

COM.



## COMUNE DI MONTANARO

OGG.

### LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI COMPLETAMENTO DEL 3° LOTTO DEL CANALE SCOLMATORE NORD

### PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO

DES.

### RELAZIONE IDROLOGICO - IDRAULICA

FASE	ID	REV.
ESE	B1	00

GRUPPO DI LAVORO :

ENDACO srl (Capogruppo mandatario)  
Dott. ing. Gian Piero Enrione



Dott. geol. Stefano Tuberga  
(Mandante)

Dott. ing. Guido Zanzottera  
(Mandante)



00	20/04/2017	PRIMA EMISSIONE	DF	GPE	GPE
REV.	DATA EM.	MOTIVO REVISIONE	PREPARATO	RIESAMINATO	APPROVATO
La proprietà intellettuale di questo documento è della Endaco Srl; esso, sia in forma controllata che non controllata, non può essere diffuso né duplicato senza una preventiva autorizzazione scritta della Direzione della Società.			DOC.		
RIF. B12D07			B16D04-ESE-B1-00		
COPIA					
CONTROLLATA <input type="checkbox"/>					
NON CONTROLLATA <input type="checkbox"/>					

Mod. PQ0403Bi-01



CERT. N. 9175



**endaco s.r.l.** Società di Ingegneria

Piazza Lamarmora, 12 10015 Ivrea (TO) - Tel. +39 0125 48063 Fax +39 0125 648007 e-mail [admin@endaco.com](mailto:admin@endaco.com)

COM.	COMUNE DI MONTANARO	DOC. B16D04-ESE-B1-00.doc
OGG.	LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI COMPLETAMENTO DEL 3° LOTTO DEL CANALE SCOLMATORE NORD – PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO	
DES.	RELAZIONE IDROLOGICO - IDRAULICA	PAG. i

## **INDICE**

<b>1. Premesse.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Inquadramento territoriale.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Considerazioni sul rischio idraulico.....</b>	<b>3</b>
<b>4. Verifiche idrauliche.....</b>	<b>5</b>
<b>5. Verifica dell'idoneità dei massi impiegati in alveo a non essere mobilitati dalla corrente</b>	<b>8</b>

COM.	COMUNE DI MONTANARO	DOC. B16D04-ESE-B1-00.doc
OGG.	LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI COMPLETAMENTO DEL 3° LOTTO DEL CANALE SCOLMATORE NORD – PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO	
DES.	RELAZIONE IDROLOGICO - IDRAULICA	PAG. 1

## 1. Premesse

Con Determinazione n. 62/216 del 29/07/2016 il Responsabile di Settore dell'Area Tecnica del Comune di Montanaro ha incaricato il raggruppamento temporaneo di professionisti costituito da Endaco s.r.l. (Capogruppo mandatario), nella persona del dott. ing. Gian Piero Enrione, Dott. ing. Guido Zanzottera (Mandante), Dott. geol. Stefano Tuberga (Mandante) della progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva, del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione dei lavori e della direzione dei **“Lavori di realizzazione delle opere di completamento del 3° lotto del canale scolmatore nord”**.

I lavori in oggetto, da realizzarsi con finanziamento di € 420'000,00, consentiranno il completamento delle opere di realizzazione del canale scolmatore nord attualmente in corso di esecuzione, finalizzate alla mitigazione del rischio idraulico nella porzione nord-occidentale del territorio comunale di Montanaro.

In data 10/03/2017 con lettera prot. n. 2589, è giunta comunicazione dell'approvazione del Progetto Preliminare, avvenuta in data 01/03/2017 con deliberazione di G.C. n. 34; con la medesima il raggruppamento temporaneo di professionisti è stato autorizzato alla redazione del progetto Definitivo / Esecutivo, di cui la presente relazione è parte integrante.

## 2. Inquadramento territoriale

Il territorio Comunale di Montanaro è situato nella parte inferiore della vasta pianura irrigua che si estende a sud del sistema morenico canavesano fino al Fiume Po.

La morfologia del terreno e la complessa fenomenologia idrodinamica che connette la fitta rete di canali minori, rogge e fossi irrigui, individuano un bacino di competenza di superficie pari a circa 51.2 kmq, che si estende dall'abitato di Montanaro, in direzione nord-est, fin oltre il Canale di Caluso, che intercetta i deflussi provenienti da monte.

Come già indicato nello “Studio e proposte di regimazione canali minori e rogge intercomunali del chivassese”, redatto dalla società scrivente nel 1999, in occasione di eventi di piena il Canale di Caluso non è in grado di ricevere ulteriori incrementi di portata e le acque in esubero vengono convogliate verso i rii più a valle, Denoglia, Vallunga e Fossasso.

Nella parte settentrionale del bacino la dorsale collinare raggiunge un'altezza massima sul livello del mare di 403 m e le pendenze medie riscontrate lungo la dorsale sono del 3-5%. Al piede della dorsale, la maggior parte del bacino risulta avere caratteristiche pianeggianti e le quote altimetriche vanno da poco oltre i 290 m slm a circa 195 m slm, con direttrice nord-sud-est e con pendenze medie di qualche unità per mille (6-8‰).

La destinazione d'uso del terreno nella zona pianeggiante è essenzialmente caratterizzata da un soprassuolo seminativo con colture avvicendate e foraggiere prative. In limitate estensioni superficiali si riscontra la presenza di colture legnose ad alto fusto con la prevalenza di pioppeti e strobeti. La zona collinare è caratterizzata da un soprassuolo di tipo boschivo.

### 3. Considerazioni sul rischio idraulico

A seguito degli eventi alluvionali che hanno interessato il territorio Comunale di Montanaro, la società scrivente ha effettuato, su incarico del Comune di Montanaro, le “Verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica dello strumento urbanistico”, individuando gli scenari di esondazione che caratterizzano il territorio comunale in assenza di interventi di sistemazione idraulica.

Nel territorio Comunale di Montanaro ad ovest del rilevato ferroviario si distinguono due bacini idrografici principali separati da un terrazzamento: quello orientale, del Rio Fossasso, caratterizzato da quote altimetriche superiori, e quello occidentale, caratterizzato da quote altimetriche inferiori, il cui asse principale di deflusso è costituito dalla Gora Baina, in cui confluiscono le acque del Rio Denoglia, della Gora di Chivasso – Bealera di Montanaro e del Rio Auzero.

Procedendo da monte verso valle, il terrazzamento che divide i due bacini si abbassa gradualmente fino a sfumare nella parte meridionale del concentrico, dove i bacini entrano in comunicazione e le acque, viste le differenti quote altimetriche, tendono a defluire da est verso ovest. Tale dinamica, oltre ad essere ben evidenziata dalla morfologia del territorio, è stata confermata nel corso degli eventi alluvionali verificatisi in passato.

Le esondazioni del Rio Fossasso interessano principalmente la parte orientale del concentrico ad ovest del rilevato ferroviario. Il Rio Fossasso non riuscendo, in piena, a defluire interamente nel tratto intubato, esonda nelle strade del paese e, superato il terrazzamento che lo separa dal bacino occidentale, defluisce in direzione ovest. Una ridotta quotaparte della portata, stimata in circa 1/3 di quella complessiva, continua a defluire in direzione sud.

La porzione più settentrionale del territorio comunale situata ad est della ferrovia è protetta dalle esondazioni del Rio Fossasso dallo stesso rilevato. In tali aree non si evidenzia la presenza di altri corsi d'acqua, ad esclusione di alcuni fossi di modesta rilevanza; inoltre, visto l'andamento planoaltimetrico del territorio, si può supporre che non si verifichino significative inondazioni provenienti dai territori posti a nord-est. Eventuali modesti fenomeni di esondazione sono da attribuire all'inefficienza dei sistemi di raccolta, convogliamento ed evacuazione delle acque meteoriche.

Al contrario, nelle aree più prossime al concentrico, le verifiche idrauliche hanno evidenziato che, per eventi di piena superiori a TR20, il rilevato ferroviario può essere

sormontato dalle acque del Rio Fossasso. I territori ad est della ferrovia a ridosso del rilevato possono essere interessati da modeste esondazioni anche per eventi di entità inferiore, a causa di contributi idrici provenienti dai manufatti che attraversano il rilevato stesso.

Nella zona ovest l'asse principale di deflusso è costituito dalla Gora Baina, in cui confluiscono le acque del Rio Vallunga, del Rio Denoglia, della Gora di Chivasso – Bealera di Montanaro, del Rio Auzero e parte delle acque del Rio Fossasso.

Infatti, una quotaparte della portata del Rio Fossasso, stimata in circa 2/3 di quella complessiva, supera il terrazzamento che separa i due bacini e defluisce in direzione ovest.

Al fine di mitigare il rischio idraulico nel territorio comunale, nell'ambito degli studi legati alla compatibilità idraulica del PRGC la società scrivente ha proposto un piano di interventi che prevede, come opera principale, la realizzazione di un canale scolmatore a monte del centro abitato che raccoglie le acque dei vari rii intercettati e le convoglia nel Torrente Orco, difendendo dalle esondazioni i territori di valle.

Il canale scolmatore Nord intercetta progressivamente il Rio Vallunga, il Rio Denoglia, la Gora di Chivasso e la Bealera di Montanaro e, seguendo il percorso del Rio Gravidio, corso d'acqua secondario affluente in destra della Gora Baina, raggiunge il Torrente Orco a sud-ovest del concentrico di Montanaro.

La sua realizzazione è stata ripartita in tre lotti funzionali:

- il 1° lotto, comprendente la realizzazione del tratto di canale che si sviluppa dalla confluenza nel Torrente Orco fino alla sezione 28 (in prossimità della strada comunale Succa) e di tutti i manufatti connessi a tale tratto (ultimato nell'aprile 2007);
- il 2° lotto, comprendente la prosecuzione verso monte, per un tratto di circa 760 m (sino alla sezione 10), delle opere già realizzate nel primo lotto ed alcune opere a completamento del primo lotto (ultimato nel maggio 2011);
- il 3° lotto, in corso di esecuzione, che prevede la realizzazione del canale scolmatore Nord dalla sezione S10 sino al manufatto di regolazione in corrispondenza della Strada Provinciale tra Foglizzo e Montanaro.

#### 4. Verifiche idrauliche

Le portate di riferimento per il canale scolmatore e le opere connesse sono state individuate, con riferimento a differenti tempi di ritorno, nell'ambito dei precedenti lotti progettuali, a cui si rimanda integralmente per maggiori dettagli:

Canale scolmatore Portate di riferimento (mc/sec)			
TR20	TR50	TR100	TR200
49.0	57.9	64.7	<b>71.2</b>

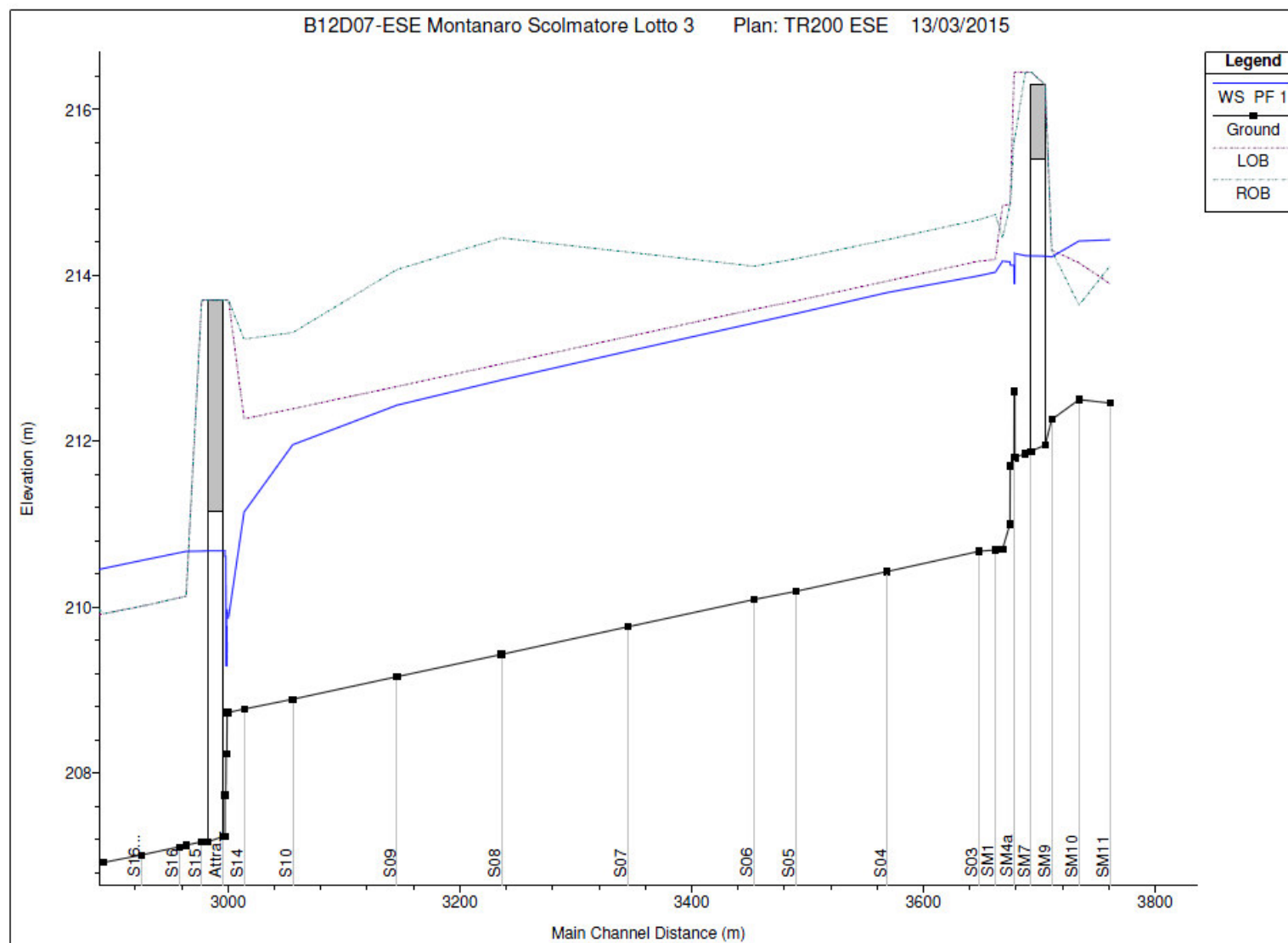
Per quanto concerne, nello specifico, i deflussi di piena nel rio Vallunga, sono state individuate le seguenti portate di riferimento:

Rio Vallunga Portate di riferimento (mc/sec)			
TR20	TR50	TR100	TR200
31.9	37.1	41.0	<b>44.8</b>

Le verifiche idrauliche del canale scolmatore e delle opere connesse sono state condotte con un modello di calcolo monodimensionale in regime di moto permanente, utilizzando quale motore di calcolo la versione 4.1 di Hec-Ras (River Analysis System), messo a punto dall'Hydrologic Engineering Center (HEC).

Nella relazione Idrologico-idraulica allegata al Progetto esecutivo del 3° lotto dei lavori sono riportati gli esiti delle elaborazioni condotte, di seguito riportati ed adottati quale riferimento per il dimensionamento delle opere di completamento previste nel presente progetto:

- profilo del pelo libero nel canale con riferimento all'evento di piena di progetto con tempo di ritorno 200 anni;
- tabelle delle grandezze idrauliche principali con riferimento all'evento di piena di progetto con tempo di ritorno 200 anni.



Mod. PQ0403Bi-01



endaco s.r.l. Società di Ingegneria

Piazza Lamarmora, 12 10015 Ivrea (TO) - Tel. +39 0125 48063 Fax +39 0125 648007 e-mail [admin@endaco.com](mailto:admin@endaco.com)



COM.	COMUNE DI MONTANARO	DOC. B16D04-ESE-B1-00.doc
OGG.	LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI COMPLETAMENTO DEL 3° LOTTO DEL CANALE SCOLMATORE NORD – PROGETTO DEFINITIVO / ESECUTIVO	
DES.	RELAZIONE IDROLOGICO - IDRAULICA	PAG. 7

HEC-RAS Plan: TR200 ESE River: C. S. Montanaro Reach: 2° Lotto Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
2° Lotto	71	PF 1	44.80	212.46	214.43	214.28	214.55	0.003311	1.84	35.40	56.04	0.46
2° Lotto	70	PF 1	44.80	212.50	214.41		214.47	0.001617	1.24	50.96	79.88	0.33
2° Lotto	69	PF 1	64.80	212.26	214.22		214.42	0.001286	1.98	32.72	18.37	0.47
2° Lotto	68	PF 1	64.80	211.95	214.23	213.19	214.41	0.000334	1.89	34.20	15.00	0.40
2° Lotto	67.5		Bridge									
2° Lotto	67	PF 1	64.80	211.88	214.23		214.41	0.000303	1.84	35.31	15.00	0.38
2° Lotto	66	PF 1	64.80	211.85	214.24		214.40	0.000291	1.81	35.79	15.00	0.37
2° Lotto	65.8		Lat Struct									
2° Lotto	65.5	PF 1	58.30	211.80	214.26		214.39	0.000215	1.58	36.92	15.00	0.32
2° Lotto	65	PF 1	58.30	212.60	213.90		214.36	0.001527	2.99	19.50	15.00	0.84
2° Lotto	64.5	PF 1	58.30	212.60	213.90		214.36	0.002529	2.99	19.49	15.00	0.84
2° Lotto	64	PF 1	58.30	211.80	214.12		214.26	0.000426	1.68	34.76	15.00	0.35
2° Lotto	63.5	PF 1	58.30	211.70	214.12		214.26	0.000371	1.60	36.37	15.00	0.33
2° Lotto	63	PF 1	58.30	211.00	214.16		214.24	0.000169	1.23	47.44	15.00	0.22
2° Lotto	62	PF 1	58.30	210.70	214.17		214.23	0.000248	1.12	52.05	15.00	0.19
2° Lotto	61	PF 1	58.30	210.69	214.04	212.90	214.22	0.002609	1.89	30.84	15.43	0.43
2° Lotto	60	PF 1	58.30	210.67	213.99	212.88	214.18	0.002688	1.91	30.50	15.35	0.43
2° Lotto	59	PF 1	58.30	210.43	213.79	212.64	213.97	0.002555	1.88	31.09	15.49	0.42
2° Lotto	58	PF 1	62.80	210.19	213.54	212.49	213.75	0.003025	2.04	30.85	15.43	0.46
2° Lotto	57	PF 1	62.80	210.09	213.42	212.39	213.64	0.003077	2.05	30.66	15.39	0.46
2° Lotto	56	PF 1	62.80	209.76	213.09	212.06	213.30	0.003118	2.06	30.51	15.35	0.47
2° Lotto	55	PF 1	62.80	209.43	212.74	211.73	212.96	0.003196	2.08	30.22	15.28	0.47
2° Lotto	54	PF 1	62.80	209.16	212.43	211.46	212.66	0.003337	2.11	29.74	15.16	0.48
2° Lotto	53	PF 1	67.30	208.89	211.96	211.27	212.28	0.005138	2.52	26.66	14.39	0.59
2° Lotto	49	PF 1	67.30	208.77	211.14	211.14	211.89	0.015664	3.82	17.60	11.82	1.00
2° Lotto	48	PF 1	67.30	208.73	209.87	210.39	211.64	0.007536	5.90	11.40	10.00	1.76
2° Lotto	47	PF 1	67.30	208.73	209.87	210.39	211.64	0.007504	5.89	11.42	10.00	1.76
2° Lotto	46	PF 1	67.30	208.73	209.87	210.39	211.64	0.007504	5.89	11.42	10.00	1.76
2° Lotto	45	PF 1	70.20	208.73	209.98	210.45	211.59	0.006204	5.62	12.49	10.00	1.61
2° Lotto	44	PF 1	70.20	208.23	209.29	209.95	211.53	0.010290	6.63	10.60	10.00	2.05
2° Lotto	43	PF 1	70.20	208.23	209.29	209.95	211.52	0.010194	6.61	10.63	10.00	2.05
2° Lotto	42	PF 1	70.20	207.73	210.61	209.45	210.92	0.000519	2.43	28.84	10.00	0.46
2° Lotto	41	PF 1	70.20	207.73	210.61	209.43	210.92	0.000520	2.43	28.83	10.00	0.46
2° Lotto	40	PF 1	70.20	207.23	210.68	208.95	210.89	0.000314	2.04	34.47	10.00	0.35
2° Lotto	39.5		Bridge									
2° Lotto	39	PF 1	71.20	207.17	210.68	208.90	210.89	0.000308	2.03	35.05	10.00	0.35
2° Lotto	38	PF 1	71.20	207.13	210.67	209.53	210.87	0.002925	2.00	36.82	19.17	0.42

Mod. PQ0403BI-01



**endaco s.r.l.** Società di Ingegneria

Piazza Lamarmora, 12 10015 Ivrea (TO) - Tel. +39 0125 48063 Fax +39 0125 648007 e-mail [admin@endaco.com](mailto:admin@endaco.com)

## 5. Verifica dell'idoneità dei massi impiegati in alveo a non essere mobilitati dalla corrente

La valutazione dell'inizio del moto del materiale costituente il fondo alveo di un corso d'acqua può essere effettuata analiticamente seguendo l'impostazione adottata da Shields, ossia attraverso l'imposizione dell'equilibrio fra le forze che tendono a mobilitare le particelle e quelle che tendono ad opporsi a tale movimento.

Le ipotesi che stanno alla base di tale approccio sono le seguenti: le particelle sono considerate omogenee, non coesive e poste su fondo orizzontale.

Inoltre, la dimensione dei grani sia dello stesso ordine di grandezza del tirante idrico, ovvero si abbia una bassa sommergenza.

Considerando una singola particella giacente sul fondo alveo si possono distinguere quattro diverse forze agenti su di essa: la forza peso, agente verso il basso, la forza di attrito, agente orizzontalmente nel verso opposto rispetto alla corrente, la forza di portanza, agente verso l'alto e la forza di resistenza idrodinamica, agente orizzontalmente nel verso della corrente.

Imponendo l'equilibrio delle componenti orizzontali di tali forze si ottiene la seguente espressione:

$$\frac{u_*^2}{g \cdot \Delta \cdot d} = f\left(\frac{u_* \cdot d}{\nu}\right)$$

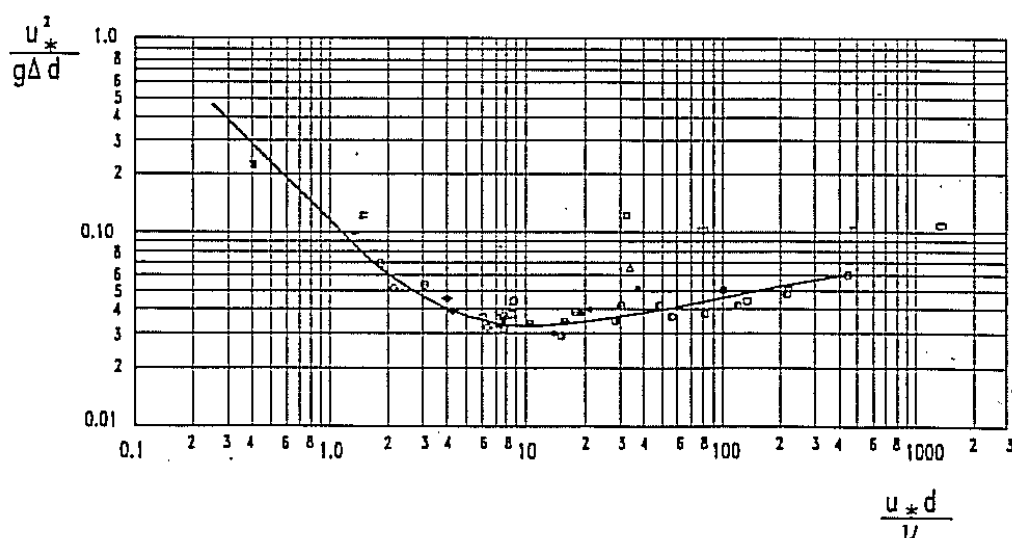
dove:

- $u_* = \sqrt{\xi \cdot g \cdot h \cdot i} = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}}$  = velocità di attrito locale ( $\tau$  = sforzo tangenziale)
- $\Delta = (\rho_s - \rho) / \rho$  = densità relativa del grano immerso
- $d$  = diametro medio del materiale presente in alveo
- $h$  = battente idrico
- $i$  = pendenza della linea dell'energia
- $\nu$  = viscosità cinematica dell'acqua

- $g$  = accelerazione di gravità
- $\xi$  = coefficiente che tiene conto della diversa distribuzione degli sforzi tangenziali sulla sezione a seconda della forma della stessa.

L'espressione ottenuta precedentemente è esprimibile anche come  $\theta = f(Re)$ , dove  $\theta$  è chiamato "parametro di mobilità di Shields", mentre  $Re$  è il Numero di Reynolds del grano.

La funzione  $f$  è stata determinata sperimentalmente da Shields ed è diagrammata nella figura seguente.



Tale curva separa la zona in cui le particelle sono in moto da quella in cui queste sono ferme; al di sotto di essa la corrente non è in grado di provocare il moto del materiale ( $\theta < \theta_c$ ), viceversa la zona al di sopra della curva rappresenta le particelle in moto ( $\theta > \theta_c$ ).

La curva fornisce quindi le condizioni di moto incipiente delle particelle ( $\theta = \theta_c$ ) e può essere suddivisa in tre parti.

Nel primo tratto (per  $Re \leq 2$ ), che nel diagramma bilogarithmico è rappresentato da una retta, la velocità critica delle particelle è indipendente dal diametro delle stesse, mentre dipende dalla viscosità del liquido (regime laminare).

Nel tratto intermedio ( $2 \leq Re \leq 200$ ), la condizione di mobilità dipende sia dalla dimensione del grano che dalla viscosità del liquido; in questa zona la curva presenta il suo valore minimo  $\theta_{cmin} \approx 0,02 \div 0,03$  per  $Re \approx 8 \div 10$ .

Nel terzo tratto della curva di Shields ( $Re \geq 200$ ) il parametro di mobilità tende asintoticamente ( $Re \rightarrow \infty$ ) ad un valore pressochè costante pari a  $\theta_c = 0.057$ ; in quest'ultimo caso le condizioni di mobilità del materiale sono indipendenti dalla viscosità del fluido e il regime di moto è del tipo turbolento.

La teoria di Shields assume che la scabrezza relativa sia sufficientemente piccola, cioè tale da assumere che la distribuzione locale delle velocità obbedisca alla legge logaritmica del moto uniforme, ossia che esista uno strato di turbolenza di parete in cui valga tale legge.

Nel caso in cui la dimensione dei grani sia dello stesso ordine di grandezza del tirante idrico, ovvero si abbia una bassa sommergenza, la mobilità dei grani si riduce sensibilmente.

E' possibile introdurre coefficienti correttivi del parametro critico di mobilità di Shields che tengano conto degli effetti della bassa sommergenza ( $h/d < 6$ ) nonché di una pendenza del fondo non trascurabile ( $if > 0.02$ ) introducendo, in quest'ultimo caso, anche l'effetto della forza peso dei grani nella direzione del moto.

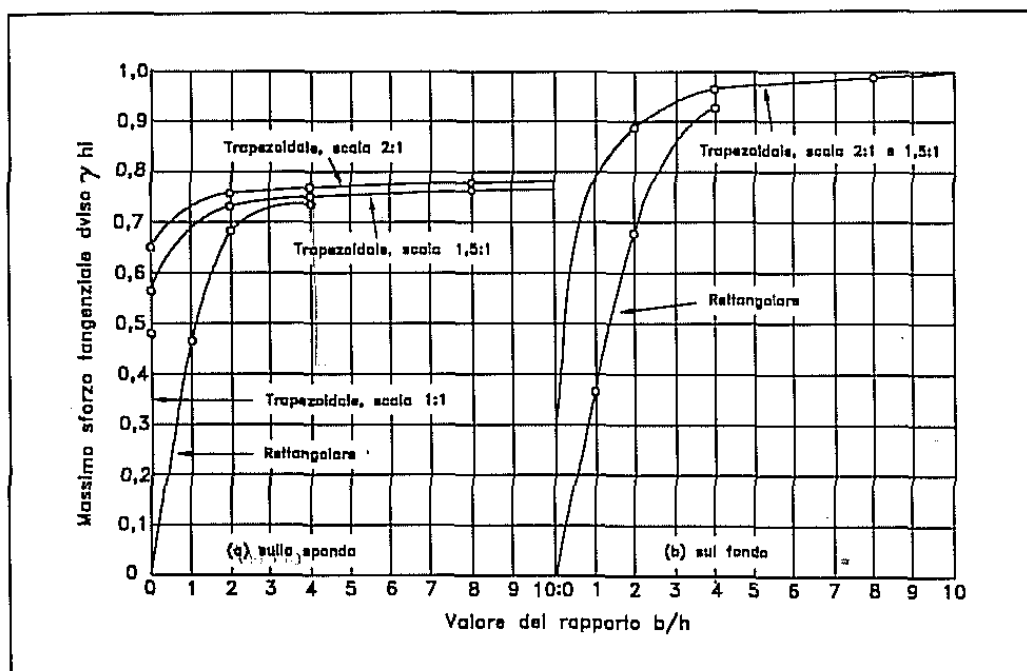
La teoria di Shields può essere estesa allo studio del moto incipiente sulle sponde moltiplicando il parametro di stabilità per un coefficiente  $k$  che tenga conto della pendenza delle sponde stesse:

$$k = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{\sin^2 \beta}}$$

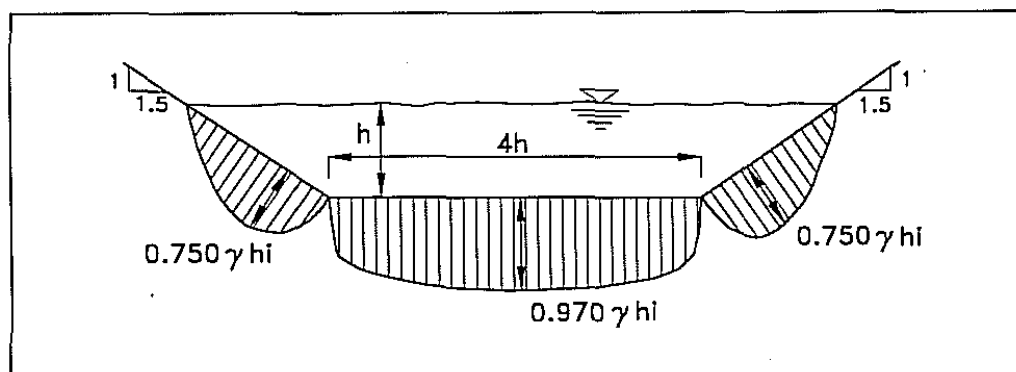
dove:

- $\alpha$  = inclinazione delle sponde
- $\beta$  = angolo di attrito interno del materiale

La determinazione del valore massimo dello sforzo tangenziale ( $\tau = \xi \cdot \gamma \cdot h \cdot i$ ) può essere fatta mediante il diagramma successivo, di natura sperimentale, elaborato da Lane e Carlson nel 1953, che presenta il massimo sforzo tangenziale sul fondo e sulle sponde in funzione della geometria della sezione e del rapporto tra la larghezza del fondo ed il tirante liquido, adimensionalizzato rispetto al prodotto  $\gamma \cdot h \cdot i$ , ossia il coefficiente  $\xi$ .



Il diagramma della figura seguente riporta l'andamento degli sforzi tangenziali sul fondo e sulle sponde nel caso di una particolare sezione trapezia.



Come si nota, il massimo sforzo tangenziale sul fondo si verifica in mezzeria della sezione e diminuisce debolmente avvicinandosi alle sponde.

Sulle sponde il valore massimo dello sforzo tangenziale si verifica in prossimità dell'unghia.

Questo tipo di comportamento si ripete, nella sostanza, anche nel caso di sezioni trapezie di diversa geometria.

La teoria del moto incipiente di Shields può essere utilizzata per trattare il problema della determinazione delle condizioni di incipiente movimento dei massi posizionati sul fondo e sulle sponde del canale in progetto.

Nel caso in studio non sono stati adottati coefficienti correttivi del parametro di mobilità di Shields in quanto è stata valutata la condizione di piena del canale che determina elevate sommergenze e la pendenza di fondo è estremamente modesta.

La condizione di moto incipiente del materiale d'alveo risulta essere definito dalle equazioni:

$$\theta_c = 0.057 \quad \text{sul fondo}$$

$$\theta_c' = 0.027 \quad \text{sulle sponde}$$

Tramite l'applicazione di tali condizioni e note le caratteristiche idrauliche del moto, è possibile quantificare il valore massimo del diametro del materiale che una certa portata è in grado di mobilitare, valutando, di conseguenza, la stabilità dei massi posizionati in alveo.

Nelle tabelle successive sono riportati i risultati delle elaborazioni:

- la Tabella 1 raccoglie le elaborazioni effettuate al fine di determinare il minimo diametro stabile sul fondo alveo (con riferimento alla portata di progetto TR200);
- la Tabella 2 raccoglie le elaborazioni effettuate al fine di determinare il minimo diametro stabile sulle sponde (con riferimento alla portata di progetto TR200).

Dai risultati delle elaborazioni condotte con riferimento all'evento di piena TR200 si possono effettuare le seguenti considerazioni:

- fondo: i diametri mobilitabili sono inferiori ad 8 cm;
- sponde: i diametri mobilitabili sono inferiori ad 15 cm.

In conclusione, poiché il progetto prevede l'utilizzo di massi aventi dimensioni non inferiori a 0.3 mc, si ritiene verificata, con adeguati coefficienti di sicurezza, la loro idoneità a non essere mobilitati dalla corrente.



**Tabella 1 - Determinazione del massimo diametro mobilitabile sul fondo alveo**  
**Evento di riferimento TR200**

$g \text{ (m} \cdot \text{sec}^{-2})$	9.81
$\Delta$	1.65
$\theta_c$	0.057

Sezione	b (m)	h (m)	i	b/h	$\xi$	$u^*$ (m/sec)	d (m)
69	15	1.96	0.0033	7.7	0.980	0.25	0.067
68	15	2.28	0.0003	6.6	0.970	0.09	0.008
67	15	2.35	0.0003	6.4	0.970	0.08	0.007
66	15	2.39	0.0003	6.3	0.970	0.08	0.007
65.5	15	2.46	0.0002	6.1	0.970	0.07	0.005
65	15	1.30	0.0015	11.5	1.000	0.14	0.021
64.5	15	1.30	0.0025	11.5	1.000	0.18	0.035
64	15	2.32	0.0004	6.5	0.970	0.10	0.010
63.5	15	2.42	0.0004	6.2	0.970	0.09	0.009
63	15	3.16	0.0002	4.7	0.960	0.07	0.005
62	15	3.47	0.0002	4.3	0.960	0.09	0.009
61	3	3.35	0.0026	0.9	0.770	0.26	0.072
						<b>max</b>	<b>0.072</b>

**Tabella 2 - Determinazione del massimo diametro mobilitabile sulle sponde**  
**Evento di riferimento TR200**

$g \text{ (m} \cdot \text{sec}^{-2})$	9.81
$\Delta$	1.65
$\alpha$	50
$\beta$	60
$k$	0.466
$\theta_c$	0.057
$\theta'_c$	0.027

Sezione	b (m)	h (m)	i	b/h	$\xi$	$u^*$ (m/sec)	d (m)
Scogliera monte (S69)	15	1.96	0.0033	7.7	0.780	0.22	0.114
Scogliera valle (S61)	3	3.35	0.0026	0.9	0.730	0.25	0.145
Scogliera Vallunga	6	1.20	0.0010	5.0	0.770	0.10	0.021