Informazioni Cliente/Progetto						
CLIENTE	**COMUNE DI CARCARE** Piazza Caravadossi, 26 17043 – CARCARE (SV)					
DOCUMENTO	**TRATTO CITTADINO DELLA BORMIDA DI PALLARE** **VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SCABREZZA**					
	PROJECT NUMBER	-				
	RIFERIMENTO CLIENTE	-				
STATO	**DIMENSIONI**	**TIPO DOCUMENTO**	**NUMERO IDENTIFICAZIONE**			
	A4	-	**CCA01-R01**			
	SCALA	**STATO DOCUMENTO**	**LINGUA**	**REVISIONE**	**DATA**	**PAGINE**
	NESSUNA	-	IT	A	11/06/2020	13

ORDINE DEGLI INGEGNERI DI GENOVA
DOTT. ING. Noble Giampiero
Sez. A Settori:
a) civile e ambientale
b) industriale
c) dell'informazione
N° 10393A

REVISIONE	DATA	NOTE	CREATO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	11/06/2020	Prima Emissione	Nobile	Corona	Grosso

Via Sottoripa 1A/121, 16124 GENOVA (Italy) - Tel. (+39) 010 8698603 – Fax (+39) 010 8698604
P.IVA (VAT) 01861820999 - email: info@oacingegneria.com – www.oacingegneria.com

SOMMARIO

1. VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SCABREZZA 3
2. INDICE DELLE FIGURE 13
3. INDICE DELLE TABELLE 13

1. VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SCABREZZA

La stima di un coerente valore del coefficiente di scabrezza k_S per la valutazione delle resistenze idrauliche risulta avere fondamentale importanza nella determinazione di un affidabile e realistico profilo di rigurgito della corrente.

In letteratura sono disponibili numerose metodologie per la quantificazione del parametro di scabrezza. Molte di esse sono costituite, essenzialmente, da un approccio di tipo qualitativo, che dipende strettamente dall'osservazione realistica dello stato dei luoghi e, molto più significativamente, dall'esperienza del Tecnico incaricato delle analisi che, sulla base di tabellate descrizioni indicative, deve scegliere opportunamente il valore del parametro di scabrezza.

Altri criteri, più specificatamente, sono basati su valutazioni quantitative ed oggettive, in generale, derivanti dalla caratterizzazione della curva granulometrica.

I Piani di Bacino della Regione Liguria, in mancanza di più approfondite valutazioni, aiutano il progettista mettendo a disposizione delle tabelle rientranti nella prima categoria di metodologie.

La Direttiva n°4, relativa all'Autorità Distrettuale del Fiume Po, suggerisce, in aggiunta alle classiche formulazioni qualitative (§4.8.4 Tabella 1 e 2, multi e mono parametrica), anche un approccio di tipo quantitativo, fondato sulla formulazione originale di Muller che lega il coefficiente di scabrezza al diametro caratteristico dei sedimenti d_{90} (§4.8.4-Pag.28), tenendo implicitamente anche in parziale conto le resistenze di forma:

$$k_S = 26\, d_{90}^{1/6}$$

- d_{90} diametro caratteristico d_{90} [m]
- k_S coefficiente di scabrezza [$m^{1/3}/s$]

Tutto ciò premesso, risulta comunque evidente che entrambi gli approcci, se applicati coerentemente, non possono fornire risultati discordanti al fine della valutazione di un realistico valore del coefficiente di scabrezza.

Scopo del presente documento, pertanto, è la stima del parametro k_S di Strickler secondo la metodologia originale di Muller, in prima fase, e la successiva correzione di Parker (1990).

Si opta per questo approccio, di tipo strettamente quantitativo, poiché permette una valutazione delle resistenze basata essenzialmente su dati oggettivi e quantificabili, limitando la componente prettamente discrezionale e riducendo notevolmente gli elementi di aleatorietà.

Ovviamente, la corretta applicazione del metodo richiede analisi propedeutiche dell'alveo e dei suoi sedimenti molto più dettagliate, costituite di fatto dalla realizzazione di uno o più campionamenti granulometrici del fondo, ed eventualmente anche del substrato, al fine di caratterizzare compiutamente le resistenze.

A tal fine, nel tratto di Bormida di Pallare oggetto di indagine, sono stati eseguiti dalla Committenza n=6 campionamenti sedimentologici dello strato superficiale e del substrato, il cui posizionamento è riportato nella seguente Figura 1.

Dalle curve granulometriche è possibile ottenere numerose informazioni relative alla distribuzione del materiale presente in alveo e, in particolare, alla classazione e all'identificazione dei diametri caratteristici.

In Figura 2, a titolo esemplificativo, è riportata la curva granulometrica superficiale del campionamento n°1, posizionato su una barra emersa poco a monte del ponte di via Garibaldi.

In Tabella 1 è riportato l'andamento dei diametri caratteristici rilevati d_{50}, d_{65} e d_{90} in funzione della posizione del campionamento.

		CAMPIONAMENTO SUPERFICIALE					
		1	2	3	4	5	6
d_{50}	[mm]	36	12	11	12	36	40
d_{65}	[mm]	61	23	23	24	61	64
d_{90}	[mm]	109	53	55	54	111	103
GHIAIA	[%]	*81*	*68*	*66*	*67*	*81*	*75*
SABBIA	[%]	*17*	*30*	*33*	*31*	*18*	*25*
LIMO	[%]	*2*	*2*	*2*	*1*	*1*	*1*

		CAMPIONAMENTO SUBSTRATO					
		1	2	3	4	5	6
d_{50}	[mm]	42	12	13	18	19	4
d_{65}	[mm]	64	25	23	39	39	15
d_{90}	[mm]	108	59	75	100	101	82
GHIAIA	[%]	*82*	*67*	*66*	*72*	*71*	*46*
SABBIA	[%]	*17*	*32*	*29*	*27*	*28*	*50*
LIMO	[%]	*1*	*1*	*5*	*2*	*1*	*4*

Tabella 1 – Diametri caratteristici



Figura 1 – Posizione dei campionamenti granulometrici

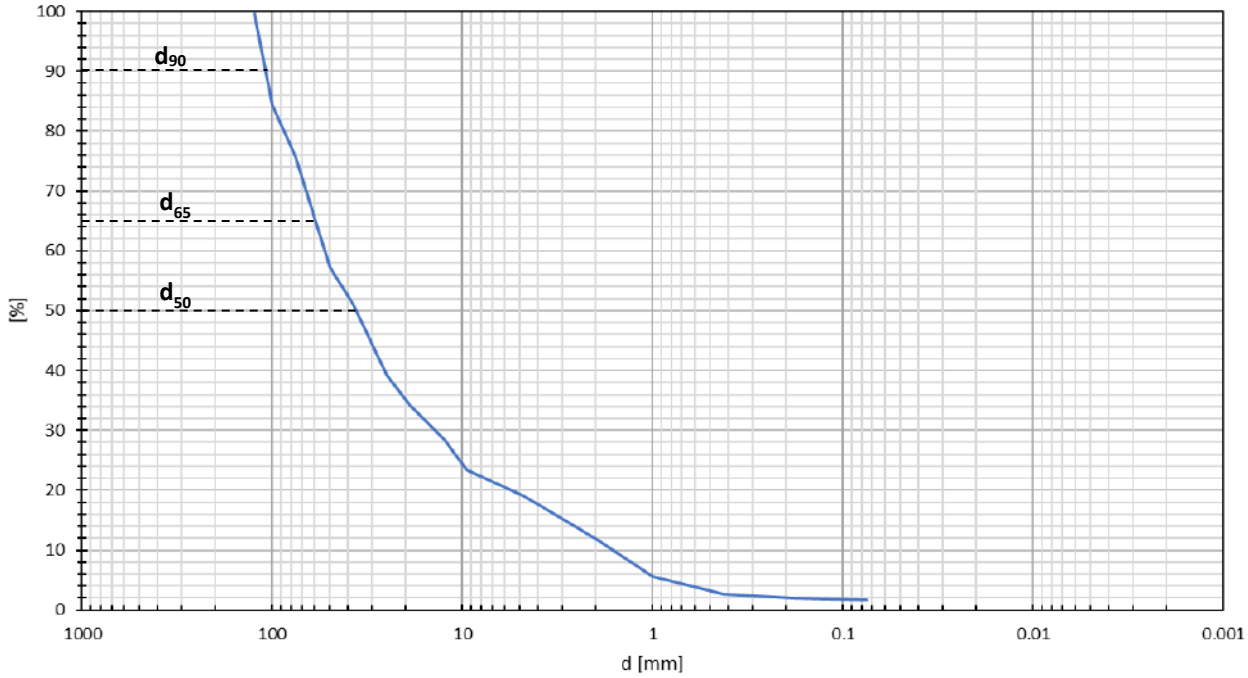


Figura 2 – Curva granulometrica – Strato superficiale – Campionamento n°1

Dalla tabella si può notare come le caratteristiche dei sedimenti permangano essenzialmente costanti tra la superficie ed il substrato sino alla profondità rilevata, osservando, come di consueto, una eventuale riduzione delle dimensioni dei granuli per via dei subiti fenomeni di *classazione*, *sorting* e *hiding*.

Inoltre, nella zona compresa tra il campionamento n° 2 ed il campionamento n°4, si può rilevare una riduzione dei diametri caratteristici.

In generale, quindi, il tratto oggetto di studio presenta essenzialmente una componente di sedimenti di tipo *ghiaioso-sabbioso*, con un diametro massimo d_{50} pari a 42[mm] e un limite superiore dei ciottoli d_{90} pari a 111[mm].

Una volta note le dimensioni caratteristiche dei sedimenti è possibile applicare il metodo quantitativo di Muller, suggerito dalla Direttiva n°4 dell'Autorità Distrettuale di Bacino del fiume Po (§4.8.4-Pag.28) per i torrenti e la parta medio-alta dei fiumi, volta alla valutazione delle resistenze in alveo.

Al fine di migliorare l'approccio metodologico e fornire, a favor di sicurezza, un campo di variazione per il coefficiente di scabrezza, si opta per l'applicazione contestuale di altre due formulazioni quantitative similari descritte di seguito, il metodo di Einstein (1965), basato sul diametro d_{65}, e il metodo di Parker (1990), caratterizzato dall'utilizzo dei diametri d_{90} e d_{50}.

MULLER (Direttiva 4)

$$k_S = 26\, d_{90}^{1/6}$$

- d_{90} diametro caratteristico d_{90} [m]
- k_S coefficiente di scabrezza [$m^{1/3}/s$]

EINSTEIN & BARBAROSSA (1952)

$$k_S = 23.8\, d_{65}^{1/6}$$

- d_{65} diametro caratteristico d_{65} [m]

PARKER (1990)

$$k_S = \frac{A_X}{d_X^{1/6}}$$

- A_X costante relativa al diametro
  - d_{50} → A_{50}=21 [$m^{1/2}/s$]
  - d_{90} → A_{90}=23 [$m^{1/2}/s$]
- d_X diametro caratteristico d_X [m]

I metodi sopracitati, nella loro formulazione, tengono già implicitamente in conto delle resistenze di forma dovute al carattere mobile degli alvei naturali (*ripples, barre, dune, antidune, …*).

In Figura 3 e in Figura 4 è riportato l'andamento longitudinale del parametro di scabrezza, ricavato dai campionamenti superficiali e del substrato, in relazione alle metodologie descritte in precedenza.

Quest'ultimo risulta essere ovunque compreso tra 33[$m^{1/3}/s$] ≤ k_s ≤ 44[$m^{1/3}/s$].

Dall'analisi dei grafici, a favor di sicurezza, si può quindi assumere un parametro di Strickler pari a k_S=30[$m^{1/3}/s$], come rappresentativo delle resistenze per il tratto di Bormida di Pallare considerato.

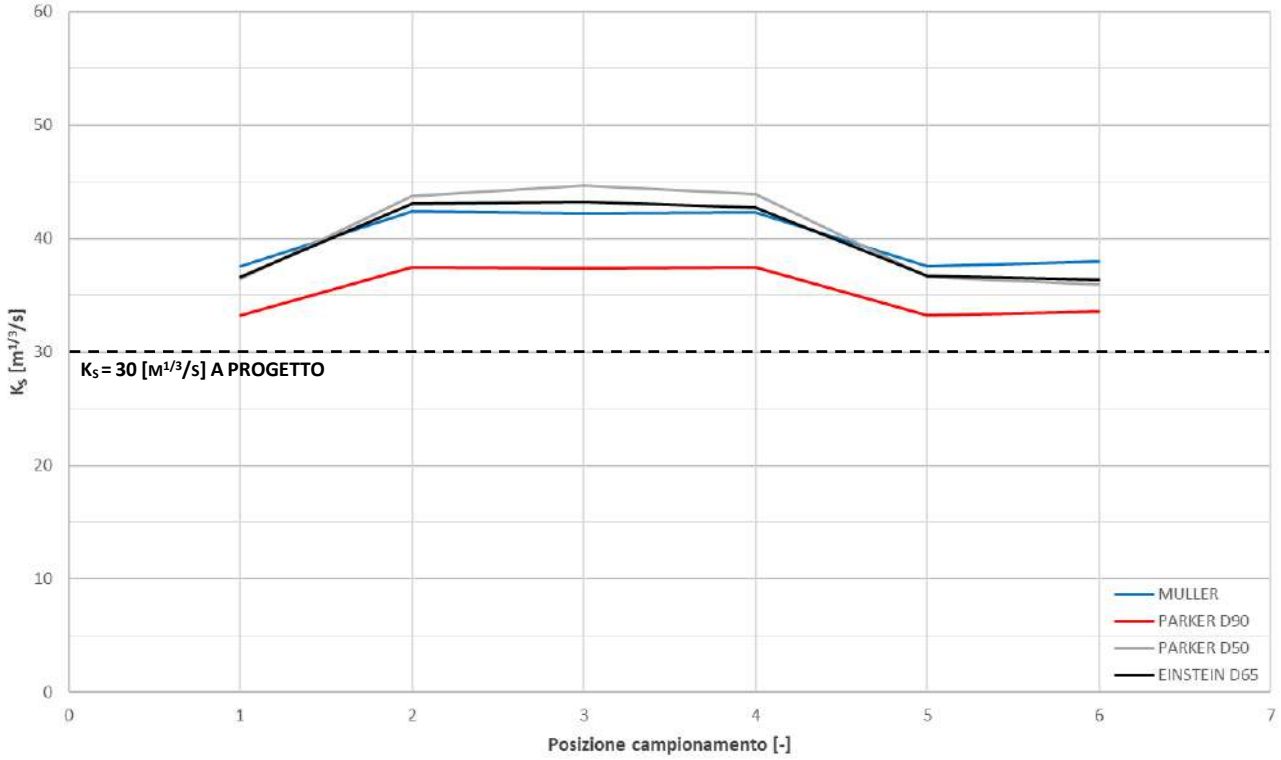


Figura 3 – Variazione longitudinale del coefficiente di scabrezza k_S – Campionamenti superficiali

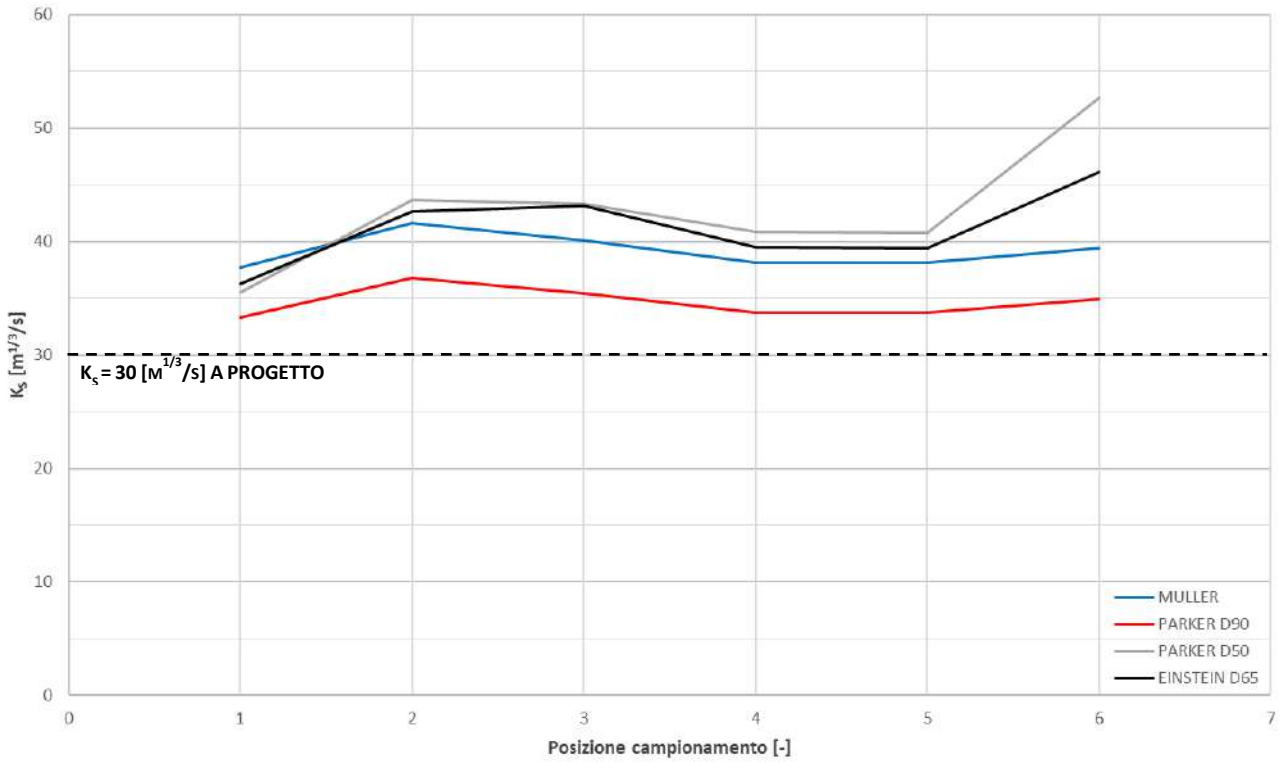


Figura 4 – Variazione longitudinale del coefficiente di scabrezza k_S – Campionamenti substrato

In generale, occorre far notare, come tale valore risulti in linea anche con l'applicazione di metodi qualitativi, allorquando essi vengano applicati con criterio e congruenza e pur costituendo, questi ultimi, un approccio certamente meno oggettivo, caratterizzato da un maggior grado di aleatorietà, più legato all'esperienza del Tecnico e basato su un maggiore numero di variabili. In linea generale, come anticipato in precedenza, gli approcci tabellari associano un valore di k_s ad uno stato dell'alveo, identificato da una descrizione qualitativa delle sue caratteristiche, nelle condizioni in cui stia transitando la piena di progetto.

In Figura 5 e in Figura 6 è possibile osservare, in planimetria, due tratti rappresentativi della Bormida di Pallare oggetto di indagine. In Figura 7 e in Figura 8 sono altresì riportate due sezioni caratteristiche e, in Figura 9, è riportato il livello del pelo libero con tempo di ritorno T=200[anni].

È possibile osservare come il tratto oggetto di studio presenti, in condizioni di piena nei confronti della corrente, delle sezioni piuttosto regolari, di forma assimilabile alla rettangolare/trapezoidale con le seguenti caratteristiche medie:

LARGHEZZA MEDIA	[m]	37.2
RAGGIO IDRAULICO MEDIO	[m]	2.3
PROFONDITÀ MEDIA	[m]	3.4

La variazione di forma della sezione avviene gradualmente e le ostruzioni rappresentate dalle pile e dagli eventuali rilevati dei ponti sono già tenute in conto nel modello idraulico HEC-RAS© attraverso la disconnessione del dominio e l'inserimento della condizione al contorno rappresentata dalla struttura trasversale. La profondità media della corrente risulta essere, in tutte le sezioni, significativamente maggiore dell'eventuale vegetazione e delle minime irregolarità presenti, riducendone significativamente l'effetto resistente. Gli effetti della curvatura longitudinale dell'alveo appaiono trascurabili e, comunque, valutabili con metodi locali.

Pertanto, è possibile procedere con l'applicazione del noto metodo qualitativo di Chow(1959), rielaborazione del metodo multi-parametrico di Cowan(1956), nel quale si associano valori tabellati alle caratteristiche morfologiche dell'alveo, valutate dal professionista in base alla propria esperienza, approccio al quale si rimanda per ogni ulteriore approfondimento. Dall'applicazione del metodo è possibile ottenere un valore del parametro di scabrezza pari a:

$$k_S = \frac{1}{(\sum_{i=0}^{4} n_i)m} = 34\ [\mathrm{m^{1/3}/s}]$$

MATERIALE COSTITUENTE L'ALVEO	n_0	Alluvione fine	0.024
IRREGOLARITÀ DELLA SUPERFICIE DELLA SEZIONE	n_1	Trascurabile	0.000
VARIAZIONE DELLA FORMA DELLA SEZIONE TRASVERSALE	n_2	Graduale	0.000
EFFETTO DELLE OSTRUZIONI	n_3	Trascurabile	0.000
EFFETTO DELLA VEGETAZIONE	n_4	Basso	0.005
GRADO DI SINUOSITÀ	m	Modesto	1.000



Figura 5 – Alveo della Bormida di Pallare – Zona inerente alla nuova passerella



Figura 6 – Alveo della Bormida di Pallare – Ponte di via Garibaldi



Figura 7 – Sezione caratteristica del tratto di Bormida di Pallare oggetto di studio



Figura 8 – Sezione caratteristica del tratto di Bormida di Pallare oggetto di studio

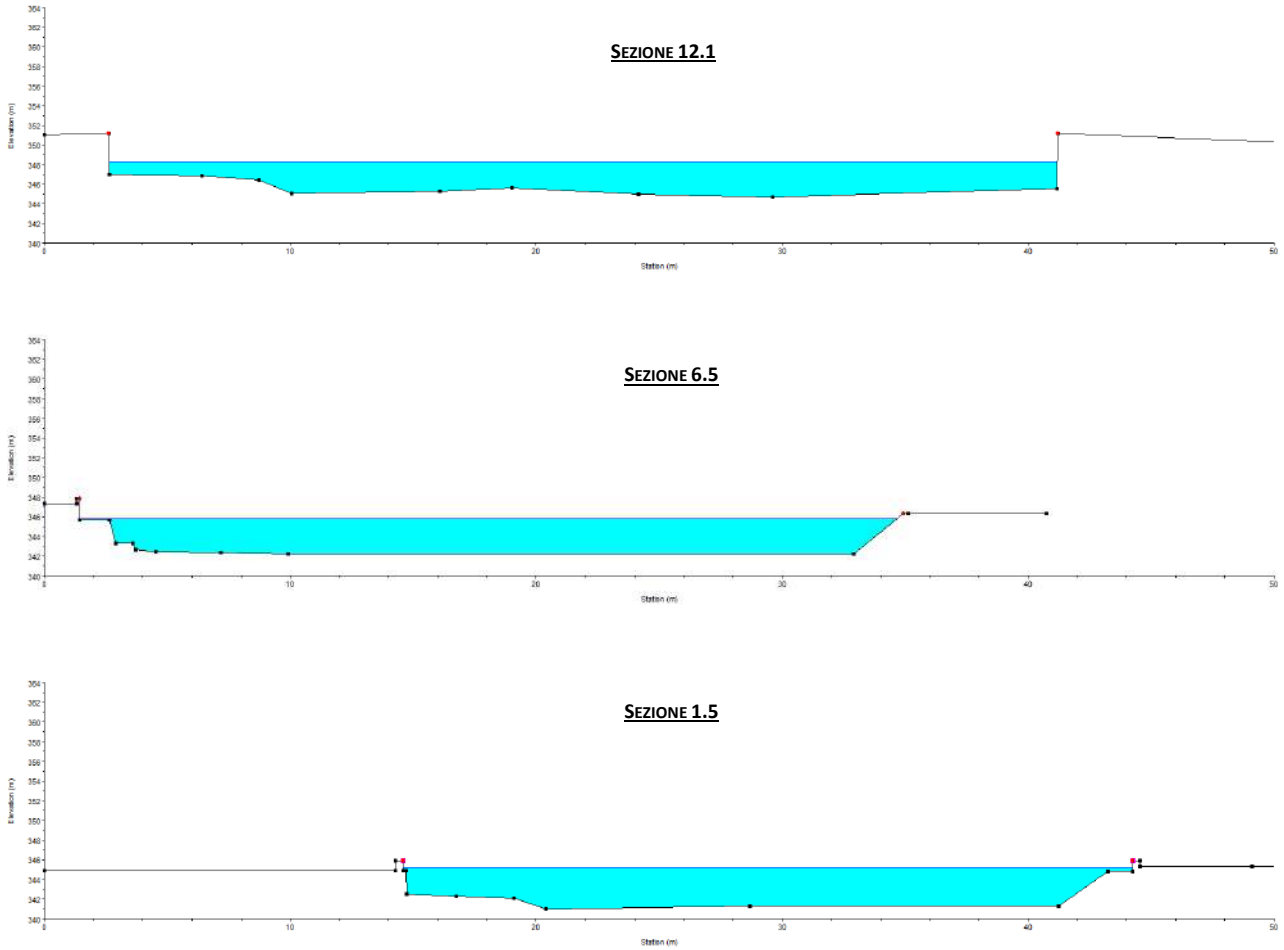


Figura 9 – Alveo della Bormida di Pallare – Livelli di piena in alcune sezioni rappresentative

Tutto ciò premesso, è possibile concludere come, a seguito delle indagini conoscitive di dettaglio effettuate sulla granulometria, volte alla definizione delle caratteristiche sedimentologiche dell'alveo, sia possibile stimare, più precisamente e con univoci metodi quantitativi, il parametro di scabrezza necessario ad una ragionevole quantificazione delle resistenze.

Concluse le elaborazioni, a favor di sicurezza, si può quindi assumere un parametro di Strickler pari a k_S=30[$m^{1/3}$/s], come rappresentativo delle resistenze per il tratto di Bormida di Pallare considerato.

Lo Scrivente

ORDINE DEGLI INGEGNERI DI GENOVA
DOTT. ING. Nobile Giampiero
Sez. A Settori:
a) civile e ambientale
b) industriale
c) dell'informazione
N° 10393A

Ing. Giampiero Nobile

2. INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1 – POSIZIONE DEI CAMPIONAMENTI GRANULOMETRICI 5
FIGURA 2 – CURVA GRANULOMETRICA – STRATO SUPERFICIALE – CAMPIONAMENTO N°1 6
FIGURA 3 – VARIAZIONE LONGITUDINALE DEL COEFFICIENTE DI SCABREZZA K_S – CAMPIONAMENTI SUPERFICIALI 8
FIGURA 4 – VARIAZIONE LONGITUDINALE DEL COEFFICIENTE DI SCABREZZA K_S – CAMPIONAMENTI SUBSTRATO 8
FIGURA 5 – ALVEO DELLA BORMIDA DI PALLARE – ZONA INERENTE ALLA NUOVA PASSERELLA 10
FIGURA 6 – ALVEO DELLA BORMIDA DI PALLARE – PONTE DI VIA GARIBALDI 10
FIGURA 7 – SEZIONE CARATTERISTICA DEL TRATTO DI BORMIDA DI PALLARE OGGETTO DI STUDIO 11
FIGURA 8 – SEZIONE CARATTERISTICA DEL TRATTO DI BORMIDA DI PALLARE OGGETTO DI STUDIO 11
FIGURA 9 – ALVEO DELLA BORMIDA DI PALLARE – LIVELLI DI PIENA IN ALCUNE SEZIONI RAPPRESENTATIVE 12

3. INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1 – DIAMETRI CARATTERISTICI 4