



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORATO DEI LAVORI PUBBLICI
SERVIZIO DI PIENA E INTERVENTO IDRAULICO
SERVIZIO DEL GENIO CIVILE DI ORISTANO.



CONSORZIO DI BONIFICA DELL'ORISTANESE
DPGRS N° 239 del 04.12.96
Via Cagliari, 170 – 09170 ORISTANO

PROSECUZIONE DEGLI INTERVENTI PROGRAMMATI NELL'ANNUALITÀ 2012 DI
RIMODELLAZIONE E STABILIZZAZIONE DELL'ALVEO E DELLE SPONDE DEL RIO
MOGORO MEDIANTE GABBIONATE METALLICHE O ALTRI IDONEI SISTEMI DI
INGEGNERIA NATURALISTICA, NEL TRATTO COMPRESO TRA L'ATTRAVERSAMENTO
DELLA S.P. 47 E LA CONFLUENZA CON IL CANALE ACQUE ALTE.

SERVIZIO DI PIENA E INTERVENTO IDRAULICO E DI PRESIDIO TERRITORIALE
Annualità 2013 accorpato con annualità 2018

PROGETTO ESECUTIVO

CUP G54H13000130002 - CAT P0417

RELAZIONE IDRAULICA

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Fabrizio Staffa

ALL. 1.3

STUDI ARCHEOLOGICI:

Dott.ssa Valentina Chergia

STUDI NATURALISTICI:

Dott.ssa Sandra Pintus

STUDI IDRAULICI:

Dott. Ing. Fabrizio Staffa

STUDI GEOLOGICI GEOMORFOLOGICI:

Dott. Geol. Marco Piras

Dott. Geol. Paolo Sardu

REV	DATA
00	31/07/2019

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Roberto Sanna

SERVIZIO DI PIENA E INTERVENTO IDRAULICO E DI PRESIDIO TERRITORIALE

Annualità 2013 accorpato con annualità 2018

PROSECUZIONE DEGLI INTERVENTI PROGRAMMATI NELL'ANNUALITÀ 2012 DI RIMODELLAZIONE E STABILIZZAZIONE DELL'ALVEO E DELLE SPONDE DEL RIO MOGORO MEDIANTE GABBIONATE METALLICHE O ALTRI IDONEI SISTEMI DI INGEGNERIA NATURALISTICA, NEL TRATTO COMPRESO TRA L'ATTRAVERSAMENTO DELLA S.P. 47 E LA CONFLUENZA CON IL CANALE ACQUE ALTE.

PROGETTO ESECUTIVO - CUP G54H13000130002 - CAT P0417

Allegato 1.3 Relazione idraulica

Indice

1	Premessa.....	3
2	Determinazione delle portate di piena.....	5
3	Descrizione del modello monodimensionale	6
3.1	Condizioni al contorno	7
3.1.1	Condizioni di moto	7
3.1.2	Scabrezze	9
3.1.3	Analisi granulometrica del materiale in alveo	9
4	Analisi idraulica.....	13
4.1	Criteri generali.....	13
4.1.1	Breve descrizione del programma di calcolo: modulo di moto permanente.....	13
4.2	Modellazione dell'asta del Rio Mogoro	14
5	Trasporto solido in alveo	23
6	Verifica all'erosione	25
7	Conclusioni.....	28

1 Premessa

La presente relazione ha per oggetto lo studio del regime idraulico del Rio Mogoro nel tratto ricadente al interno del territorio comunale di Uras nella località denominata R.ne Isca de Uras, che si estende per circa 800 metri, un chilometro a valle del ponte sul rio Mogoro della SP 47 che collega Uras a San Nicolò D'Arcidano (Figura 1).

Lo studio idraulico, volto alla determinazione delle condizioni di deflusso del Rio Mogoro in concomitanza con eventi di piena particolarmente gravosi, è stato eseguito considerando solamente le portate contenute nell'alveo e dal coronamento arginale, pari a 110 mc/s e 240 mc/s.

La verifica è stata condotta tramite la simulazione con un modello di moto permanente (HECRAS) in riferimento a un totale di 38 sezioni reperite da rilievo topografico del luogo eseguito dal personale del Consorzio nell'estate del 2013..

Per ogni portata sono stati valutati, le velocità di deflusso e le altezze idrometriche nelle sezioni idrauliche di interesse, distinguendo lo stato di fatto dalla condizione a progetto intesa come la fase immediatamente successiva alla realizzazione durante la quale si raggiungono i massimi approfondimenti dell'area di intervento.

Al fine di valutare la capacità di trasporto solido, la stabilità dell'alveo e delle sponde è stata eseguita una caratterizzazione granulometrica del tratto di Rio Mogoro in esame, e nello specifico è stato eseguito un prelievo di materiale solido in alveo.

E' stata valutata la movimentazione del materiale solido durante il passaggio delle piene adottando le curve granulometriche dedotte dal prelievo, e utilizzando le formule più accreditate per il calcolo della capacità di trasporto solido in presenza di materiali solidi analoghi.

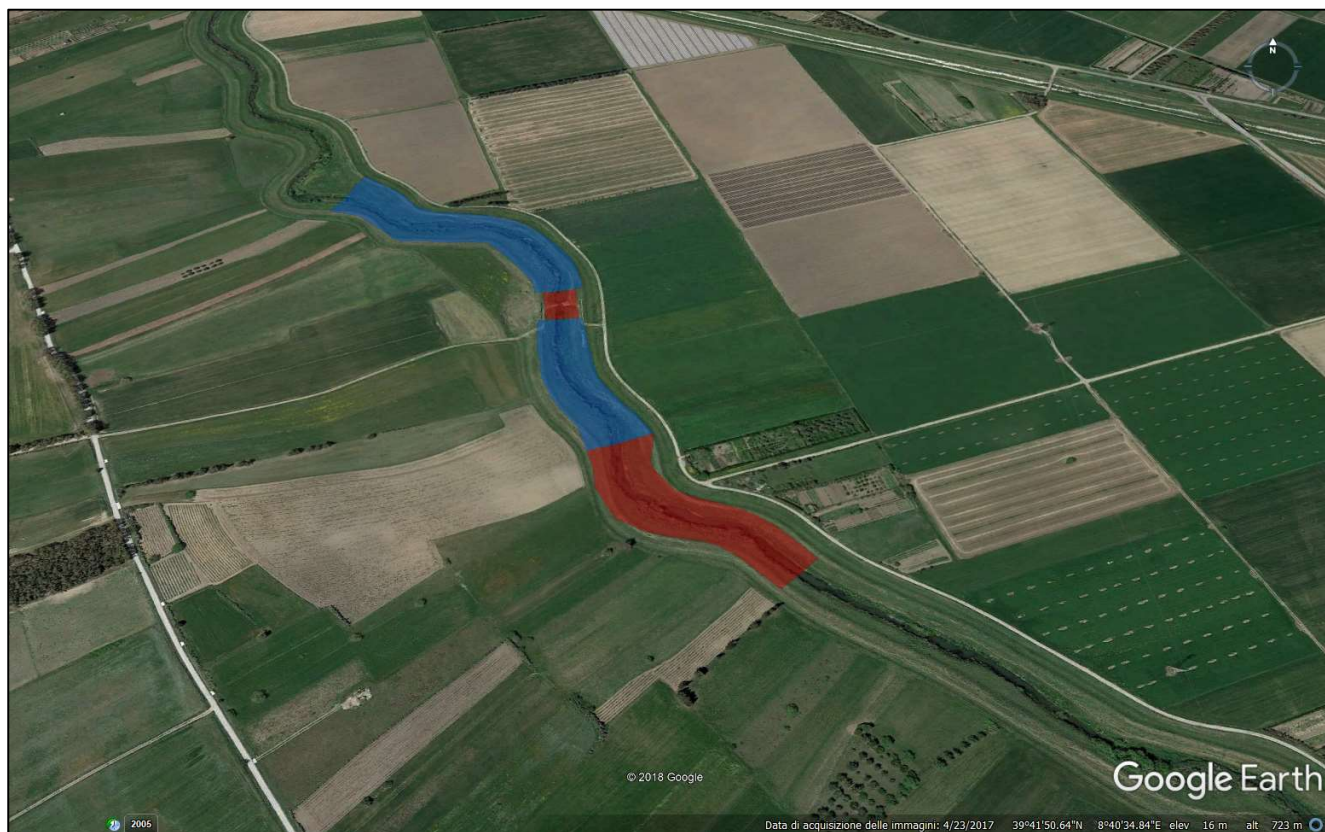


Figura 1.1: Area oggetto degli interventi in rosso e in azzurro tratto oggetto degli interventi del I stralcio progettuale

2 Determinazione delle portate di piena

Le portate di piena del Rio Mogoro per tempi di ritorno 2 – 50 – 100 – 200 - 500 anni adottate nelle simulazioni sono quelle indicate nello Studio del Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF)

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva delle portate di piena adottate nel PSFF evidenziando in rosso le portate di piena del tratto oggetto di studio.

Sezione	Area	Q(T2)	Q(T50)	Q(T100)	Q(T200)	QT(500)
	[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
A	41.7	15	104	126	148	177
B	47.0	16	111	135	159	190
C	244.9	75	511	620	729	871
D*	258.4	62	109	235	370	525
E*	292.3	64	291	332	420	564
F*	310.9	71	341	393	490	644
G*	355.5	84	429	499	615	792
H*	397.1	97	528	620	754	954

Tabella 2.1: portate di piena determinate nell'ambito del PSFF, in grassetto le portate del tratto oggetto del presente studio

Per quanto altri studi rilevino che tali portate sono notevolmente sovrastimate, in realtà le capacità di deflusso del tratto interessato sono ampiamente insufficienti per smaltire piene con tempo di ritorno superiori o pari a 50 anni circa.

Si è proceduto, pertanto, ad effettuare le verifiche idrauliche di dettaglio su portate congruenti con le sezioni del tratto in due stati d'acqua definiti: contenimento nell'alveo, pari a 110 mc/s, e non superamento degli argini, pari a 240 mc/s. Verifiche su portate superiori, che causano il superamento della quota arginale e, presumibilmente la formazione di numerose rotte, non hanno significato per gli scopi del presente progetto.

Si riportano, comunque, le simulazioni modellistiche, implementate nel PSFF per valutare gli effetti potenziali delle opere in progetto sull'attuale rischio idraulico, relative alle piene con tempo di ritorno pari a 100, 200 e 500 anni in osservanza alle Linee Guida del PAI.

3 Descrizione del modello monodimensionale

Il tratto di Rio Mogoro analizzato nel presente studio idraulico si estende per una lunghezza complessiva di circa 800 metri a valle del ponte sulla SP 47.

Il modello idraulico si basa sul rilievo topografico dell'area eseguito dal personale del Consorzio nell'estate 2013. Negli elaborati allegati allo studio idraulico sono rappresentate le tracce delle sezioni di Rio Mogoro contemplate nel modello monodimensionale adottato. Le sezioni si estendono a monte ed a valle dell'intervento per meglio definire le condizioni al contorno di valle ed interpretare gli effetti sul cambio di regime causato da dalle protezioni spondali nel tratto a monte.

La simulazione dei profili di piena è stata eseguita in moto permanente distinguendo lo stato di fatto dal progetto, che apporta modifiche alla geometria delle sezioni ed allo sviluppo del profilo.

Lo scenario implementato nei modelli di simulazione è indicato come situazione a progetto, rappresenta la fase immediatamente successiva alla realizzazione, durante la quale la geometria delle sezioni è quella realizzata.

Per effettuare le verifiche idrauliche con tempo di ritorno compreso tra 2 e 50 anni si è fatto uso del programma di calcolo HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) sviluppato presso lo U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.

I dati necessari all'esecuzione della procedura di calcolo sono i seguenti:

- geometria delle sezioni, espressa mediante coppie di coordinate (progressiva, quota);
- distanza tra la sezione ennesima e quella successiva;
- coefficiente di scabrezza n di Manning;
- • coefficienti di contrazione-espansione dell'alveo nel tratto compreso tra la sezione ennesima e quella successiva.

3.1 Condizioni al contorno

3.1.1 Condizioni di moto

Come condizione al contorno della corrente è stata assunta la pendenza di fondo alveo nella sezione terminale di valle, nell'ipotesi di parallelismo fra fondo alveo, piezometrica e linea dei carichi totali, ipotizzando un deflusso di moto uniforme nella sezione estrema del tratto di asta simulato.

Come anticipato in premessa la verifica è stata condotta tramite la simulazione con un modello di moto permanente (HECRAS) in riferimento a un totale di 44 sezioni per un tratto idraulicamente significativo dalla sezione sul ponte della SP 47 alla sezione immediatamente a valle della confluenza con il canale delle acque alte integrando il rilievo topografico di dettaglio eseguito per i lavori del I stralcio con le sezioni rilevate dal Servizio Territoriale Opere Idrauliche tramite volo Lidar e modello digitale del terreno passo 1m (dove disponibile) estratto dal Geoportale della Regione Sardegna, per un tratto complessivo di oltre 3 km.

Si riporta di seguito, in Figura 3.1, la planimetria del tratto in esame, dove sono visibili la schematizzazione delle sezioni rilevate.

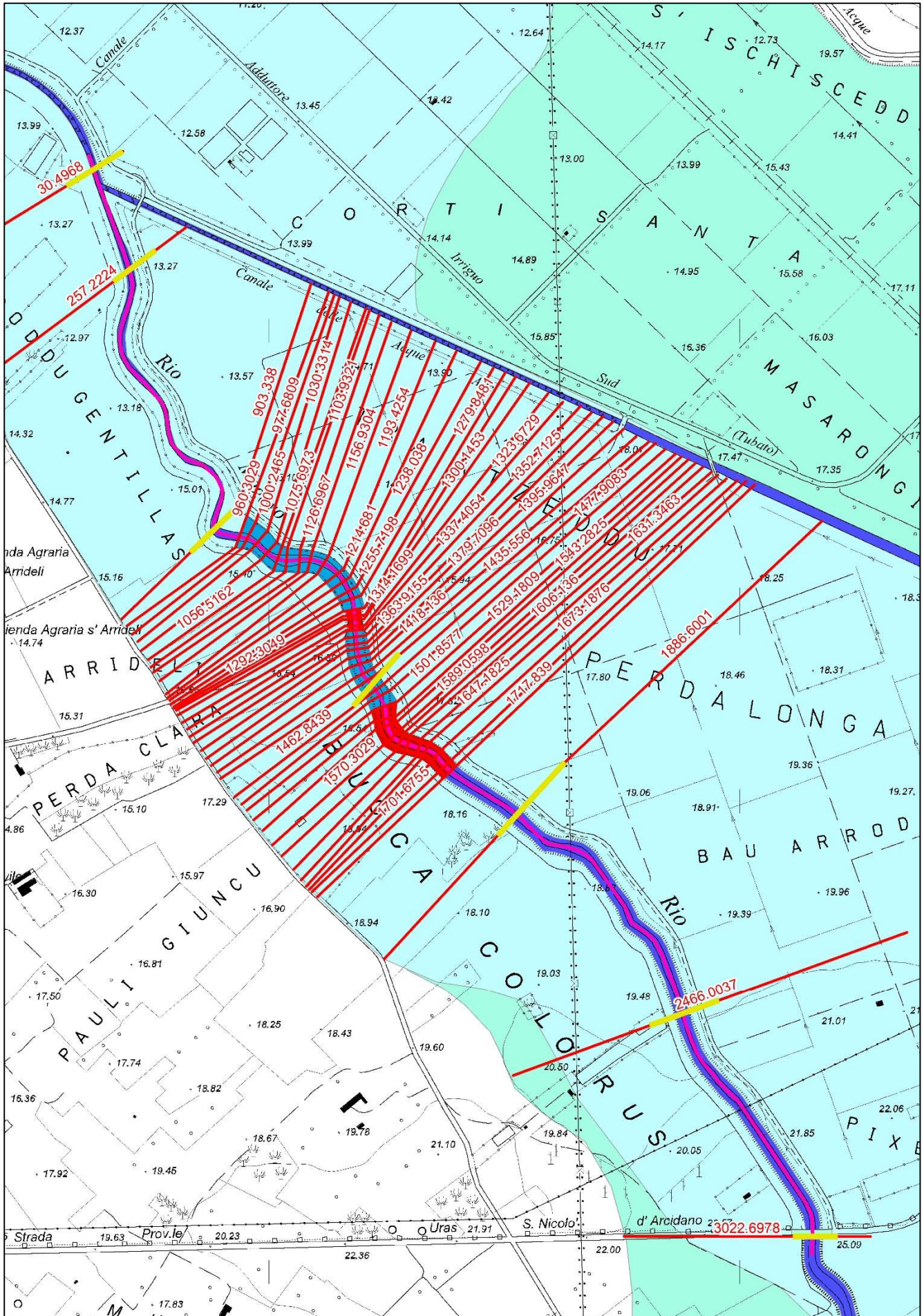


Figura 3.1: tratto del rio Mogoro oggetto delle verifiche idrauliche

3.1.2 Scabrezze

Per quanto riguarda alle scabrezze adottate nelle simulazioni, sono stati assunti dei coefficienti di scabrezza n di Manning differenti per l'alveo inciso e per le aree golenali. I valori adottati nella simulazione dello stato attuale sono stati in seguito rivalutati per simulare lo stato di progetto.

Il modello utilizzato impiega il parametro di resistenza al moto di Manning. I valori del parametro sono assegnati, sezione per sezione, in dipendenza delle condizioni dell'alveo rilevate e tengono conto della presenza di vegetazione, rivestimenti murari ecc.

I criteri di attribuzione del valore sono soggettivi e variabili nel tempo a seconda delle condizioni in cui si trova il corso d'acqua. Le sezioni sono state suddivise in 5 tratti omogenei tenendo conto delle protezioni spondali che verranno installate, i valori del coefficiente di Manning utilizzati in questi tratti tengono conto dell'usura nel tempo delle installazioni, si riporta di seguito la schematizzazione adottata:

- 1 - golena sinistra;
- 2 - sponda sinistra dell'alveo inciso;
- 3 - alveo centrale;
- 4 - sponda destra dell'alveo inciso;
- 5 – golena destra.

Adottando la schematizzazione indicata sopra, si riesce a rappresentare più in dettaglio le caratteristiche di scabrezza del corso d'acqua; Il valore adottato è tratto dalla letteratura, oltre che dai vari sopralluoghi svolti in situ durante le diverse stagioni vegetative che hanno evidenziato che le caratteristiche di scabrezza corrispondono a quelle indicate.

3.1.3 Analisi granulometrica del materiale in alveo

Il materiale estratto dall'alveo inciso è costituito da inerte (sabbie e ghiaie) appartenenti alle alluvioni recenti del Rio Mogoro. Si riportano di seguito le curve granulometriche dei tre campioni prelevati in alveo da una ditta specializzata in analisi geotecniche.

ENGINEERING SERVICE International promoter manager NUORO - ITALY	ENGINEERING SERVICE Divisione Laboratorio Geotecnico Via Ballero 85 - 08100 Nuoro tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscalinet.it	Denominazione prova: Analisi granulometrica ASTM 421-422
---	---	--

certificato n°315/13

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica dell'Oristanese

STUDIO: Realizzazione di un intervento di rimodellazione e stabilizzazione dell'alveo e delle sponde del Rio Mogoro mediante gabbionate metalliche o altri idonei sistemi di ingegneria naturalistica nel tratto compreso tra l'attraversamento della SP 47 e la confluenza con il Canale Acque Alte

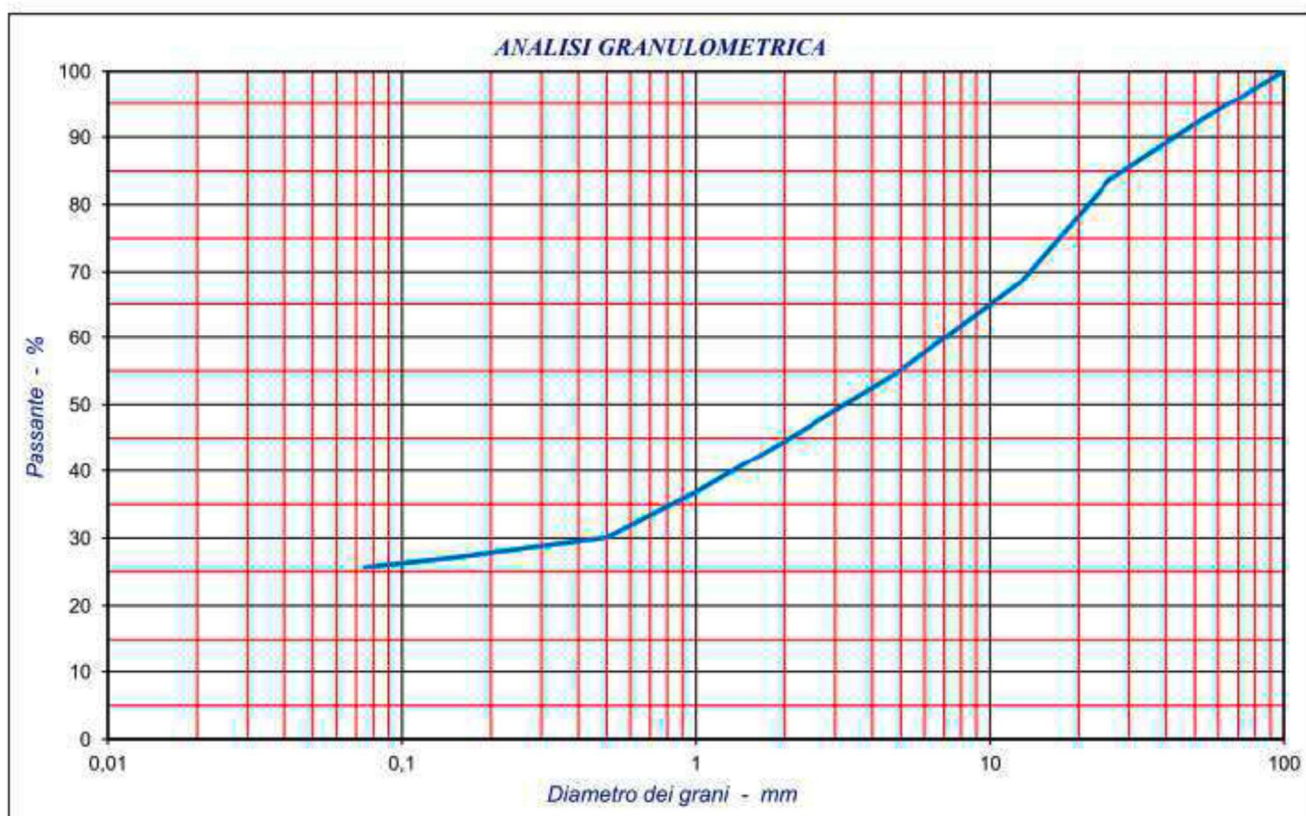
CAMPIONAMENTO: A cura della Committenza

CAMPIONE: Denominato "**Campione 1**", prelievo in sponda dx Rio Mogoro, Lat. 39° 41' 57.8" - Long. 8° 40' 29.86"

DATA CAMPIONAMENTO: 22/06/2013

ANALISI GRANULOMETRICA

Peso del materiale campionato (g.)				2340,0		Peso del campione analizzato (g.)				1450,0	
ANALISI GRANULOMETRICA PER VIA UMIDA (CNR-B.U. n° 23 - ASTM D421)											
Apertura setacci (mm)	50,8	25,4	12,5	4,76	2	1	0,5	0,149	0,075	fondo	
Passante (%)	92,14	83,52	68,07	54,41	44,55	36,83	30,07	27,10	25,66	0,00	
Trattenuto (%)	7,86	8,62	15,45	13,66	9,86	7,72	6,76	2,97	1,45	0,90	
Trattenuto (g)	114,0	125,0	224,0	198,0	143,0	112,0	98,0	43,0	21,0	13,0	
Perdita per lavaggio (g.)						359,0					



SPERIMENTATORE
Boneddu MariaPaola



DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro 03/07/2013

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova per intero. Eventuali riproduzioni parziali dovranno essere esplicitamente autorizzate.

ENGINEERING SERVICE International promoter manager NUORO - ITALY	ENGINEERING SERVICE Divisione Laboratorio Geotecnico Via Ballero 85 - 08100 Nuoro tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscalinet.it	Denominazione prova: Analisi granulometrica ASTM 421-422
---	---	--

certificato n°316/13

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica dell'Oristanese

STUDIO: Realizzazione di un intervento di rimodellazione e stabilizzazione dell'alveo e delle sponde del Rio Mogoro mediante gabbionate metalliche o altri idonei sistemi di ingegneria naturalistica nel tratto compreso tra l'attraversamento della SP 47 e la confluenza con il Canale Acque Alte

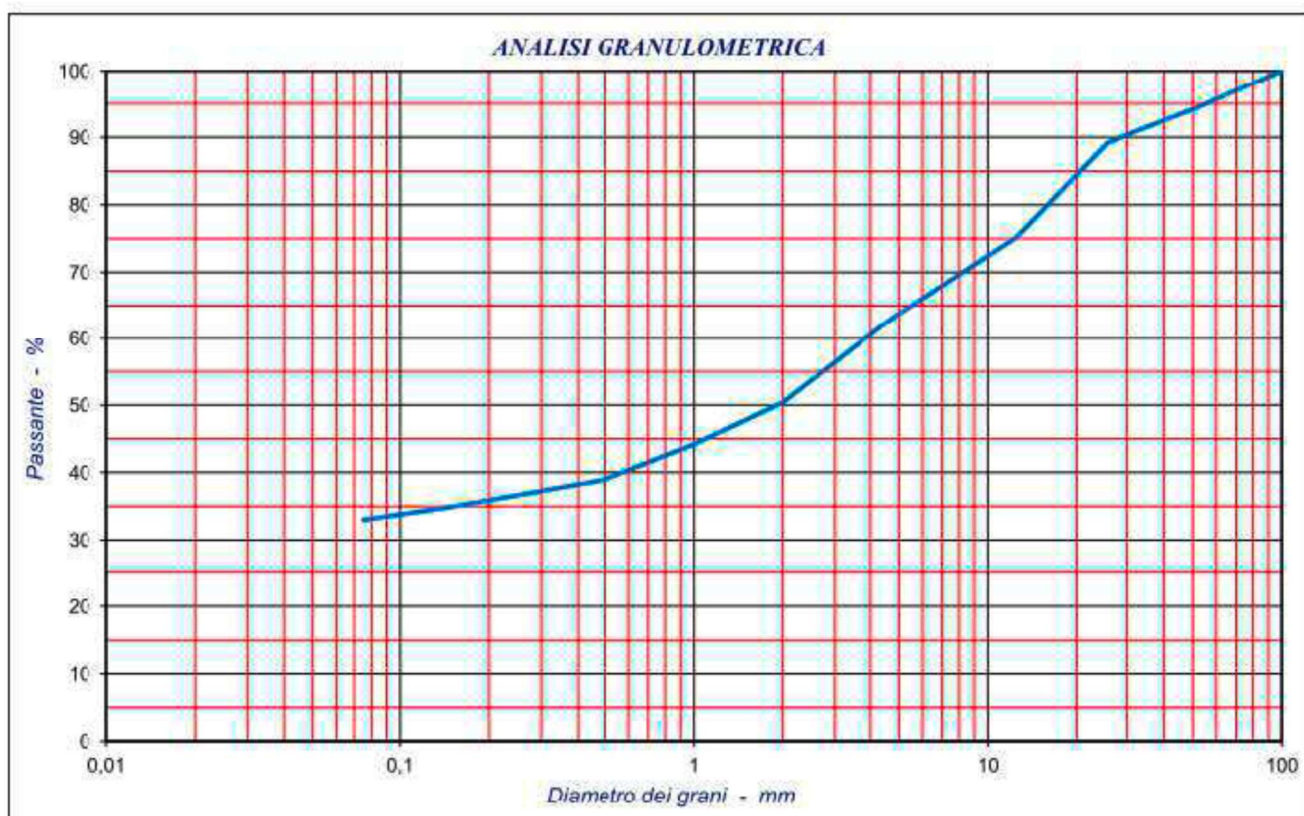
CAMPIONAMENTO: A cura della Committenza

CAMPIONE: Denominato "**Campione 2**", prelievo in sponda sx Rio Mogoro, Lat. 39° 41' 57.8" - Long. 8° 40' 29.89"

DATA CAMPIONAMENTO: 22/06/2013

ANALISI GRANULOMETRICA

Peso del materiale campionato (g.)					3890,0					Peso del campione analizzato (g.)					2130,0				
ANALISI GRANULOMETRICA PER VIA UMIDA (CNR-B.U. n° 23 - ASTM D421)																			
Apertura setacci (mm)	50,8	25,4	12,5	4,76	2	1	0,5	0,149	0,075	fondo									
Passante (%)	94,32	89,20	75,21	63,19	50,38	44,18	38,97	34,88	32,96	0,00									
Trattenuto (%)	5,68	5,12	13,99	12,02	12,82	6,20	5,21	4,08	1,92	1,13									
Trattenuto (g.)	121,0	109,0	298,0	256,0	273,0	132,6	111,0	87,0	41,0	24,0									
					Perdita per lavaggio (g.)					678,6									



SPERIMENTATORE
Boneddu MariaPaola



DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro 03/07/2013

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova per intero. Eventuali riproduzioni parziali dovranno essere esplicitamente autorizzate.

ENGINEERING SERVICE International promoter manager NUORO - ITALY	ENGINEERING SERVICE Divisione Laboratorio Geotecnico Via Ballero 85 - 08100 Nuoro tel. fax 0784/38985 - cell. 3280235182 - dboneddu@tiscalinet.it	Denominazione prova: Analisi granulometrica ASTM 421-422
---	---	--

certificato n°317/13

COMMITTENTE: Consorzio di Bonifica dell'Oriстано

STUDIO: Realizzazione di un intervento di rimodellazione e stabilizzazione dell'alveo e delle sponde del Rio Mogoro mediante gabbionate metalliche o altri idonei sistemi di ingegneria naturalistica nel tratto compreso tra l'attraversamento della SP 47 e la confluenza con il Canale Acque Alte

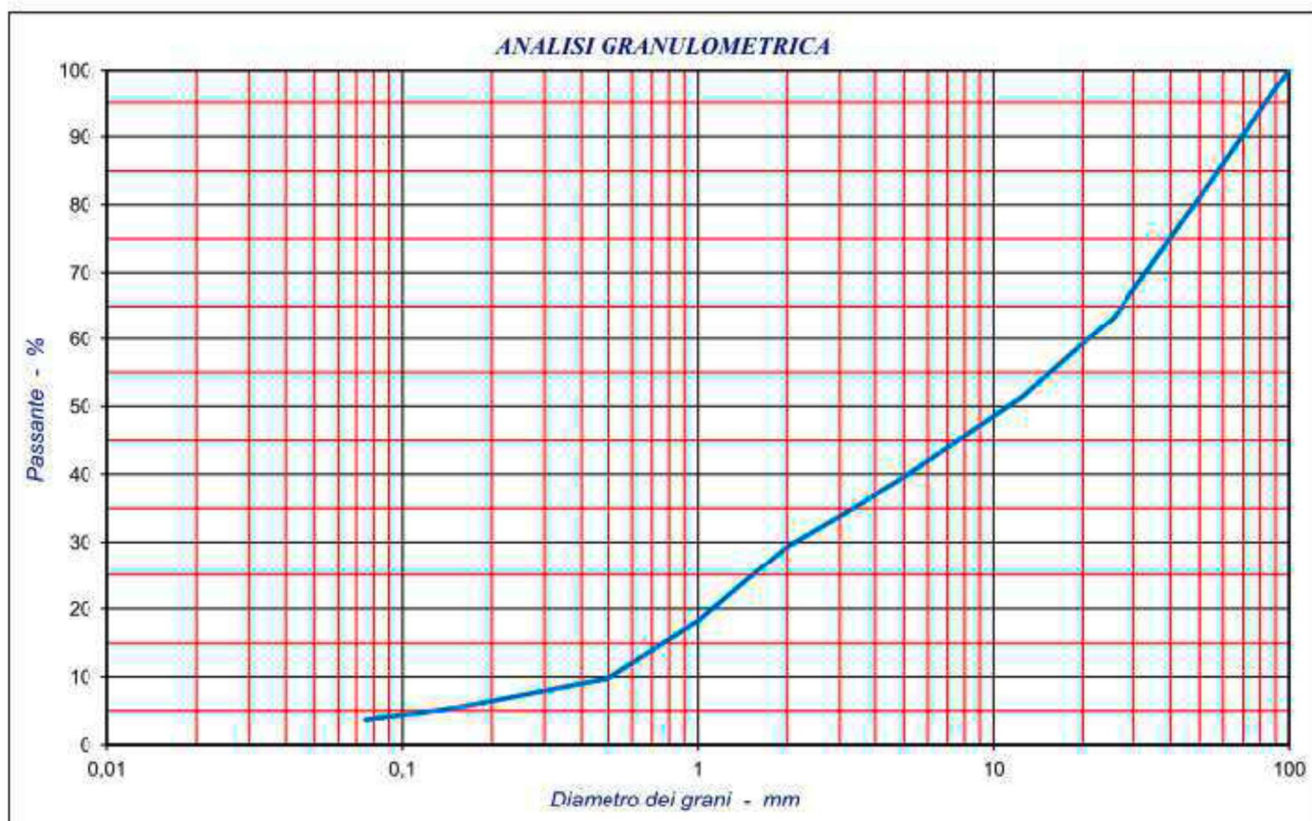
CAMPIONAMENTO: A cura della Committenza

CAMPIONE: Denominato "**Campione 3**", prelievo in barra long. Rio Mogoro, Lat. 39° 41' 59.96" - Long. 8° 40' 24.64"

DATA CAMPIONAMENTO: 22/06/2013

ANALISI GRANULOMETRICA

Peso del materiale campionato (g.)					2600,0					Peso del campione analizzato (g.)					1630,0				
ANALISI GRANULOMETRICA PER VIA UMIDA (CNR-B.U. n° 23 - ASTM D421)																			
Apertura setacci (mm)	50,8	25,4	12,5	4,76	2	1	0,5	0,149	0,075	fondo									
Passante (%)	81,53	63,31	51,41	38,96	29,33	18,22	9,82	5,34	3,68	0,00									
Trattenuto (%)	18,47	18,22	11,90	12,45	9,63	11,16	8,40	4,48	1,66	0,12									
Trattenuto (g.)	301,0	297,0	194,0	203,0	157,0	181,6	137,0	73,0	27,0	2,0									
					Perdita per lavaggio (g.)					58,0									



SPERIMENTATORE
Boneddu MariaPaola



DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Davide Boneddu

Nuoro 03/07/2013

Davide Boneddu

NOTA: I risultati contenuti nel presente Rapporto di Prova si riferiscono esclusivamente al campione provato.
AVVERTENZA: Il Committente si impegna a riprodurre il presente Rapporto di Prova per intero. Eventuali riproduzioni parziali dovranno essere esplicitamente autorizzate.

4 Analisi idraulica

4.1 Criteri generali

Il modello idraulico é stato implementato adottando il codice di calcolo Hec-Ras versione 5.0.7, il calcolo idraulico dell'aste fluviale è stato condotto riferendosi alla condizione di moto permanente che, a differenza del moto uniforme che fornisce i livelli idrici di sicurezza di un canale considerato "indisturbato", da dei risultati più vicini alla realtà in quanto la corrente idrica lungo il suo percorso è certamente influenzata dai cambiamenti di sezione, scabrezza, pendenza, andamento planimetrico, etc., di cui le simulazioni di moto permanente più propriamente tengono conto.

Ovviamente per effettuare un calcolo di moto permanente più attinente possibile alla realtà, è necessario fare una simulazione completa che comprenda un certo numero di sezioni lungo tutto il tronco critico oggetto dello studio.

Sono state quindi determinate:

le sagome delle sezioni trasversali e relative dimensioni geometriche;

la pendenza longitudinale del fondo;

la sequenza planimetrica delle sezioni trasversali;

il valore della scabrezza del fondo, delle sponde e delle aree esondabili;

Tutte le informazioni suddette sono state utilizzate come dati di input del software Hec-Ras (River Analysis System) sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers.

4.1.1 Breve descrizione del programma di calcolo: modulo di moto permanente

Tra i moduli di calcolo contenuti nel programma succitato, in questa sede si utilizzerà quello che consente l'analisi del moto permanente gradualmente vario in regime di corrente lenta, veloce o di regime misto.

La procedura base adottata dal programma per i calcoli è incentrata sulla soluzione iterativa dell'equazione monodimensionale dell'energia:

$$E = z + y + \frac{\alpha}{2g} v^2$$

che stabilisce che l'energia totale in una data sezione, lungo il tratto in analisi, è data dalla somma dell'energia potenziale e dall'energia cinetica.

Le perdite valutate sono quelle per attrito (equazione di Manning) e quelle causate

dalla contrazione e espansioni delle sezioni (tramite un coefficiente che moltiplica la variazione dell'energia cinetica). L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni; questo si verifica in condizioni di regime misto, nei punti di passaggio da corrente veloce a corrente lenta (risalti idraulici), oppure in corrispondenza di ponti o delle confluenze di più rami di una rete.

Si possono effettuare analisi di più configurazioni geometriche contemporaneamente; calcoli di più profili; analisi idrauliche in corrispondenza di punti singolari quali ponti, sottopassi ad aperture multiple e manufatti con paratoie. Un'altra operazione consentita dopo aver immesso tutti i dati geometrici necessari, è quella di effettuare la simulazione con l'ausilio di sezioni interpolate che il programma costruisce automaticamente in base a quelle immesse dall'utente ed effettivamente rilevate in sito.

4.2 Modellazione dell'asta del Rio Mogoro

Come anticipato nei capitoli precedenti l'asta del Rio per tutto il tratto che interessa il gli interventi in progetto è stata perimetrata dal PSFF determinando delle ampie aree a pericolosità idraulica anche molto elevata sia sulla destra che sulla sinistra idraulica del Rio Mogoro

Di seguito si riporta una sintesi dei parametri più significativi risultanti dalla modellazione ante e post intervento per le portate relative ai 4 tempi di ritorno, nel presente allegato si mostrano i risultati delle sole sezioni oggetto degli interventi in progetto per i dettagli della modellazione idraulica in moto permanente si rimanda all' **Allegato 1.9 Relazione compatibilità idraulica**, nel quale oltre ai risultati completi sono riportate anche sezioni e profili idraulici di moto permanente per l'intero tratto oggetto della modellazione idraulica.

Tabella 4.1: risultati delle simulazioni idrauliche stato di fatto

Sezione	Progressiva	Profilo	Portata Totale	Quota Fondo canale	Livello idrico	Altezza critica	Velocità deflusso	Area utile al deflusso	Ampiezza massima di deflusso	N° Froude
		TR	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m²]	[m]	
Sezione 1	1717.839	Tr 50 anni	341,00	14,65	18,03	17,91	1,58	460,25	1228,58	0,43
Sezione 1	1717.839	Tr 100 anni	393,00	14,65	18,07	17,94	1,61	507,13	1234,23	0,44
Sezione 1	1717.839	Tr 200 anni	490,00	14,65	18,13	17,98	1,69	582,42	1239,96	0,46
Sezione 1	1717.839	tr 500 anni	644,00	14,65	18,22	18,02	1,82	689,75	1249,04	0,48
Sezione 2	1701.676	Tr 50 anni	341,00	14,61	18,02	17,82	1,43	488,38	1216,52	0,39
Sezione 2	1701.676	Tr 100 anni	393,00	14,61	18,05	17,87	1,48	532,26	1218,53	0,40
Sezione 2	1701.676	Tr 200 anni	490,00	14,61	18,11	17,92	1,58	602,22	1223,16	0,43
Sezione 2	1701.676	tr 500 anni	644,00	14,61	18,19	17,99	1,68	704,86	1230,74	0,46
Sezione 3	1673.188	Tr 50 anni	341,00	14,56	17,94	17,87	1,90	422,19	1185,90	0,52
Sezione 3	1673.188	Tr 100 anni	393,00	14,56	17,97	17,91	1,94	463,17	1192,58	0,53
Sezione 3	1673.188	Tr 200 anni	490,00	14,56	18,03	17,93	2,02	527,28	1198,50	0,55
Sezione 3	1673.188	tr 500 anni	644,00	14,56	18,10	17,99	2,13	622,17	1206,23	0,57

Sezione	Progressiva	Profilo	Portata Totale	Quota Fondo canale	Livello idrico	Altezza critica	Velocità deflusso	Area utile al deflusso	Ampiezza massina di deflusso	N° Froude
		TR	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m²]	[m]	
Sezione 4	1647.182	Tr 50 anni	341,00	14,53	17,82	17,82	2,41	362,71	1136,98	0,62
Sezione 4	1647.182	Tr 100 anni	393,00	14,53	17,85	17,85	2,51	393,60	1148,64	0,64
Sezione 4	1647.182	Tr 200 anni	490,00	14,53	17,91	17,88	2,51	465,18	1167,51	0,64
Sezione 4	1647.182	tr 500 anni	644,00	14,53	18,01	17,94	2,40	584,50	1186,91	0,62
Sezione 5	1631.346	Tr 50 anni	341,00	14,85	17,74	17,72	2,39	344,20	1077,27	0,64
Sezione 5	1631.346	Tr 100 anni	393,00	14,85	17,78	17,73	2,41	394,12	1138,21	0,64
Sezione 5	1631.346	Tr 200 anni	490,00	14,85	17,87	17,80	2,25	501,01	1178,83	0,59
Sezione 5	1631.346	tr 500 anni	644,00	14,85	17,97	17,87	2,25	616,68	1199,62	0,58
Sezione 6	1606.136	Tr 50 anni	341,00	14,64	17,64	17,62	2,33	347,89	1001,71	0,58
Sezione 6	1606.136	Tr 100 anni	393,00	14,64	17,70	17,67	2,26	410,70	1089,92	0,56
Sezione 6	1606.136	Tr 200 anni	490,00	14,64	17,78	17,69	2,33	501,07	1163,64	0,57
Sezione 6	1606.136	tr 500 anni	644,00	14,64	17,89	17,80	2,31	632,16	1189,92	0,55
Sezione 7	1589.06	Tr 50 anni	341,00	14,91	17,64	17,51	1,82	373,04	998,41	0,54
Sezione 7	1589.06	Tr 100 anni	393,00	14,91	17,69	17,54	1,84	426,35	1066,87	0,54
Sezione 7	1589.06	Tr 200 anni	490,00	14,91	17,77	17,59	1,89	509,25	1157,20	0,55
Sezione 7	1589.06	tr 500 anni	644,00	14,91	17,87	17,68	1,94	632,76	1182,01	0,55
Sezione 8	1570.303	Tr 50 anni	341,00	14,91	17,61	17,47	1,53	427,30	987,50	0,46
Sezione 8	1570.303	Tr 100 anni	393,00	14,91	17,67	17,48	1,53	478,67	1006,26	0,45
Sezione 8	1570.303	Tr 200 anni	490,00	14,91	17,73	17,52	1,67	550,55	1090,75	0,49
Sezione 8	1570.303	tr 500 anni	644,00	14,91	17,83	17,60	1,79	666,54	1171,75	0,51
Sezione 9	1543.282	Tr 50 anni	341,00	14,99	17,57	17,36	1,38	425,73	943,88	0,43
Sezione 9	1543.282	Tr 100 anni	393,00	14,99	17,62	17,40	1,41	474,41	986,09	0,44
Sezione 9	1543.282	Tr 200 anni	490,00	14,99	17,68	17,42	1,54	535,26	1028,04	0,47
Sezione 9	1543.282	tr 500 anni	644,00	14,99	17,77	17,50	1,74	633,57	1122,52	0,51
Sezione 10	1529.181	Tr 50 anni	341,00	14,35	17,38	17,38	2,93	297,88	720,78	0,62
Sezione 10	1529.181	Tr 100 anni	393,00	14,35	17,41	17,40	3,14	319,45	752,00	0,66
Sezione 10	1529.181	Tr 200 anni	490,00	14,35	17,53	17,48	2,94	421,63	922,18	0,61
Sezione 10	1529.181	tr 500 anni	644,00	14,35	17,73	17,61	2,05	614,29	1037,98	0,52
Sezione 22	1314.17	Tr 50 anni	341,00	13,94	16,11	16,23	3,98	155,99	457,04	1,33
Sezione 22	1314.17	Tr 100 anni	393,00	13,94	16,14	16,25	4,11	173,17	478,69	1,37
Sezione 22	1314.17	Tr 200 anni	490,00	13,94	16,20	16,32	4,28	201,57	506,75	1,43
Sezione 22	1314.17	tr 500 anni	644,00	13,94	16,29	16,41	4,51	245,62	530,42	1,45
Sezione 23	1300.145	Tr 50 anni	341,00	13,92	15,94	16,09	3,72	169,20	461,13	0,99
Sezione 23	1300.145	Tr 100 anni	393,00	13,92	16,01	16,14	3,69	207,74	554,51	0,97
Sezione 23	1300.145	Tr 200 anni	490,00	13,92	16,11	16,19	3,75	260,74	574,82	0,96
Sezione 23	1300.145	tr 500 anni	644,00	13,92	16,37	16,30	2,98	413,03	607,88	0,71
Sezione 24	1292.305	Tr 50 anni	341,00	13,91	15,87	16,00	3,99	182,66	567,34	1,03
Sezione 24	1292.305	Tr 100 anni	393,00	13,91	15,91	16,02	4,10	204,24	571,36	1,06
Sezione 24	1292.305	Tr 200 anni	490,00	13,91	16,20	16,08	2,37	374,89	588,01	0,62
Sezione 24	1292.305	tr 500 anni	644,00	13,91	16,41	16,17	2,17	499,81	661,52	0,54

Tabella 4.2: risultati delle simulazioni idrauliche stato di progetto

Sezione	Progressiva	Profilo	Portata Totale	Quota Fondo canale	Livello idrico	Altezza critica	Velocità deflusso	Area utile al deflusso	Ampiezza massina di deflusso	N° Froude
		TR	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m²]	[m]	
Sezione 1	1717.839	Tr 50 anni	341,00	14,63	18,03	17,94	1,64	461,02	1228,89	0,42
Sezione 1	1717.839	Tr 100 anni	393,00	14,63	18,06	17,96	1,72	503,31	1233,54	0,44
Sezione 1	1717.839	Tr 200 anni	490,00	14,63	18,12	17,98	1,81	580,50	1239,26	0,45
Sezione 1	1717.839	tr 500 anni	644,00	14,63	18,21	18,05	1,95	688,34	1248,89	0,48
Sezione 2	1701.676	Tr 50 anni	341,00	14,61	18,01	17,93	1,50	492,58	1215,67	0,38
Sezione 2	1701.676	Tr 100 anni	393,00	14,61	18,04	17,93	1,59	531,39	1217,10	0,40
Sezione 2	1701.676	Tr 200 anni	490,00	14,61	18,10	17,94	1,71	603,41	1220,94	0,42
Sezione 2	1701.676	tr 500 anni	644,00	14,61	18,19	17,99	1,86	705,25	1227,92	0,45
Sezione 3	1673.188	Tr 50 anni	341,00	14,57	17,93	17,89	2,02	416,61	1179,53	0,51
Sezione 3	1673.188	Tr 100 anni	393,00	14,57	17,94	17,90	2,24	429,51	1183,80	0,57
Sezione 3	1673.188	Tr 200 anni	490,00	14,57	18,00	17,93	2,28	507,10	1192,86	0,57
Sezione 3	1673.188	tr 500 anni	644,00	14,57	18,09	18,01	2,36	608,83	1201,81	0,58
Sezione 4	1647.182	Tr 50 anni	341,00	14,54	17,89	17,87	1,83	449,33	1165,09	0,47
Sezione 4	1647.182	Tr 100 anni	393,00	14,54	17,87	17,87	2,23	428,40	1158,28	0,57
Sezione 4	1647.182	Tr 200 anni	490,00	14,54	17,91	17,87	2,46	473,92	1171,42	0,62
Sezione 4	1647.182	tr 500 anni	644,00	14,54	18,00	17,90	2,51	578,16	1186,86	0,63
Sezione 5	1631.346	Tr 50 anni	341,00	14,50	17,77	17,77	2,61	384,19	1109,41	0,53
Sezione 5	1631.346	Tr 100 anni	393,00	14,50	17,84	17,83	1,98	466,71	1170,28	0,51
Sezione 5	1631.346	Tr 200 anni	490,00	14,50	17,88	17,83	2,18	517,88	1181,96	0,55
Sezione 5	1631.346	tr 500 anni	644,00	14,50	17,97	17,86	2,29	616,91	1199,62	0,57
Sezione 6	1606.136	Tr 50 anni	341,00	14,47	17,61	17,69	3,11	304,45	928,56	0,64
Sezione 6	1606.136	Tr 100 anni	393,00	14,47	17,81	17,72	1,62	518,12	1169,33	0,44
Sezione 6	1606.136	Tr 200 anni	490,00	14,47	17,84	17,76	1,86	554,35	1179,15	0,50
Sezione 6	1606.136	tr 500 anni	644,00	14,47	17,91	17,79	2,01	643,24	1192,73	0,53
Sezione 7	1589.06	Tr 50 anni	341,00	14,44	17,52	17,55	3,25	271,86	740,08	0,68
Sezione 7	1589.06	Tr 100 anni	393,00	14,44	17,60	17,59	3,10	333,53	913,05	0,64
Sezione 7	1589.06	Tr 200 anni	490,00	14,44	17,79	17,71	2,02	537,51	1163,05	0,52
Sezione 7	1589.06	tr 500 anni	644,00	14,44	17,86	17,78	2,16	620,59	1172,45	0,56
Sezione 8	1570.303	Tr 50 anni	341,00	14,41	17,56	17,52	2,40	380,71	936,70	0,50
Sezione 8	1570.303	Tr 100 anni	393,00	14,41	17,62	17,56	2,41	435,40	972,18	0,49
Sezione 8	1570.303	Tr 200 anni	490,00	14,41	17,73	17,62	2,38	547,64	1065,04	0,48
Sezione 8	1570.303	tr 500 anni	644,00	14,41	17,83	17,74	2,03	655,04	1161,61	0,52
Sezione 9	1543.282	Tr 50 anni	341,00	14,37	17,56	17,38	1,47	429,01	932,43	0,42
Sezione 9	1543.282	Tr 100 anni	393,00	14,37	17,62	17,40	1,51	478,18	981,56	0,42
Sezione 9	1543.282	Tr 200 anni	490,00	14,37	17,68	17,42	1,65	538,22	1025,83	0,46
Sezione 9	1543.282	tr 500 anni	644,00	14,37	17,77	17,49	1,85	634,32	1113,73	0,50
Sezione 10	1529.181	Tr 50 anni	341,00	14,35	17,38	17,38	2,93	297,87	720,77	0,62
Sezione 10	1529.181	Tr 100 anni	393,00	14,35	17,41	17,40	3,14	319,43	751,98	0,66
Sezione 10	1529.181	Tr 200 anni	490,00	14,35	17,53	17,48	2,93	422,56	923,26	0,60
Sezione 10	1529.181	tr 500 anni	644,00	14,35	17,73	17,61	2,05	614,27	1037,98	0,52
Sezione 22	1314.17	Tr 50 anni	341,00	13,94	16,11	16,23	3,98	155,99	457,04	1,33
Sezione 22	1314.17	Tr 100 anni	393,00	13,94	16,14	16,25	4,11	173,17	478,69	1,37

Sezione	Progressiva	Profilo	Portata Totale	Quota Fondo canale	Livello idrico	Altezza critica	Velocità deflusso	Area utile al deflusso	Ampiezza massina di deflusso	N° Froude
		TR	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m²]	[m]	
Sezione 22	1314.17	Tr 200 anni	490,00	13,94	16,20	16,32	4,28	201,57	506,75	1,43
Sezione 22	1314.17	tr 500 anni	644,00	13,94	16,29	16,41	4,51	245,62	530,42	1,45
Sezione 23	1300.145	Tr 50 anni	341,00	13,92	15,94	16,09	3,72	169,20	461,13	0,99
Sezione 23	1300.145	Tr 100 anni	393,00	13,92	16,01	16,14	3,69	207,74	554,51	0,97
Sezione 23	1300.145	Tr 200 anni	490,00	13,92	16,11	16,19	3,75	260,74	574,82	0,96
Sezione 23	1300.145	tr 500 anni	644,00	13,92	16,37	16,30	2,98	413,03	607,88	0,71
Sezione 24	1292.305	Tr 50 anni	341,00	13,91	15,87	16,00	3,99	182,66	567,34	1,03
Sezione 24	1292.305	Tr 100 anni	393,00	13,91	15,91	16,02	4,10	204,24	571,36	1,06
Sezione 24	1292.305	Tr 200 anni	490,00	13,91	16,20	16,08	2,37	374,89	588,01	0,62
Sezione 24	1292.305	tr 500 anni	644,00	13,91	16,41	16,17	2,17	499,81	661,52	0,54

Come si evince dalle tabelle soprariportate gli interventi non modificano in maniera sostanziale le condizioni di deflusso del Rio Mogoro, per quanto si segnalano una riduzione dell'ampiezze delle aree interessate da esondazione in corrispondenza dei tratti oggetto di intervento soprattutto nei tratti di monte, tra la sezione 1 e la sezione 10 di progetto, e un profilo di corrente più regolare nello stato di progetto. Le velocità raramente superano i 4 m/s e solo localmente in corrispondenza di tratti in cui sponde sono rivestite con mantellate sino a raccordarsi con il tratto oggetto degli interventi del I stralcio.

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche idrauliche su portate congruenti con le sezioni del tratto in due stati d'acqua definiti: contenimento nell'alveo, pari a 110 mc/s, e non superamento degli argini, pari a 240 mc/s, per l'intero tratto oggetto degli interventi sia del primo (sfondo giallo) che del secondo stralcio (sfondo verde).

La modellazione per le portate contenute in alveo conferma che tra la situazione ex ante ed ex post non si peggiorano le condizioni di deflusso, si hanno limitatamente ai tratti oggetto degli interventi in progetto dei livelli idrici più bassi e delle velocità perfettamente in linea se non inferiori a quelle della situazione ex ante.

Un altro aspetto che si può notare dalla tabella situazione ex post è che la superficie utile al deflusso per la portata dei 240 m³/s, contenuta dagli argini, arriva praticamente ai 60 m², questo è importante da sottolineare perché il PGRA negli "Scenari di intervento strategico e coordinato Rio Mogoro", approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale n. 1 del 11.12.2018, prevede per il "**Tronco intermedio**" del Rio Mogoro compreso tra l'immissione del rio Sassu e quella del Canale delle Acque Alte, tra gli interventi prevede la ricalibrazione dell'alveo con sezione avente area complessiva di 60 m², quindi gli interventi in progetto sono congruenti con quanto previsto dalla succitata deliberazione.

Tabella 4.3: risultati delle simulazioni idrauliche portate contenute in alveo stato di fatto

Sezione	Progressiva	Profilo	Portata Totale	Quota Fondo canale	Livello idrico	Battente idrico	Altezza critica	Velocità deflusso	Area utile al deflusso	Ampiezza massina di deflusso
		TR	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m²]	[m]
Sezione 1	1717.839	110 mc	110,00	14,65	17,24	2,59	17,24	4,11	26,77	15,54
Sezione 1	1717.839	240 mc	240,00	14,65	18,48	3,83	18,48	4,03	59,54	35,95
Sezione 2	1701.676	110 mc	110,00	14,61	17,22	2,61	17,22	4,05	27,15	16,18
Sezione 2	1701.676	240 mc	240,00	14,61	18,47	3,86	18,47	4,05	59,27	35,52
Sezione 3	1673.188	110 mc	110,00	14,56	17,25	2,69	17,25	3,91	28,13	18,11
Sezione 3	1673.188	240 mc	240,00	14,56	18,37	3,81	18,37	4,01	59,82	36,43
Sezione 4	1647.182	110 mc	110,00	14,53	17,20	2,67	17,20	3,86	28,48	18,73
Sezione 4	1647.182	240 mc	240,00	14,53	18,35	3,82	18,35	4,07	58,95	34,88
Sezione 5	1631.346	110 mc	110,00	14,85	17,28	2,43	17,28	3,66	30,02	21,94
Sezione 5	1631.346	240 mc	240,00	14,85	18,21	3,36	18,24	4,16	57,70	34,11
Sezione 6	1606.136	110 mc	110,00	14,64	16,15	1,51	16,57	5,27	20,86	18,12
Sezione 6	1606.136	240 mc	240,00	14,64	17,19	2,55	17,70	5,53	43,40	28,08
Sezione 7	1589.06	110 mc	110,00	14,91	17,15	2,24	17,15	3,61	30,51	22,98
Sezione 7	1589.06	240 mc	240,00	14,91	18,07	3,16	18,07	3,74	64,20	45,09
Sezione 8	1570.303	110 mc	110,00	14,91	17,15	2,24	17,15	3,61	30,51	22,98
Sezione 8	1570.303	240 mc	240,00	14,91	18,06	3,15	18,06	3,76	63,91	44,39
Sezione 9	1543.282	110 mc	110,00	14,99	17,47	2,48	17,47	3,08	35,72	37,00
Sezione 9	1543.282	240 mc	240,00	14,99	18,16	3,17	18,16	3,78	64,20	45,83
Sezione 10	1529.181	110 mc	110,00	14,35	15,88	1,53	16,42	5,86	18,76	14,59
Sezione 10	1529.181	240 mc	240,00	14,35	17,89	3,54	17,93	4,20	57,14	33,29
Sezione 11	1501.858	110 mc	110,00	14,29	16,36	2,07	16,36	4,05	27,16	16,22
Sezione 11	1501.858	240 mc	240,00	14,29	17,87	3,58	17,87	4,14	58,02	33,24
Sezione 12	1477.908	110 mc	110,00	14,25	16,32	2,07	16,32	4,05	27,13	16,21
Sezione 12	1477.908	240 mc	240,00	14,25	17,52	3,27	17,52	4,92	48,80	19,82
Sezione 13	1462.844	110 mc	110,00	14,21	16,28	2,07	16,28	4,05	27,14	16,22
Sezione 13	1462.844	240 mc	240,00	14,21	17,79	3,58	17,79	4,08	58,87	34,74
Sezione 14	1435.556	110 mc	110,00	14,18	16,25	2,07	16,25	4,05	27,15	16,22
Sezione 14	1435.556	240 mc	240,00	14,18	17,75	3,57	17,75	4,16	57,67	32,71
Sezione 15	1418.136	110 mc	110,00	14,15	16,22	2,07	16,22	4,05	27,13	16,16
Sezione 15	1418.136	240 mc	240,00	14,15	17,43	3,28	17,43	4,92	48,78	19,74
Sezione 16	1395.965	110 mc	110,00	14,10	16,17	2,07	16,17	4,05	27,14	16,22
Sezione 16	1395.965	240 mc	240,00	14,10	17,68	3,58	17,68	4,10	58,49	34,04
Sezione 17	1379.71	110 mc	110,00	14,07	16,14	2,07	16,14	4,05	27,15	16,22
Sezione 17	1379.71	240 mc	240,00	14,07	17,64	3,57	17,64	4,16	57,71	32,71
Sezione 18	1363.916	110 mc	110,00	14,04	16,11	2,07	16,11	4,05	27,17	16,22

Sezione	Progressiva	Profilo	Portata Totale	Quota Fondo canale	Livello idrico	Battente idrico	Altezza critica	Velocità deflusso	Area utile al deflusso	Ampiezza massina di deflusso
		TR	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m²]	[m]
Sezione 18	1363.916	240 mc	240,00	14,04	17,61	3,57	17,61	4,16	57,67	32,72
Sezione 19	1352.713	110 mc	110,00	14,02	16,09	2,07	16,09	4,05	27,19	16,23
Sezione 19	1352.713	240 mc	240,00	14,02	17,29	3,27	17,29	4,91	48,84	19,83
Sezione 20	1337.405	110 mc	110,00	14,00	16,07	2,07	16,07	4,05	27,15	16,22
Sezione 20	1337.405	240 mc	240,00	14,00	17,27	3,27	17,27	4,92	48,82	19,83
Sezione 21	1323.673	110 mc	110,00	13,95	16,02	2,07	16,02	4,05	27,15	16,19
Sezione 21	1323.673	240 mc	240,00	13,95	17,53	3,58	17,53	4,16	57,68	32,69
Sezione 22	1314.17	110 mc	110,00	13,94	16,18	2,24	16,23	3,20	34,38	37,70
Sezione 22	1314.17	240 mc	240,00	13,94	16,32	2,38	16,87	6,04	39,74	39,17
Sezione 23	1300.145	110 mc	110,00	13,92	15,01	1,09	15,43	5,19	21,21	24,63
Sezione 23	1300.145	240 mc	240,00	13,92	15,61	1,69	16,26	6,43	37,34	30,25
Sezione 24	1292.305	110 mc	110,00	13,91	15,51	1,60	15,51	3,62	30,42	22,83
Sezione 24	1292.305	240 mc	240,00	13,91	16,51	2,60	16,51	4,06	59,05	35,01
Sezione 25	1279.848	110 mc	110,00	13,88	15,95	2,07	15,95	4,05	27,18	16,23
Sezione 25	1279.848	240 mc	240,00	13,88	17,46	3,58	17,46	4,11	58,36	33,76
Sezione 26	1255.72	110 mc	110,00	13,85	15,92	2,07	15,92	4,05	27,17	16,22
Sezione 26	1255.72	240 mc	240,00	13,85	17,42	3,57	17,42	4,16	57,67	32,71
Sezione 27	1238.038	110 mc	110,00	13,82	15,89	2,07	15,89	4,05	27,13	16,22
Sezione 27	1238.038	240 mc	240,00	13,82	17,39	3,57	17,39	4,16	57,68	32,72
Sezione 28	1214.681	110 mc	110,00	13,78	15,85	2,07	15,85	4,05	27,14	16,22
Sezione 28	1214.681	240 mc	240,00	13,78	17,06	3,28	17,06	4,91	48,86	19,84
Sezione 29	1193.425	110 mc	110,00	13,74	15,81	2,07	15,81	4,05	27,16	16,22
Sezione 29	1193.425	240 mc	240,00	13,74	17,01	3,27	17,01	4,92	48,82	19,83
Sezione 30	1156.93	110 mc	110,00	13,68	15,75	2,07	15,75	4,05	27,13	16,22
Sezione 30	1156.93	240 mc	240,00	13,68	17,25	3,57	17,25	4,16	57,72	32,71
Sezione 31	1126.697	110 mc	110,00	13,61	15,68	2,07	15,68	4,05	27,15	16,20
Sezione 31	1126.697	240 mc	240,00	13,61	16,88	3,27	16,88	4,92	48,79	19,80
Sezione 32	1103.932	110 mc	110,00	13,58	15,65	2,07	15,65	4,05	27,18	16,22
Sezione 32	1103.932	240 mc	240,00	13,58	16,85	3,27	16,85	4,91	48,85	19,83
Sezione 33	1075.697	110 mc	110,00	13,53	15,60	2,07	15,60	4,05	27,14	16,20
Sezione 33	1075.697	240 mc	240,00	13,53	16,81	3,28	16,81	4,92	48,82	19,81
Sezione 34	1056.516	110 mc	110,00	13,50	15,58	2,08	15,58	4,05	27,16	16,16
Sezione 34	1056.516	240 mc	240,00	13,50	16,78	3,28	16,78	4,92	48,74	19,73
Sezione 35	1030.331	110 mc	110,00	13,44	15,51	2,07	15,51	4,05	27,14	16,22
Sezione 35	1030.331	240 mc	240,00	13,44	16,72	3,28	16,72	4,91	48,87	19,84

Sezione	Progressiva	Profilo	Portata Totale	Quota Fondo canale	Livello idrico	Battente idrico	Altezza critica	Velocità deflusso	Area utile al deflusso	Ampiezza massina di deflusso
		TR	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m²]	[m]
Sezione 36	1000.246	110 mc	110,00	13,39	15,46	2,07	15,46	4,05	27,16	16,21
Sezione 36	1000.246	240 mc	240,00	13,39	17,00	3,61	17,00	4,01	59,84	36,51
Sezione 37	977.6809	110 mc	110,00	13,35	15,42	2,07	15,42	4,05	27,16	16,22
Sezione 37	977.6809	240 mc	240,00	13,35	16,62	3,27	16,62	4,92	48,81	19,83
Sezione 38	960.3029	110 mc	110,00	13,32	15,39	2,07	15,39	4,05	27,16	16,22
Sezione 38	960.3029	240 mc	240,00	13,32	16,59	3,27	16,59	4,92	48,82	19,83

Tabella 4.4: risultati delle simulazioni idrauliche portate contenute in alveo stato di progetto

Sezione	Progressiva	Profilo	Portata Totale	Quota Fondo canale	Livello idrico	Battente idrico	Altezza critica	Velocità deflusso	Area utile al deflusso	Ampiezza massina di deflusso
		TR	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m²]	[m]
Sezione 1	1717.839	110 mc	110,00	14,65	16,70	2,07	16,70	4,05	27,15	16,22
Sezione 1	1717.839	240 mc	240,00	14,65	18,22	3,59	18,22	4,09	58,72	34,53
Sezione 2	1701.676	110 mc	110,00	14,61	16,68	2,07	16,68	4,05	27,14	16,24
Sezione 2	1701.676	240 mc	240,00	14,61	18,19	3,58	18,19	4,10	58,53	34,10
Sezione 3	1673.188	110 mc	110,00	14,56	16,64	2,07	16,64	4,05	27,15	16,23
Sezione 3	1673.188	240 mc	240,00	14,56	18,16	3,59	18,16	4,09	58,72	34,39
Sezione 4	1647.182	110 mc	110,00	14,53	16,61	2,07	16,61	4,05	27,13	16,22
Sezione 4	1647.182	240 mc	240,00	14,53	17,81	3,27	17,81	4,91	48,83	19,83
Sezione 5	1631.346	110 mc	110,00	14,85	16,57	2,07	16,57	4,05	27,15	16,22
Sezione 5	1631.346	240 mc	240,00	14,85	18,08	3,58	18,08	4,12	58,26	33,69
Sezione 6	1606.136	110 mc	110,00	14,64	16,54	2,07	16,54	4,05	27,15	16,23
Sezione 6	1606.136	240 mc	240,00	14,64	18,07	3,60	18,07	4,05	59,21	35,31
Sezione 7	1589.06	110 mc	110,00	14,91	16,51	2,07	16,51	4,05	27,15	16,20
Sezione 7	1589.06	240 mc	240,00	14,91	17,71	3,27	17,71	4,92	48,78	19,80
Sezione 8	1570.303	110 mc	110,00	14,91	16,48	2,07	16,48	4,05	27,14	16,22
Sezione 8	1570.303	240 mc	240,00	14,91	17,68	3,27	17,68	4,91	48,84	19,83
Sezione 9	1543.282	110 mc	110,00	14,99	16,44	2,07	16,44	4,05	27,14	16,19
Sezione 9	1543.282	240 mc	240,00	14,99	17,65	3,28	17,65	4,92	48,80	19,78
Sezione 10	1529.181	110 mc	110,00	14,35	16,42	2,07	16,42	4,05	27,17	16,23
Sezione 10	1529.181	240 mc	240,00	14,35	17,93	3,58	17,93	4,13	58,15	33,47
Sezione 11	1501.858	110 mc	110,00	14,29	16,36	2,07	16,36	4,05	27,16	16,22
Sezione 11	1501.858	240 mc	240,00	14,29	17,87	3,58	17,87	4,14	58,02	33,24
Sezione 12	1477.908	110 mc	110,00	14,25	16,32	2,07	16,32	4,05	27,13	16,21
Sezione 12	1477.908	240 mc	240,00	14,25	17,52	3,27	17,52	4,92	48,80	19,82
Sezione 13	1462.844	110 mc	110,00	14,21	16,28	2,07	16,28	4,05	27,14	16,22
Sezione 13	1462.844	240 mc	240,00	14,21	17,79	3,58	17,79	4,13	58,12	33,46

Sezione	Progressiva	Profilo	Portata Totale	Quota Fondo canale	Livello idrico	Battente idrico	Altezza critica	Velocità deflusso	Area utile al deflusso	Ampiezza massina di deflusso
		TR	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m²]	[m]
Sezione 14	1435.556	110 mc	110,00	14,18	16,25	2,07	16,25	4,05	27,15	16,22
Sezione 14	1435.556	240 mc	240,00	14,18	17,75	3,57	17,75	4,16	57,67	32,71
Sezione 15	1418.136	110 mc	110,00	14,15	16,22	2,07	16,22	4,05	27,13	16,16
Sezione 15	1418.136	240 mc	240,00	14,15	17,43	3,28	17,43	4,92	48,78	19,74
Sezione 16	1395.965	110 mc	110,00	14,10	16,17	2,07	16,17	4,05	27,14	16,22
Sezione 16	1395.965	240 mc	240,00	14,10	17,68	3,58	17,68	4,10	58,49	34,04
Sezione 17	1379.71	110 mc	110,00	14,07	16,14	2,07	16,14	4,05	27,15	16,22
Sezione 17	1379.71	240 mc	240,00	14,07	17,64	3,57	17,64	4,16	57,71	32,71
Sezione 18	1363.916	110 mc	110,00	14,04	16,11	2,07	16,11	4,05	27,17	16,22
Sezione 18	1363.916	240 mc	240,00	14,04	17,61	3,57	17,61	4,16	57,68	32,72
Sezione 19	1352.713	110 mc	110,00	14,02	16,09	2,07	16,09	4,05	27,19	16,23
Sezione 19	1352.713	240 mc	240,00	14,02	17,29	3,27	17,29	4,91	48,84	19,83
Sezione 20	1337.405	110 mc	110,00	14,00	16,07	2,07	16,07	4,05	27,15	16,22
Sezione 20	1337.405	240 mc	240,00	14,00	17,27	3,27	17,27	4,92	48,82	19,83
Sezione 21	1323.673	110 mc	110,00	13,95	16,02	2,07	16,02	4,05	27,15	16,19
Sezione 21	1323.673	240 mc	240,00	13,95	17,53	3,58	17,53	4,16	57,68	32,69
Sezione 22	1314.17	110 mc	110,00	13,94	16,23	2,29	16,23	3,02	36,41	39,12
Sezione 22	1314.17	240 mc	240,00	13,94	16,37	2,43	16,87	5,73	41,89	39,20
Sezione 23	1300.145	110 mc	110,00	13,92	15,11	1,19	15,43	4,64	23,70	25,22
Sezione 23	1300.145	240 mc	240,00	13,92	15,86	1,94	16,26	5,30	45,29	33,27
Sezione 24	1292.305	110 mc	110,00	13,91	15,51	1,60	15,51	3,62	30,42	22,83
Sezione 24	1292.305	240 mc	240,00	13,91	16,51	2,60	16,51	4,06	59,05	35,01
Sezione 25	1279.848	110 mc	110,00	13,88	15,95	2,07	15,95	4,05	27,18	16,23
Sezione 25	1279.848	240 mc	240,00	13,88	17,46	3,58	17,46	4,11	58,36	33,76
Sezione 26	1255.72	110 mc	110,00	13,85	15,92	2,07	15,92	4,05	27,17	16,22
Sezione 26	1255.72	240 mc	240,00	13,85	17,42	3,57	17,42	4,16	57,67	32,71
Sezione 27	1238.038	110 mc	110,00	13,82	15,89	2,07	15,89	4,05	27,13	16,22
Sezione 27	1238.038	240 mc	240,00	13,82	17,39	3,57	17,39	4,16	57,68	32,72
Sezione 28	1214.681	110 mc	110,00	13,78	15,85	2,07	15,85	4,05	27,14	16,22
Sezione 28	1214.681	240 mc	240,00	13,78	17,06	3,28	17,06	4,91	48,86	19,84
Sezione 29	1193.425	110 mc	110,00	13,74	15,81	2,07	15,81	4,05	27,16	16,22
Sezione 29	1193.425	240 mc	240,00	13,74	17,01	3,27	17,01	4,92	48,82	19,83
Sezione 30	1156.93	110 mc	110,00	13,68	15,75	2,07	15,75	4,05	27,13	16,22
Sezione 30	1156.93	240 mc	240,00	13,68	17,25	3,57	17,25	4,16	57,72	32,71
Sezione 31	1126.697	110 mc	110,00	13,61	15,68	2,07	15,68	4,05	27,15	16,20
Sezione 31	1126.697	240 mc	240,00	13,61	16,88	3,27	16,88	4,92	48,79	19,80

Sezione	Progressiva	Profilo	Portata Totale	Quota Fondo canale	Livello idrico	Battente idrico	Altezza critica	Velocità deflusso	Area utile al deflusso	Ampiezza massina di deflusso
		TR	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m²]	[m]
Sezione 32	1103.932	110 mc	110,00	13,58	15,65	2,07	15,65	4,05	27,17	16,22
Sezione 32	1103.932	240 mc	240,00	13,58	16,85	3,27	16,85	4,91	48,85	19,83
Sezione 33	1075.697	110 mc	110,00	13,53	15,60	2,07	15,60	4,05	27,14	16,20
Sezione 33	1075.697	240 mc	240,00	13,53	16,81	3,28	16,81	4,92	48,82	19,81
Sezione 34	1056.516	110 mc	110,00	13,50	15,58	2,08	15,58	4,05	27,16	16,16
Sezione 34	1056.516	240 mc	240,00	13,50	16,78	3,28	16,78	4,92	48,74	19,73
Sezione 35	1030.331	110 mc	110,00	13,44	15,51	2,07	15,51	4,05	27,14	16,22
Sezione 35	1030.331	240 mc	240,00	13,44	16,72	3,28	16,72	4,91	48,87	19,84
Sezione 36	1000.246	110 mc	110,00	13,39	15,46	2,07	15,46	4,05	27,16	16,21
Sezione 36	1000.246	240 mc	240,00	13,39	17,00	3,61	17,00	4,01	59,84	36,51
Sezione 37	977.6809	110 mc	110,00	13,35	15,42	2,07	15,42	4,05	27,16	16,22
Sezione 37	977.6809	240 mc	240,00	13,35	16,62	3,27	16,62	4,92	48,81	19,83
Sezione 38	960.3029	110 mc	110,00	13,32	15,39	2,07	15,39	4,05	27,16	16,22
Sezione 38	960.3029	240 mc	240,00	13,32	16,59	3,27	16,59	4,92	48,82	19,83

5 Trasporto solido in alveo

Il calcolo della capacità di trasporto solido della corrente idrica è stato condotto utilizzando le espressioni di letteratura scientifica, nel rispetto delle ipotesi per cui sono state derivate, che si basano sul calcolo dell'eccesso di portata o di sforzo al fondo della corrente liquida rispetto a valori soglia caratteristiche della granulometria. Il calcolo della capacità di trasporto è stato condotto per le portate di contenimento in alveo, pressappoco coincidente con la portata caratteristica e pari alla Q_2 , la portata con tempo di ritorno pari a 2 anni, e di non superamento del coronamento arginale, conformemente a quanto utilizzato per le verifiche idrauliche.

L'analisi della capacità di trasporto solido viene condotta a partire dai risultati dello studio idraulico, svolto sulla base del modello numerico HEC-RAS, implementato con i tre campioni granulometrici eseguiti.

Tralasciando l'analisi quantitativa, affetta da significative incertezze, è evidente come la sistemazione del tratto fluviale diminuisca e regolarizzi la capacità di trasporto solido, lasciando prevedere che gli inevitabili aggiustamenti nella ricerca dell'equilibrio dinamico del sistema corrente-alveo, possibili grazie alla erodibilità delle sponde e fondo non rivestiti, non assumeranno effetti parossistici tali da mettere a rischio la stabilità arginale.

Le tabelle a seguire presentano i valori delle capacità di trasporto per le sezioni individuate nello stato di fatto, per le due portate di riferimento (110 e 240 mc/s). I valori esprimono la capacità di trasporto per unità di tempo in volume solido (m^3/s), di peso specifico convenzionalmente assunto pari a $2650 \text{ kg}/m^3$.

Dalla lettura dei grafici sotto riportati si desume che dopo l'intervento di sistemazione la capacità media di trasporto solido del tratto non varia sensibilmente e diminuirà l'entità di depositi ed erosioni. Tale previsioni, comunque, sono affette da incertezza dovuta all'eterogeneità delle grandezze in gioco (omogeneità, granulometria e coesione dei materiali, copertura vegetale, regime pluviometrico, densità dell'acqua, temperatura, ecc.) e sarà pertanto necessario prevedere il monitoraggio del fiume negli anni a venire per individuare tempestivamente potenziali criticità.

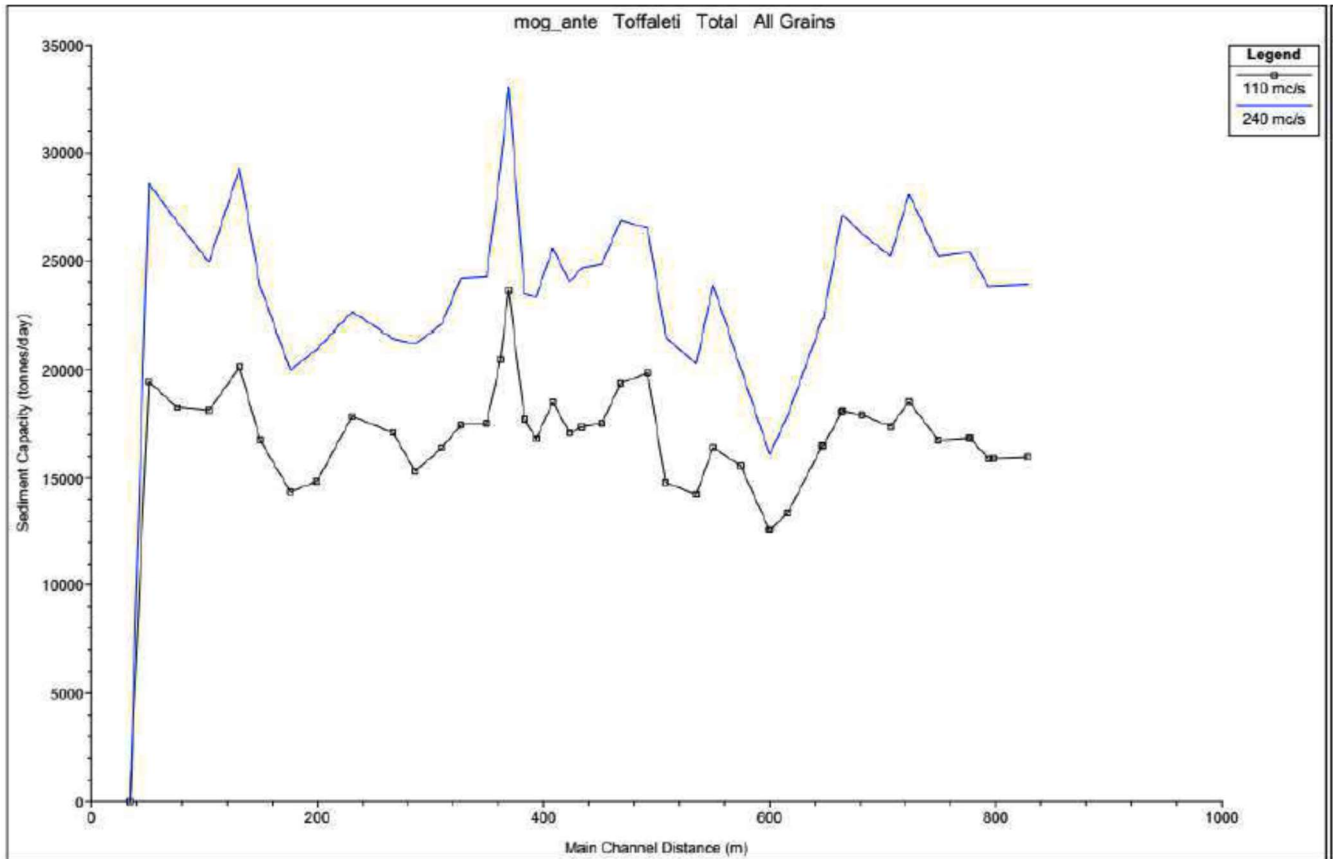


Figura 5.1: Stima della capacità di trasporto solido prima dell'intervento di sistemazione

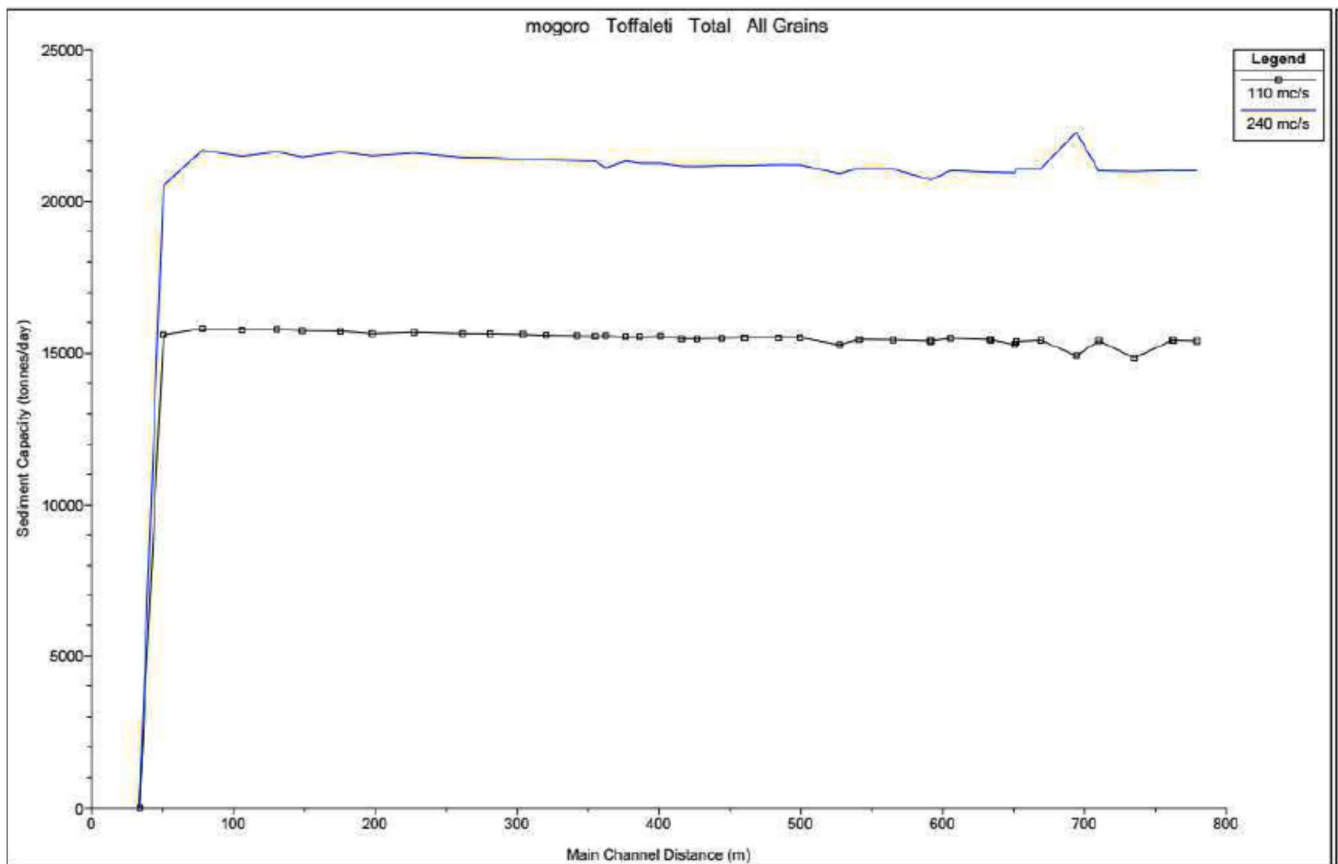


Figura 5.2: Stima della capacità di trasporto solido subito dopo l'intervento di sistemazione

6 Verifica all'erosione

Ai fini della verifica degli effetti antierosivi delle protezioni spondali è necessario valutare se lo sforzo tangenziale effettivo prodotto dalla corrente su in ciascun punto della sezione sia minore dello sforzo tangenziale massimo ammissibile agente sulla superficie dell'alveo. Il metodo delle tensioni di trascinamento asserisce che se lo sforzo tangenziale effettivo è maggiore dello sforzo tangenziale massimo tollerabile dalla superficie, avviene un trasporto dinamico delle sostanze colloidali e successivamente del materiale più grossolano. L'erosione crea instabilità su un tratto di sponda e successivamente progredisce interessando aree più estese. Gli sforzi tangenziali massimi tollerabili dipendono dal tipo di protezione e dalla loro resistenza alla corrente.

Lo sforzo tangenziale effettivo agente su ogni punto della superficie bagnata viene calcolato usando la seguente formula:

$$\tau_b = k_1 k_2 \gamma_w y_i i_{\text{fiume}}$$

Dove:

k_1 = coefficiente di curvatura (maggiore di 1 solamente per punti situati su tratti pendenti esterni di argini curvi). In questo caso i valori suggeriti vengono riportati nella tabella 1

k_2 = coefficiente angolare : 1 per punti situati su superfici orizzontali, 0.75 per superfici inclinate

γ_w = peso specifico dell'acqua

y_i = livello dell'acqua nel punto considerato (approssimazione valida per alvei larghi)

i_{fiume} = pendenza dell'alveo lungo il tratto preso in esame

Nel coefficiente k_1 viene considerato un incremento di sforzo tangenziale sulla sponda esterna di un tratto in curva come conseguenza dell'accelerazione centrifuga. I valori del coefficiente k_1 sono riportati nella letteratura e dipendono dalla curvatura e dalla larghezza del corso d'acqua.

Tabella 6.1: coefficienti di curvatura K_1

Raggio di curvatura / Larghezza W.S.	Coefficienti di curvatura K_1
8.0	1.2
6.0	1.4
4.5	1.6
3.2	1.8
2.0	2.0

I tratti in esame sono curvi con il rapporto di cui alla prima colonna pari a 6, pertanto il coefficiente k_1 viene assunto pari a 1.4

Il coefficiente k_2 viene assunto pari a 0.75

Poiché il valore dello sforzo di taglio effettivo varia in funzione dell'altezza del livello dell'acqua nel punto di rilevamento y_i , viene valutato il valore, nella sezione di calcolo, nel suo punto più basso. La resistenza agli sforzi tangenziali dei materiali viene riportata nella tabella sottostante.

	Non Vegetato		Vegetato	
	Scabrezza	Sforzo tollerato N/m ²	Scabrezza	Sforzo tollerato N/m ²
Sabbia fine	0.0200	3.50	N/A	N/A
Sabbia e ghiaia	0.0200	15.30	N/A	N/A
Ghiaia grossolana	0.0250	32.00	N/A	N/A
Ciottoli e ghiaia	0.0350	52.60	N/A	N/A
Argilla coesiva (coesiva)	0.0250	22.00	N/A	N/A
Argilla friabile (coesiva)	0.0250	32.00	N/A	N/A
Limo e ciottoli (coesivi)	0.0300	38.00	N/A	N/A
Ciottoli erbosi	0.0400	10.00	0.050	30.00
Talee – Arbusti	0.1000	10.00	0.400	60.00
Copertura diffusa	0.1000	50.00	0.400	300.00
Viminate – Graticciate	0.1000	10.00	0.400	50.00
Ribalta viva	0.1000	20.00	0.400	100.00
Gabbioni 0.50m (18")	0.0301	470.40	0.200	500.00
Gabbioni 1.00m (36")	0.0301	470.40	0.200	500.00
Materasso 0.15-0.17m (6")	0.0277	224.00	0.300	400.00
Materasso 0.23-0.25m (9")	0.0277	268.80	0.300	450.00
Materasso 0.30m (12")	0.0277	336.00	0.300	450.00

Tabella 6.2: materiali standard naturali del suolo

I valori suggeriti sono tratti dalla letteratura e basati sui più comuni sistemi di progettazione in uso per ogni prodotto.

Le ricerche disponibili sul comportamento dei gabbioni e dei materassi permettono lo sviluppo di criteri di progettazione nel caso in cui non siano coperti di vegetazione. Ricerche condotte su gabbioni e materassi coperti da vegetazione dimostrano che nella maggior parte dei casi la formazione della vegetazione è accompagnata dalla formazione di uno strato di suolo solido e compatto le cui rocce e radici sono in grado di dissipare gli sforzi tangenziali.

Per quanto riguarda i materassi e i gabbioni privi di vegetazione, le ricerche condotte dal Engineering Research Center in Fort Collins, Colorado (1984), hanno portato a calcolare gli sforzi tangenziali utilizzando la seguente formula:

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

Dove

C^* Coefficiente di Shields (0.14)

γ_s Peso specifico delle rocce di riempimento (24-26 kN/m³)

γ_w Peso specifico dell'acqua

d_m Diametro medio delle rocce di riempimento

$K_s (1 - \sin^2 \theta / \sin^2 \varphi)^{1/2}$ [θ angolo di scarpata, $\varphi = 60^\circ$]

Sulle sponde l'effetto di confinamento della rete sul pietrame incrementerà la sua resistenza agli sforzi tangenziali, ciò non accade per il materiale sciolto poiché la forza di gravità ridurrà la resistenza agli sforzi tangenziali sul piano inclinato. Di conseguenza la resistenza allo sforzo tangenziale su superfici inclinate verrà calcolata utilizzando un coefficiente convenzionale di riduzione K_s per il materiale sciolto, assumendo un angolo fittizio di 60° per il materiale confinato (gabbioni e materassi Reno). Nel caso in cui l'inclinazione degli argini sia maggiore di 45° ($\varphi > 45^\circ$) il fattore di riduzione verrà considerato costante ($K_s = 0.57$).

	Diam. (d50) [m]	Spessore [m]	γ_s kN/m ³	γ_w kN/m ³	C Shields
Gabbioni 0.50m (18")	0.210	0.50	26.00	10.00	0.140
Gabbioni 1.00m (36")	0.300	1.00	26.00	10.00	0.140
Materasso 0.15-0.17m (6")	0.100	0.17	26.00	10.00	0.140
Materasso 0.23-0.25m (9")	0.120	0.20	26.00	10.00	0.140
Materasso 0.30m (12")	0.150	0.25	26.00	10.00	0.140

Tabella 6.3: Valori standard suggeriti per opere con gabbioni e materassi Reno

Nel caso in studio si avrà:

$\tau_b = k_1 k_2 \gamma_w y_i i_{fiume} = 0.75 \times 10000 \times 2.80 \times 0.002 = 42.0 \text{ N/mq} \ll 336.00 \text{ N/mq}$ che rappresenta lo sforzo tangenziale tollerato dalle mantellate con spessore 30 cm non vegetate (calcolo a favore di sicurezza)

Sulla base delle su esposte considerazioni, è stata eseguita una simulazione numerica su un tratto campione dell'alveo oggetto d'intervento con l'ausilio del software MACRA1-2006 edito da Maccaferri S.p.A.

Le portate assunte non fanno riferimento a tempi di ritorno stabiliti ma a due stati particolari: la "morbida" annuale, che si ripete per parecchi periodi e per tempi lunghi durante l'inverno, che modella costantemente il fondo e le sponde; la portata critica di esondazione

incipiente, che si verifica con probabilità inferiore ed in occasione di eventi meteorici parossistici per verificare la tenuta delle opere in progetto. Portate maggiori, quantunque previste dai modelli idrologici, esondano e, pertanto, causano altri tipi di danno.

I risultati del calcolo riportati in appendice, effettuato in regime di moto uniforme e da considerarsi di tipo qualitativo per motivi analoghi a quanto riportato per la capacità di trasporto solido, evidenziano l'efficacia delle protezioni spondali previste e la potenzialità dell'alveo di adeguarsi alla successione stagionale degli stati d'acqua, che dispone di parte dell'alveo e della sponda interna alla curva per compensare i deficit (o surplus) di trasporto solido. Sulla base dei riscontri effettuati sul tratto a valle del presente intervento, che è stato stabilizzato con il medesimo criterio, è lecito attendersi il mantenimento dell'attuale geometria dell'alveo e l'eliminazione delle criticità che mettevano in pericolo la stabilità arginale.

La soluzione prescelta, inoltre, non altera l'equilibrio complessivo bio-naturalistico ed idrogeologico del tratto.

7 Conclusioni

Alla luce dei risultati ottenuti dai modelli di simulazione, nei limiti che tale trattazione comporta, si ritiene che l'intervento di protezione proposto per il tratto analizzato non modifichi sostanzialmente il regime di deflusso attuale del rio Mogoro e, pertanto, non sono previste reazioni anomale del comportamento idraulico del rio, sia a monte che a valle.

La realizzazione di protezioni spondali permeabili e discrete, infatti, consentono al corso d'acqua di variare l'equilibrio globale, dipendente da vari fattori quali portata e trasporto solido, nel rispetto delle esigenze di manutenzione e di sicurezza dei rilevati arginali garantite dalle golene.

L'intervento non altera l'assetto idrogeologico del tratto, garantendo l'interscambio con la falda circostante e la circolazione subalvea. Tali condizioni consentiranno, col passare degli anni, al completo inserimento ambientale delle opere, con il ripristino dell'ecosistema preesistente.