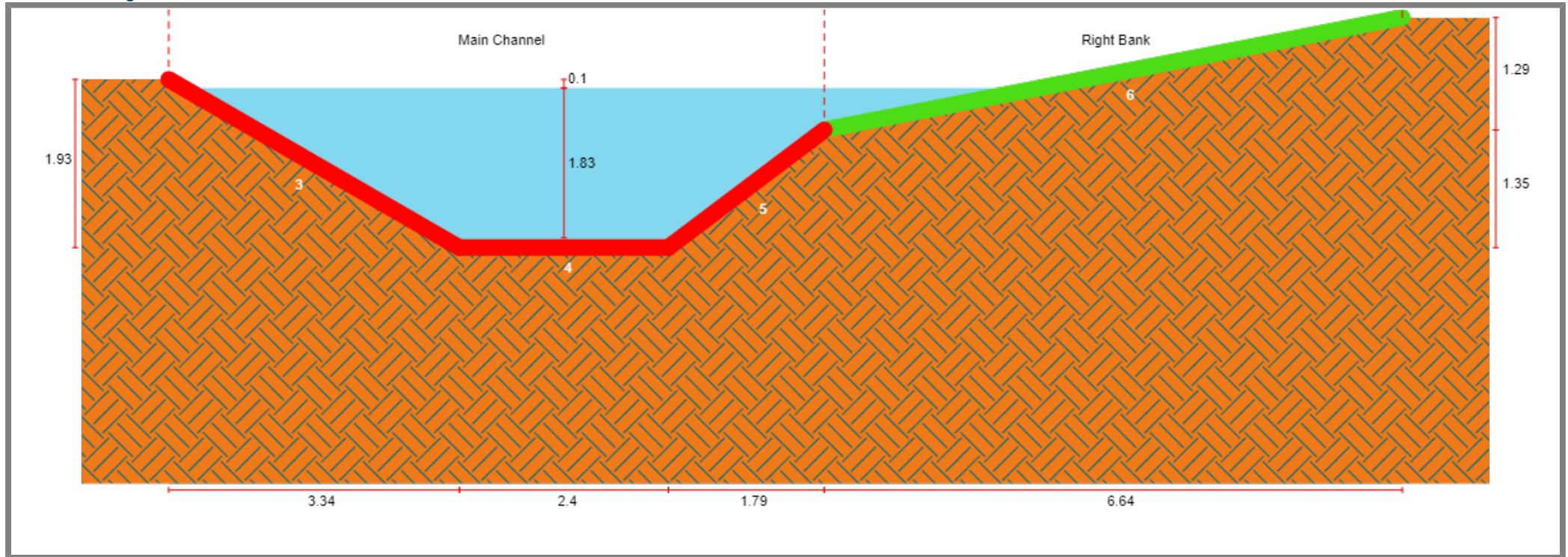
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Longitudinal Slope [%]	1.00
Freeboard [m]	0.10
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

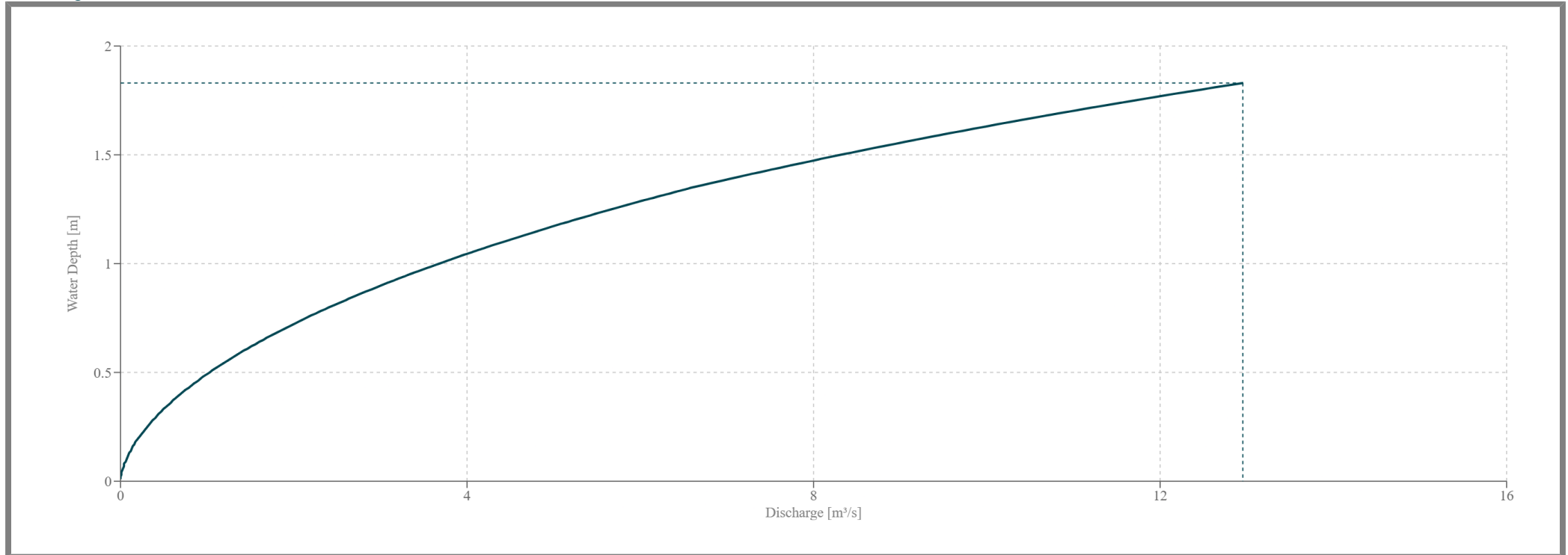
Freeboard [m]	0.10	Automated discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.00	-			
Water Depth [m]	1.83	-			
Froude Number	0.41	Subcritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	12.96	0.00	12.67	0.28	
Cross Sectional Area [m²]	9.95	0.00	9.36	0.59	
Wetted Perimeter [m]	10.81	0.00	8.30	2.52	
Hydraulic Radius [m]	0.92	0.00	1.13	0.24	
Average Water Velocity* [m/s]	1.30	0.00	1.35	0.48	
Average Roughness		0.0000	0.0800	0.0800	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U _{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	Velocity Un- der Lining [m/s]	Length [m]
3	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	84.58	✗	- - 3.86
4	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	112.77	✗	- - 2.40
5	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	84.58	✗	- - 2.24
6	Dense grass and light bushes		0.08						30.00	9.69	✓	- - 6.76



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.

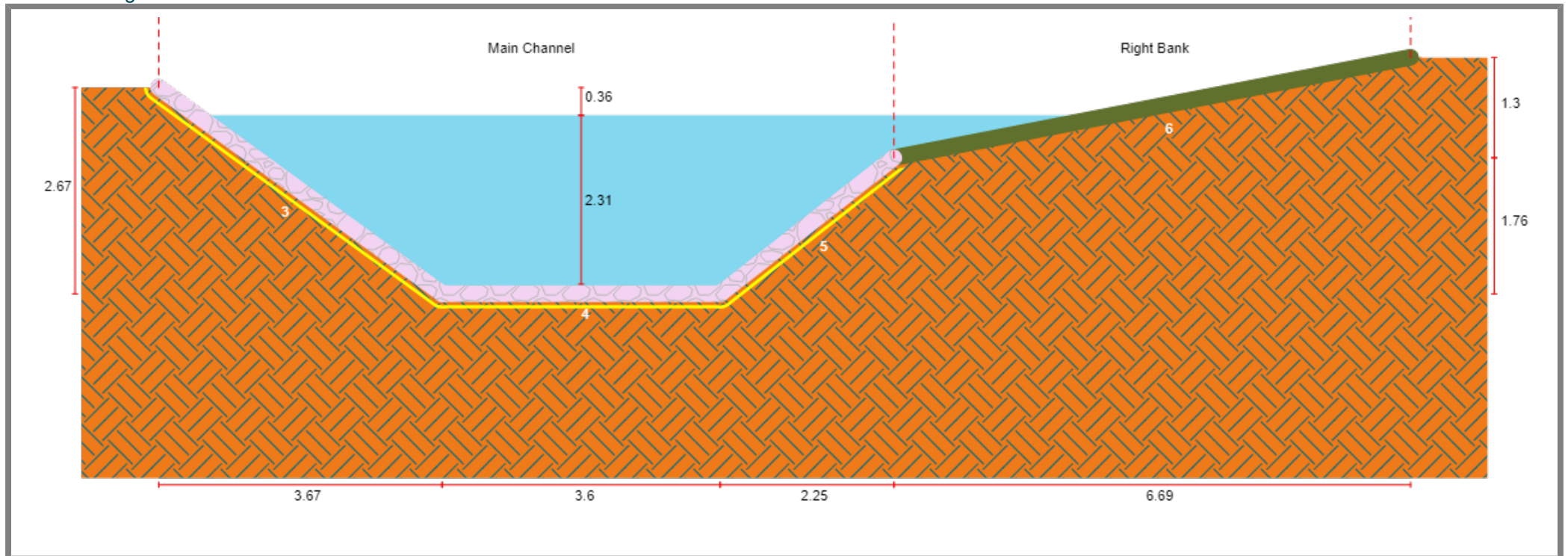
Project Information

Title: FOSSO GRANDE LOTTO 2 SEZ 1 PROG
Number: 1
Client: COMUNE DI PESCARA

Input

Discharge [m ³ /s]	67.64
Longitudinal Slope [%]	1.89
Freeboard [m]	0.05
Bending Radius [m]	
Bending Side	

Channel Design



Results

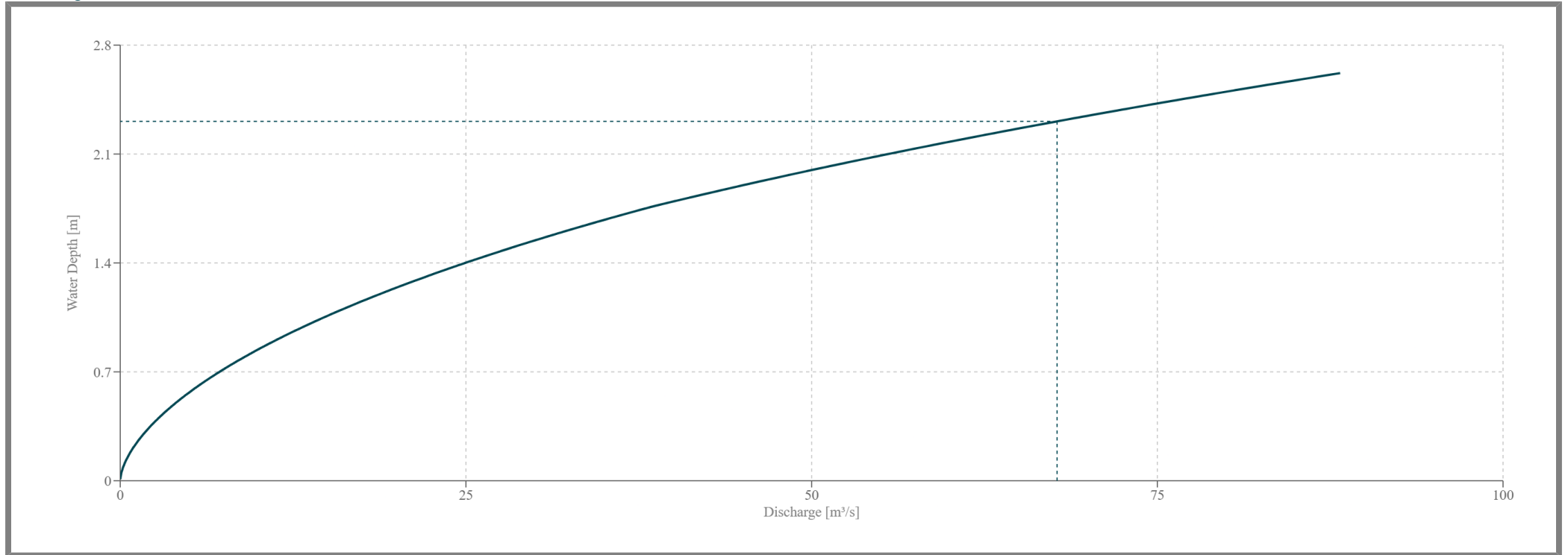
Freeboard [m]	0.36	Discharge, Freeboard Satisfied.			
Longitudinal Slope [%]	1.89	-			
Water Depth [m]	2.31	-			
Froude Number	1.17	Supercritical flow			
	Total	Left Overbank	Main Channel	Right Overbank	
Discharge [m³/s]	67.64	0.00	67.34	0.41	
Cross Sectional Area [m²]	15.98	0.00	15.20	0.78	
Wetted Perimeter [m]	13.27	0.00	10.39	2.88	
Hydraulic Radius [m]	1.20	0.00	1.46	0.27	
Average Water Velocity* [m/s]	4.24	0.00	4.43	0.52	
Average Roughness		0.0000	0.0400	0.1100	

* Note: the velocity calculated is an average across the sub-section. This value does not represent the effective value on the bottom or on the banks, as they depend on the geometry of the channel and on the roughness of its surface. (Ven Te Chow, Open-Channel Hydraulics, New York, McGraw-Hill, 1959, pp. 24-29)

Materials

/ Warning: Geotechnical stability check required for sector(s): 2

ID	Materials	Thick- ness [m]	Rough- ness	Rock d50 [m]	U _{Double di- aphragm}	X-Ties	Geotextile	Time [h]	Shear Stress [N/m²] Allowed	Calculated	✓	Velocity Un- der Lining [m/s]	✓	Length [m]
3	Riprap	0.9	0.04	0.6			YES		250.82	207.45	✓	1.03	✓	4.54
4	Riprap	0.9	0.04	0.6			YES		451.20	276.60	✓	1.03	✓	3.60
5	Riprap	0.9	0.04	0.6			YES		221.93	207.45	✓	1.03	✓	2.86
6	Dense bushes		0.11						50.00	19.41	✓	-	-	6.82



Disclaimer

Flood duration in hours, representing the time assumed for the flood occurrence. site conditions, such as frequency and duration of the event, variations in the cross section geometry, type of flow regime induced by upstream or downstream reaches. Therefore they should be intended as general indication, aiming to the best use of products selected. It shall be the responsibility of an experienced designer to choose the best solution based on a correct risk assessment of site conditions in regard to all mentioned factors.