

COMMITTENTE

PROGETTISTA
dott.ing. Rossana Deidda
STUDIO IDRAULICO
dott.ing. Antonio Liverani
STUDIO GEOLOGICO
dott. geol. Mauro Pompei

via Trebazio 11 - 20145 milano
Tel. 347 8291923 - fax 1786022169
E-mail rossdeidda@tiscali.it

PROGETTO

**COMUNE DI
DECIMOMANNU**
PIANO DI LOTTIZZAZIONE
ANTONIO LEO

OGGETTO

RELAZIONE IDROGEOLOGICA E DI
COMPATIBILITA' IDRAULICA

TAV. N°.

Ri

SCALA

DATA

FEBBRAIO 2013

EMISSIONE

DATA

AGGIORNAMENTO

DATA

SOMMARIO

PREMESSA

PARTE PRIMA - STUDIO IDROLOGICO

1	APPROCCIO METODOLOGICO.....	4
1.1	METODO DI SIRCHIA - CURVA INVILUPPO DEI MASSIMI CONTRIBUTI UNITARI	4
1.2	MODELLO PROBABILISTICO	5
1.3	METODO RAZIONALE.....	6
1.3.1	Altezze di pioggia critica	6
1.3.2	Calcolo delle portate di piena	11
2	Risultati dello studio idrologico – portate di progetto	12

PARTE SECONDA - STUDIO IDRAULICO

3	GENERALITA'	18
3.1	SCELTA DEI COEFFICIENTI DI SCABREZZA	18
3.2	CONDIZIONI AL CONTORNO	19
3.3	VALORI DELLE PORTATE DI PIENA LUNGO L'ASTA	19
4	Risultati ottenuti	22
4.1	PERICOLOSITÀ IDRAULICA RELATIVA NELL'ABITATO	22

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

PREMESSA

Il presente studio di compatibilità idraulica si riferisce a un'area situata nel centro abitato di Decimomannu (provincia di Cagliari) alla quale si accede dalla via San Sperate. Detto studio è propedeutico al progetto del "Piano di Lottizzazione Antonio Leo", riguardante questo terreno, redatto dall'ing. Rossana Deidda.

L'area in argomento ha una estensione di circa 8400 m², alla quota media di circa 15 metri sul livello medio marino; ha forma tozza e irregolare e un lato della poligonale perimetrale si affaccia sulla via pubblica (via San Sperate) con un fronte di circa 35 metri. Il corso idrico più importante situato nelle immediate vicinanze, è il Rio Mannu di San Sperate che dista circa 1200 metri; come risulta dal Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, l'area è caratterizzata da pericolosità idraulica moderata (Hi1) in quanto ricadente nella zona di influenza del sopra citato corso idrico.



Figura 1 - Ortofoto della zona di intervento

Rispetto al reticolo idrografico minore, il lotto in oggetto è posto ai margini di un modesto sotto-bacino di forma allungata, della superficie di circa 1.4 km², che ha origine nel territorio di San Sperate (v. cartografia allegata). Si trova invece interamente all'esterno dei limiti di un altro sotto-bacino posto più a nord, bacino che una volta alimentava il "rio Flumineddu". Attualmente questo secondo bacino è ridotto a poche decine di ettari, in quanto l'asta principale, costituita appunto dal rio Flumineddu, è stata deviata più a monte nel rio Mannu.

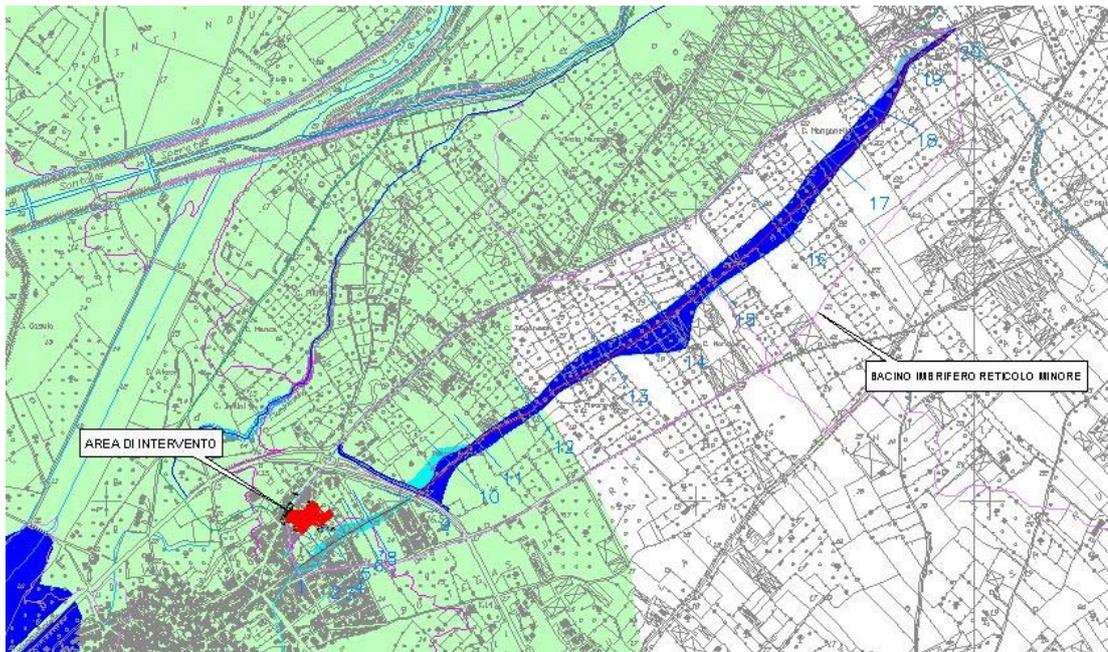


Figura 2 - Estratto dalla C.T.R. regionale

Il presente studio, redatto in adempimento all'art. 24 delle N.d.A. del PAI Sardegna e predisposto secondo i criteri indicati nell'allegato E alle stesse Norme, è finalizzato soprattutto alla conoscenza del comportamento idraulico superficiale dell'area durante gli eventi di piena ed è stato condotto mediante simulazione su modello matematico del territorio, privato dei fabbricati e dei soprassuoli, ancorché non siano presenti veri e propri corsi idrici, neppure di modesta entità. Esso evidenzia i valori del tirante idrico e le velocità di scorrimento della corrente lungo la linea principale di compluvio del micro-reticolo idrografico superficiale.

Trattandosi di **correnti idrauliche** provenienti per lo più da precipitazioni locali (afflussi meteorici zenitali), che si propagano e si concentrano lungo i percorsi preferenziali più depressi, viene introdotto il concetto di pericolosità idraulica relativa, da valutare, oltre che in base alla frequenza con la quale si presentano, anche in funzione delle caratteristiche idrodinamiche. In tal modo si intende discernere i casi in cui il fenomeno si manifesta con modalità insufficienti a generare pericolosità, da quelli, più violenti, che generano effetti incontrollati, suscettibili quindi di causare danni immediati e diretti.

Come si vedrà nella parte conclusiva dello studio, l'area in progetto non risulta minimamente interessata neppure dalle correnti di piena conseguenti a precipitazioni di carattere eccezionale, con tempi di ritorno di 500 anni.

PARTE PRIMA

RELAZIONE IDROLOGICA – VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

1 APPROCCIO METODOLOGICO

Come è noto dalla bibliografia tecnica alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti, la valutazione della portata di piena può essere condotta col metodo diretto o, in mancanza di dati idrologici, col metodo indiretto.

Il primo fonda la sua trattazione su un'analisi statistica degli eventi di piena rilevati sui bacini principali del territorio; il secondo si basa invece su un processo di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali.

Un altro metodo per la valutazione delle portate di piena nei bacini della Sardegna, concettualmente diverso dai due precedenti, utilizza la così detta "Curva del Sirchia"; è un metodo empirico fondato sulla rilevazione e successiva analisi dei valori di portata al colmo nei corsi d'acqua della Sardegna, al fine di stabilire una correlazione tra detti valori le caratteristiche dimensionali e morfologiche dei bacini interessati.

Non avendosi a disposizione indicazioni utili per l'individuazione dei i valori delle portate di piena nel bacino in interesse, in questo studio si è dovuto ricorrere all'analisi degli afflussi superficiali e alla applicazione di un modello matematico per la trasformazione afflussi-deflussi secondo le più usuali e appropriate teorie.

Una breve esposizione dei diversi metodi più utilizzati sarà utile per valutare quale tra questi possa costituire il modello più fedele per il caso in esame.

1.1 Metodo di Sirchia - Curva involucro dei massimi contributi unitari

Il metodo proposto dal Sirchia e aggiornato alla fine degli anni sessanta dal Fassò, basato sulla curva involucro dei massimi eventi osservati, consiste nel tracciare la curva rappresentativa dei massimi contributi in funzione di uno o più parametri morfologici dei bacini.

La prima formulazione della curva per la Sardegna fu data dal Sirchia il quale ne propose l'utilizzazione diretta per i bacini più "impervi e rocciosi", mentre per gli altri suggerì l'adozione di un coefficiente correttivo.

Nel presente caso sarebbe più appropriato considerare l'ultima formulazione della teoria della curva inviluppo; teoria per la quale il valore della portata di piena al colmo nasce dall'interazione di molteplici aspetti: caratteristiche morfologiche del bacino, suo grado di copertura riguardo alla vegetazione, ubicazione, e tempo di ritorno dell'evento di piena considerato.

Come più dettagliatamente riportato sul Rapporto regionale Sardegna, VAPI '91, al quale si rimanda per ulteriori approfondimenti, detta curva ha la seguente espressione:

$$Q = P_s * q * S$$

essendo **S** la superficie del bacino contribuente in Km², **q** il contributo unitario espresso in m³/(s Km²) e **P_s** un coefficiente di riduzione.

La curva inviluppo dei massimi valori fu aggiornata dal Fassò tenendo conto dei valori di portata registrati durante le alluvioni del '51; e per la valutazione dei massimi contributi sono suggerite le seguenti espressioni analitiche:

$$q=207 S^{-0.60} \quad \text{per } 21 < S < 1000 \text{ (Km}^2\text{)}$$

$$q=45,8 S^{-0.106} \quad \text{per } S < 21 \text{ (Km}^2\text{)}$$

Per quanto attiene al valore del coefficiente Ps, conformemente a quanto indicato nella pubblicazione sopra citata, si assume l'espressione seguente:

$$P_s = P_s' * P_a$$

dove **P_s'** è un coefficiente correttivo relativo alla zona idrografica di appartenenza del bacino; mentre **P_a** è un valore che dipende dalla superficie stessa del bacino.

Sia la curva determinata dal Sirchia che quella aggiornata dal Fassò si riferiscono a contributi relativi ad eventi di piena rilevati quasi esclusivamente sui bacini orientali; mentre ai rimanenti bacini, quali per esempio quelli del basso Campidano, competono valori molto inferiori, cosicché questo metodo ha la tendenza a sovrastimare i valori delle portate di piena.

1.2 Modello probabilistico

Questo metodo (E. Lazzari 1968), basato sull'analisi della regressione delle trasformate logaritmiche delle portate al colmo di piena, ha consentito di

determinare delle relazioni che legano il valore medio del colmo di piena alla superficie e all'altitudine media del bacino.

Ma, come lo stesso autore evidenzia, l'esiguo numero di osservazioni disponibile limita il campo di applicabilità del metodo ai soli bacini per i quali il prodotto $S \cdot H_m$ sia superiore ai 50 Km^3 , pertanto non è applicabile al caso in esame.

1.3 Metodo Razionale

Questo metodo si basa sulla seguente espressione classica della portata:

$$Q_P = i_{[\tau, T_R, r(\tau, A)]} * \Phi * A * \varepsilon(\tau)$$

espressione di un modello deterministico elementare a fondamento cinematico, con il seguente significato dei simboli:

$i_{[\tau, T_R, r(\tau, A)]}$	Intensità di pioggia
T_R	Tempo di ritorno
$r(\tau, A)$	Coefficiente di ragguaglio areale
A	Area del bacino
τ	Durata della pioggia critica
Φ	Coefficiente di assorbimento
$\varepsilon(\tau)$	Coefficiente di laminazione

Nell'applicazione del metodo si suole adottare l'ipotesi semplificativa che consiste nell'attribuire lo stesso tempo di ritorno sia all'evento di piena che all'evento di pioggia.

1.3.1 Altezze di pioggia critica

Nella valutazione dell'entità della precipitazione può applicarsi sia la metodologia classica proposta dal Puddu e successivamente aggiornata con i nuovi dati acquisiti, sia il metodo di più recente pubblicazione, che prevede la definizione delle curve di possibilità pluviometrica sulla base del modello TCEV.

1.3.1.1 Formulazione classica

Nella trattazione proposta da Cao-Puddu, ulteriormente elaborata ed aggiornata di recente, l'ambito territoriale isolano è stato suddiviso in quattro gruppi caratterizzati da comportamenti "omogenei" nei riguardi degli eventi di pioggia; sulla base di

questa considerazione, l'espressione delle curve di possibilità pluviometriche assume la forma seguente:

$$h = h_1 T_p^{(\alpha+\beta u)}$$

dove:

h₁ è l'altezza di pioggia di durata unitaria data dalla relazione

$$\log h_1 = \delta + \gamma * u$$

T_p è la durata della precipitazione

u è il frattile della distribuzione normale corrispondente alla probabilità di non superamento assegnata

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ parametri dipendenti dal gruppo omogeneo di appartenenza, riportati nella seguente tabella:

1° gruppo	$\gamma = 0.305041$	$\delta = -0.017147$
	$\alpha = 1.273178$	$\beta = 0.179732$
2° gruppo	$\gamma = 0.359696$	$\delta = -0.01794$
	$\alpha = 1.296212$	$\beta = 0.167488$
3° gruppo	$\gamma = 0.418212$	$\delta = 0.009093$
	$\alpha = 1.379048$	$\beta = 0.164598$
4° gruppo	$\gamma = 0.497207$	$\delta = 0.041251$
	$\alpha = 1.460774$	$\beta = 0.191832$

Secondo l'applicazione classica del metodo, la portata massima corrispondente a eventi di pari probabilità si ottiene considerando un'altezza di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione del bacino considerato (tempo necessario affinché la particella idraulicamente più lontana raggiunga la sezione di calcolo); il che equivale ad ammettere che il tempo di salita al colmo dell'idrogramma di piena coincida con detto tempo di corrivazione, nell'ipotesi di precipitazione netta uniforme in tutto il bacino.

1.3.1.2 Modello TCEV

Più recentemente si è osservato, anche in ambito nazionale, che eventi di pioggia particolarmente intensi sfuggivano alla capacità di previsione delle curve di possibilità pluviometriche formulate col modello log-normale.

Si è reso pertanto necessario sviluppare un modello capace di interpretare più fedelmente eventi di breve durata, anche utilizzando curve di distribuzione con un maggior numero di parametri.

In detta recente trattazione si è riscontrata l'impossibilità di adottare, per tempi di ritorno superiori ai 10 anni, un unico tipo di funzione monomia; si è invece reso necessario separare la casistica in due tipologie di eventi: piogge di durata inferiore a un'ora e piogge di durata superiore a un'ora.

Le equazioni elaborate sono:

$$h(T, t) = (a_1 a_2') * t^{(b_1 + b_2')} \quad t \leq 1 \text{ ora}$$

$$h(T, t) = (a_1 a_2'') * t^{(b_1 + b_2'')} \quad t > 1 \text{ ora}$$

Dove

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0.886 * 24^{b_1}}$$

$$b_1 = -0.493 + 0.476 * \text{Log} \mu_g$$

avendo indicato con μ_g il valore medio giornaliero della pioggia il cui valore è rilevabile nella seguente carta.

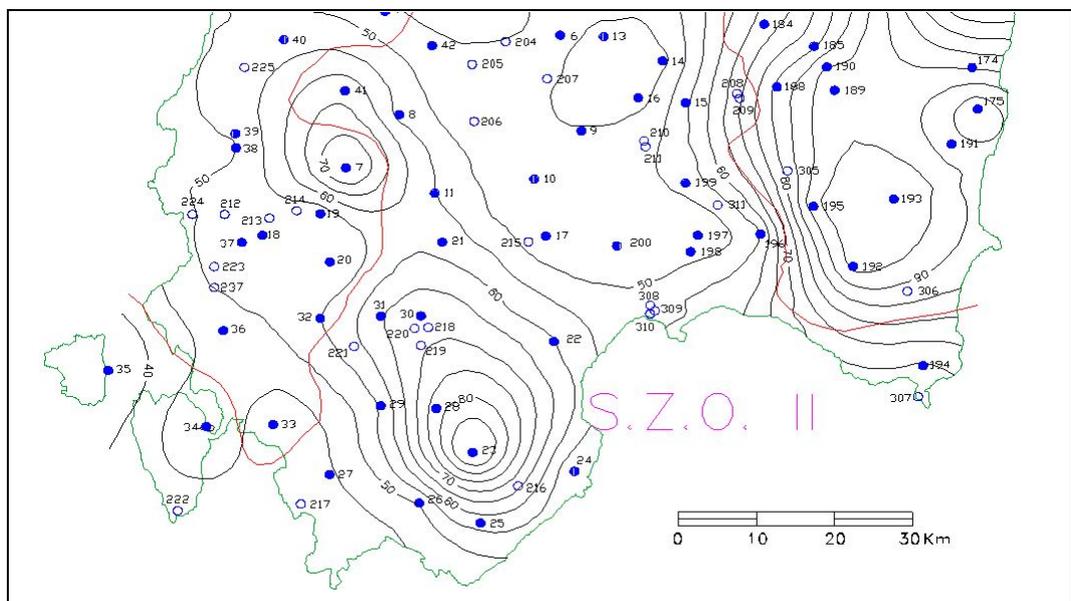


Figura 3 - Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera in Sardegna (da Deidda ed Al., Quad. Ricerca n°9 dell'Università di Cagliari, 1997).

i parametri a_2' , a_2'' e b_2' , b_2'' contraddistinguono invece la sottozona di appartenenza.

1.3.1.3 Valutazione del coefficiente di afflusso Φ

Per la valutazione del coefficiente di afflusso, si fa ricorso al metodo CN (*curve number*) del Soil Conservation Service, che secondo gli autori trova impiego ottimale nell'ambito dei piccoli bacini.

Per definizione si intende per pioggia netta la grandezza

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I_a)^2}{h_{lorda} + S - I_a}$$

dove

$$S = 254 * \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Il valore del CN è tabellato per differenti combinazioni di suolo e copertura vegetale; il parametro S, rappresenta la quantità d'acqua immagazzinabile nel bacino, e quindi nel terreno ed è legato alla possibilità di infiltrazione, e alle condizioni di umidità precedenti (*AMC Antecedet Misture Condition*).

Il valore dell'infiltrazione iniziale è dato dalla:

$$I_a = 0.2 * S$$

1.3.1.4 Coefficiente di ragguglio areale R

Per il coefficiente di ragguglio areale si assumono le seguenti espressioni:

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354} (-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(A)))^2) \tau \quad \text{per } A < 20 \text{ km}^2$$

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354} (-0.40 + 0.03832 \ln(4.6 - \ln(A)))^2) \tau \quad \text{per } A > 20 \text{ km}^2$$

1.3.1.5 Durata della pioggia critica

Per la valutazione della durata della pioggia critica si è assunto il modello utilizzato nella procedura VAPI Sardegna; si è quindi ammesso che la durata della pioggia corrisponda alla somma del tempo necessario per la formazione del deflusso superficiale e del tempo di corrivazione del bacino:

$$\tau = \tau_c + \tau_f$$

dove

τ_c è il tempo di corrivazione

τ_f è il tempo necessario per la formazione del ruscellamento superficiale.

La valutazione del tempo di corrivazione viene fatta attraverso un confronto critico delle seguenti formule empiriche:

Formula di Ventura	$\tau_c = 0.127 \left(\frac{S}{J_m} \right)^{\frac{1}{2}}$	<i>J_m</i> pendenza media dell'asta <i>S</i> superficie del bacino in km ²
Formula di Giandotti	$\tau_c = \frac{4S^{\frac{1}{2}} + 1.5L}{0.8(H_m - H_s)^{\frac{1}{2}}}$	<i>H_m</i> altitudine media del bacino <i>H_s</i> quota della sezione di controllo in m s.l.m.
Formula di Pasini	$\tau_c = \frac{0.108(S * L)^{\frac{1}{3}}}{J_m^{\frac{1}{2}}}$	<i>J_m</i> pendenza media dell'asta <i>L</i> lunghezza in Km della stessa <i>S</i> superficie del bacino
Formula di Viparelli	$\tau_c = \frac{L}{3.6V}$	<i>L</i> lunghezza in Km dell'asta <i>V</i> velocità media di scorrimento da assumersi su valori compresi tra 1 m/s e 1.5 m/s.
Formula VAPI Sardegna	$\tau_c = 0.212 * A^{0.231} \left(\frac{H_m}{J_m} \right)^{0.289}$	<i>H_m</i> altitudine media del bacino <i>J_m</i> la pendenza media del reticolo
Formula Soil Conservation Service	$\tau_c = 1.67 \frac{100L^{0.8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{1900 * i_{versante}^{0.5}}$	<i>i</i> pendenza media del bacino <i>L</i> lunghezza asta principale in piedi

Il tempo di formazione del ruscellamento superficiale, viene calcolato mediante la seguente espressione:

$$\tau_f = \frac{I_a}{i_{[(\tau_c + \tau_f), r]}}$$

dove

I_a: rappresenta l'assorbimento iniziale

I : intensità di pioggia relativa alla durata critica

La pendenza media dell'asta principale è invece valutata mediante la relazione

$$\sqrt{J_m} = \frac{L}{\sum_1^n \frac{l_i}{\sqrt{i_i}}}$$

dove :

L è la lunghezza dell'asta

l_i lunghezza del tratto *i-esimo* a pendenza omogenea

i_i la pendenza del tratto *i-esimo* a pendenza omogenea

In questo studio si è adottata la condizione più sfavorevole ponendo $\tau = 0$
f

1.3.1.6 Scelta del tempo di ritorno

Sulla base delle disposizioni delle N.d.A. e delle Linee Guida del PAI Sardegna, i tempi di ritorno adottati sono di 50, 100, 200 e 500 anni.

1.3.1.7 Scelta del metodo per la stima della portata di piena

Non disponendo di informazioni dirette sulle portate del compluvio in studio, si è fatto ricorso al metodo indiretto "razionale", utilizzando per il calcolo dell'altezza di pioggia critica, le curve di possibilità pluviometrica derivate attraverso il metodo classico log-normale o adottando il modello probabilistico TCEV.

Mentre per la valutazione del tempo di corrivazione del bacino è stata adottato cautelativamente il valore minore tra quelli ottenuti con le formule del Ventura e del Pasini, in accordo con quanto riportato nella letteratura specializzata che considera dette formula indicata per i piccoli bacini anche di forma allungata (Pasini) quale è il nostro. Per il bacino residuo tale valore è stato ulteriormente contratto (20 minuti primi) per tener conto del risultato fornito dalla formula di Kirpich.

1.3.2 Calcolo delle portate di piena

Le portate di piena sono calcolate, con le modalità illustrate nei precedenti punti, per l'intero sotto-bacino di 1.425 km² sotteso dalla sezione di controllo, tra via Firenze e via N. Bixio.

Poiché dalle verifiche idrauliche è emerso che il canale di guardia esistente lungo la S.S. n. 130 è in grado di intercettare e deviare tutte le portate provenienti da monte, si è provveduto ad eseguire lo studio idrologico anche sul bacino residuo, situato immediatamente a valle di detto canale di guardia.

Nelle tabelle seguenti sono riportati, oltre ai principali dati morfometrici dei bacini, i valori delle portate di piena associati ai diversi tempi di ritorno. Tra i due modelli probabilistici utilizzati per la regionalizzazione dei dati pluviometrici, viene adottato quello che fornisce valori di portata maggiori.

2 RISULTATI DELLO STUDIO IDROLOGICO – PORTATE DI PROGETTO

Sezione a 14.52 m

BACINO MONTANO

Decimomannu_sud

CARATTERISTICHE DEL BACINO

Superficie totale	A =	km ²	1.425
Lunghezza dell'asta principale	L =	km	2.932
Lunghezza idraulica del bacino	Li =	km	2.16
Perimetro del bacino	P =	km	6.254
Pendenza media del reticolo	i =		0.0037
Pendenza media di versante del bacino	jv =		0.0042
Altitudine massima del bacino (asta princ.)	H _{max} =	m	25.70
Altitudine media del bacino	H _m =	m	17.75
Altitudine della sezione terminale	h =	m	14.52
Parametro di assorbimento	CN =		92.00
Frazione della superficie impermeabile	A _{imp} =		0.30

CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO		[h]	v[m/s]
Ventura		2.492	0.327
Pasini		2.860	0.285
Giandotti		6.379	0.128
Kirpich		1.294	0.630
Soil Conservation Service		3.224	0.253
Formula VAPI Sardegna		1.629	0.500

Tempo di corrivazione adottato per il bacino in esame	tc = ore	2.500
Velocità media	V _m = m/s	0.326
GRUPPO DI APPARTENENZA (LOG-NORMALE)[1-2-3-4]	GR :	1
SOTTOSONA DI APPARTENENZA (MOD. TCEV)	SZO :	2
ALTEZZA DI PIOGGIA MEDIA GIORNALIERA	μ _g = mm	50.0

Stima del coefficiente di afflusso		
Schaake, Geyer, Knapp	C1 =	0.3535
Stima in funzione del tempo di ritorno e pendenza di versante	C _{parzimp} =	1.0000
	C _{parzperm} =	0.5948
	C2 (medio pond.) =	0.7164
Coefficiente di afflusso adottato	Ψ =	0.80

Pendenza media asta principale

Tratto	Qi (m)	Qi+1	L (m)	i	i ^{1/2}	L/i ^{1/2}
0	14.52	17	762.000	0.003254593	0.057049	13356.929
1	17	20	970.000	0.003092784	0.0556128	17442.028
2	20	25.7	1200.000	0.00475	0.0689202	17411.43
3	25.7					

Sezione a m

14.52

BACINO MONTANO *Decimomannu_sud*

CARATTERISTICHE DEL BACINO

Superficie totale	A =	km ²	1.425
Pendenza media	i =		0.00370
Lunghezza dell'asta principale	L =	km	2.932
Sotto Zona Omogenea [1-2-3]	SZO		2
Altitudine media del bacino		m	17.75
Altitudine della sezione terminale		m	14.52
Curve Number	CN =		92
Altezza di pioggia media giornaliera	μ_g =	mm	50.00
Assorbimento medio del bacino	S =	mm	22.09
Assorbimento iniziale	I_a =	mm	4.42

MODELLO PROBABILISTICO TCEV

Tempo di corrvazione	t_c =	2.500	[ore]
Tempo formaz. ruscellamento superficiale	t_f =	I_a/i(Θ_c,r)	[ore]
Durata di pioggia critica	Θ =	t_c + t_f	[ore]
Pioggia indice	μ(τ) =	a₁*τ^{b₁}	[mm]
		a₁ =	20.69141
		b₁ =	0.31571
Coefficiente di ragguaglio areale	r =	1 - 0.0394*A^{0.354}*τ^λ	λ = -0.36992

ALTEZZA DI PIOGGIA E PORTATE DI PIENA

P	TEMPO DI RITORNO ANNI	a ₂ '	b ₂ '	t _f [ore]	Θ [ore]	Pioggia indice h _i	Pioggia lorda h _l	Coeff. ragg. Areale r	Pioggia ragg. h _{rag}	Pioggia netta h _n	Intensità Pioggia i	Q m ³ /s
0.95000	20	1.85479167	-0.01229798	0.240	2.740	28.443	52.11	0.969	50.50	31.15	11.372	4.50
0.96000	25	1.96032667	-0.01273814	0.226	2.726	28.398	54.96	0.969	53.27	33.64	12.341	4.88
0.96667	30	2.04655505	-0.01309778	0.216	2.716	28.365	57.30	0.969	55.53	35.69	13.140	5.20
0.97500	40	2.18261333	-0.01366526	0.202	2.702	28.319	60.98	0.969	59.09	38.94	14.412	5.70
0.98000	50	2.28814833	-0.01410542	0.192	2.692	28.287	63.83	0.969	61.85	41.48	15.407	6.10
0.99000	100	2.61597	-0.0154727	0.167	2.667	28.204	72.67	0.969	70.41	49.45	18.537	7.34
0.99500	200	2.94379167	-0.01683998	0.148	2.648	28.140	81.49	0.969	78.95	57.50	21.712	8.59
0.99800	500	3.37714833	-0.01864742	0.129	2.629	28.074	93.12	0.969	90.21	68.23	25.954	10.27
0.99900	1000	3.70497	-0.0200147	0.117	2.617	28.035	101.89	0.969	98.70	76.39	29.188	11.55
0.99980	5000	4.46614833	-0.02318942	0.097	2.597	27.967	122.17	0.969	118.34	95.42	36.743	14.54
0.99990	10000	4.79397	-0.0245567	0.090	2.590	27.944	130.87	0.969	126.76	103.63	40.008	15.83

Sezione a m 14.52

BACINO MONTANO

Decimomannu_sud

CARATTERISTICHE DEL BACINO

Superficie totale	A =	km ²	1.425
Pendenza media	i =		0.00370
Coefficiente di deflusso	Ψ =		0.80
Lunghezza dell'asta principale	L =	km	2.932
Gruppo di appartenenza			1
Altitudine media del bacino	H _m =	m	17.75
Altitudine della sezione terminale	h =	m	14.52
Velocità media della corrente	v _m =	m/s	0.33

Coefficienti delle equazioni delle curve di possibilità pluviometrica

α =	1.273175
β =	0.179731
γ =	0.305043
δ =	-0.0171463

EQUAZIONE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA DETERMINATA CON DISTRIBUZIONE LOG-NORMALE

$$h = h_1 * t^{(\gamma + \delta * u)} \quad \log(h_1) = \alpha + \beta * u$$

Tempo di corrvazione

Tc = 2.500 [ore]

ALTEZZA DI PIOGGIA CRITICA E PORTATE DI PIENA									
P	Tr [anni]	u	t _r [ore]	Θ [ore]	h ₁ mm	h _c mm	Coeff. ragg. Areale r	Pioggia netta h _n	Q m ³ /s
0.95000	20	1.644854	0.239577	2.740	37.05	48.97	0.9692	47.47	5.49
0.96000	25	1.750686	0.226017	2.726	38.71	51.00	0.9692	49.43	5.74
0.96667	30	1.833915	0.216032	2.716	40.07	52.66	0.9691	51.04	5.95
0.97500	40	1.959964	0.201965	2.702	42.21	55.29	0.9691	53.58	6.28
0.98000	50	2.053749	0.192261	2.692	43.88	57.33	0.9690	55.55	6.53
0.99000	100	2.326348	0.167328	2.667	49.12	63.72	0.9689	61.74	7.33
0.99500	200	2.575829	0.148158	2.648	54.47	70.22	0.9689	68.03	8.13
0.99800	500	2.878162	0.128720	2.629	61.73	79.03	0.9688	76.56	9.22
0.99900	1000	3.090232	0.117127	2.617	67.39	85.88	0.9687	83.19	10.06
0.99980	5000	3.540084	0.096940	2.597	81.18	102.50	0.9686	99.28	12.10
0.99990	10000	3.719016	0.090267	2.590	87.42	109.98	0.9686	106.53	13.02

Sezione a 14.52 m

BACINO MONTANO

Decimomannu_Bacino residuo

CARATTERISTICHE DEL BACINO

Superficie totale	A =	km ²	0.107
Lunghezza dell'asta principale	L =	km	0.492
Lunghezza idraulica del bacino	Li =	km	0.46
Perimetro del bacino	P =	km	1.600
Pendenza media del reticolo	i =		0.0060
Pendenza media di versante del bacino	jv =		0.0042
Altitudine massima del bacino (asta princ.)	H _{max} =	m	17.46
Altitudine media del bacino	H _m =	m	15.50
Altitudine della sezione terminale	h =	m	14.52
Parametro di assorbimento	CN =		96.00
Frazione della superficie impermeabile	A _{imp} =		0.70

CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO		[h]	v[m/s]
Ventura		0.537	0.254
Pasini		0.524	0.261
Giandotti		2.584	0.053
Kirpich		0.275	0.496
Soil Conservation Service		0.637	0.215
Formula VAPI Sardegna		0.552	0.247

Tempo di corrivazione adottato per il bacino in esame	tc = ore	0.330
Velocità media	Vm = m/s	0.414
GRUPPO DI APPARTENENZA (LOG-NORMALE)[1-2-3-4]	GR :	1
SOTTOSONA DI APPARTENENZA (MOD. TCEV)	SZO :	2
ALTEZZA DI PIOGGIA MEDIA GIORNALIERA	μ _g = mm	50.0

Stima del coefficiente di afflusso		
Schaake, Geyer, Knapp	C1 =	0.6249
Stima in funzione del tempo di ritorno e pendenza di versante	Cparzimp.=	1.0000
	Cparzperm.=	0.7052
	C2 (medio pond.) =	0.9116
Coefficiente di afflusso adottato	Ψ =	0.91

Pendenza media asta principale

Tratto	Qi (m)	Qi+1	L (m)	i	i ^{1/2}	L/i ^{1/2}
0	14.52	17	762.000	0.003254593	0.057049	13356.929
1	17	20	970.000	0.003092784	0.0556128	17442.028
2	20	25.7	1200.000	0.00475	0.0689202	17411.43
3	25.7					

Sezione a m

14.52

BACINO MONTANO

Decimomannu_Bacino residuo

CARATTERISTICHE DEL BACINO

Superficie totale	A =	km ²	0.107
Pendenza media	i =		0.00598
Lunghezza dell'asta principale	L =	km	0.492
Sotto Zona Omogenea [1-2-3]	SZO		2
Altitudine media del bacino		m	15.50
Altitudine della sezione terminale		m	14.52
Curve Number	CN =		96
Altezza di pioggia media giornaliera	μ_g =	mm	50.00
Assorbimento medio del bacino	S =	mm	10.58
Assorbimento iniziale	I_a =	mm	2.12

MODELLO PROBABILISTICO TCEV

Tempo di corrivazione	t_c =	0.330	[ore]
Tempo formaz. ruscellamento superficiale	t_r =	I_a/i(Θ_c,r)	[ore]
Durata di pioggia critica	Θ =	t_c + t_r	[ore]
Pioggia indice	μ(τ) =	a₁*τ^b₁	[mm]
	a₁ =	20.69141	
	b₁ =	0.31571	
Coefficiente di ragguaglio areale	r =	1 - 0.0394*A^{0.354}*τ^λ	λ = -0.36002

ALTEZZA DI PIOGGIA E PORTATE DI PIENA

P	TEMPO DI RITORNO ANNI	a ₂ '	b ₂ '	t _r [ore]	Θ [ore]	Pioggia indice h _i	Pioggia lorda h _l	Coeff. ragg. Areale r	Pioggia ragg. h _{rag}	Pioggia netta h _n	Intensità Pioggia i	Q m ³ /s
0.95000	20	1.85479167	0.079316435	0.031	0.361	14.994	25.65	0.974	24.99	15.64	43.367	1.29
0.96000	25	1.96032667	0.094613902	0.029	0.359	14.978	26.65	0.974	25.96	16.52	45.968	1.37
0.96667	30	2.04655505	0.106643929	0.028	0.358	14.965	27.45	0.974	26.74	17.22	48.063	1.43
0.97500	40	2.18261333	0.124768241	0.027	0.357	14.948	28.69	0.974	27.95	18.32	51.324	1.53
0.98000	50	2.28814833	0.138103515	0.026	0.356	14.936	29.63	0.974	28.87	19.17	53.820	1.60
0.99000	100	2.61597	0.175498	0.024	0.354	14.903	32.49	0.974	31.64	21.73	61.455	1.83
0.99500	200	2.94379167	0.206797356	0.022	0.352	14.876	35.28	0.974	34.36	24.28	69.039	2.05
0.99800	500	3.37714833	0.238818594	0.019	0.349	14.847	39.01	0.974	37.99	27.70	79.266	2.36
0.99900	1000	3.70497	0.2559655	0.018	0.348	14.828	41.93	0.974	40.84	30.41	87.369	2.60
0.99980	5000	4.46614833	0.272272672	0.015	0.345	14.789	49.44	0.974	48.15	37.43	108.425	3.22
0.99990	10000	4.79397	0.269172	0.014	0.344	14.774	53.15	0.974	51.75	40.91	118.909	3.53

Sezione a m 14.52

BACINO MONTANO

Decimomannu_Bacino residuo

CARATTERISTICHE DEL BACINO

Superficie totale	A =	km ²	0.107
Pendenza media	i =		0.00598
Coefficiente di deflusso	Ψ =		0.91
Lunghezza dell'asta principale	L =	km	0.492
Gruppo di appartenenza			1
Altitudine media del bacino	H _m =	m	15.50
Altitudine della sezione terminale	h =	m	14.52
Velocità media della corrente	v _m =	m/s	0.41

Coefficienti delle equazioni delle curve di possibilità pluviometrica

α =	1.273175
β =	0.179731
γ =	0.305043
δ =	-0.0171463

EQUAZIONE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA DETERMINATA CON DISTRIBUZIONE LOG-NORMALE

$$h = h_1 * t^{(\gamma + \delta * u)} \quad \log(h_1) = \alpha + \beta * u$$

Tempo di corrvazione

Tc = 0.330 [ore]

ALTEZZA DI PIOGGIA CRITICA E PORTATE DI PIENA

P	Tr [anni]	u	t _r [ore]	Θ [ore]	h ₁ mm	h _c mm	Coeff. ragg. Areale r	Pioggia netta h _n	Q m ³ /s
0.95000	20	1.644854	0.030537	0.361	37.05	27.94	0.9742	27.21	2.04
0.96000	25	1.750686	0.029289	0.359	38.71	29.21	0.9742	28.46	2.14
0.96667	30	1.833915	0.028361	0.358	40.07	30.26	0.9742	29.48	2.22
0.97500	40	1.959964	0.027038	0.357	42.21	31.92	0.9741	31.09	2.36
0.98000	50	2.053749	0.026112	0.356	43.88	33.21	0.9741	32.35	2.46
0.99000	100	2.326348	0.023657	0.354	49.12	37.29	0.9740	36.32	2.78
0.99500	200	2.575829	0.021661	0.352	54.47	41.47	0.9740	40.39	3.11
0.99800	500	2.878162	0.019471	0.349	61.73	47.18	0.9739	45.95	3.56
0.99900	1000	3.090232	0.018040	0.348	67.39	51.65	0.9739	50.30	3.91
0.99980	5000	3.540084	0.015175	0.345	81.18	62.60	0.9738	60.96	4.78
0.99990	10000	3.719016	0.014072	0.344	87.42	67.58	0.9738	65.81	5.17

PARTE SECONDA

CALCOLI IDRAULICI

3 GENERALITA'

Sulla base delle portate di progetto calcolate, come illustrato nella relazione idrologica (Parte prima), vengono di seguito riportate le verifiche idrauliche relative alla sezione di controllo.

Lo studio idraulico è stato condotto, in regime di moto stazionario, nell'intero impluvio a monte della sezione di controllo; il modello è definito da una serie di sezioni trasversali distribuite lungo il percorso, dislocate nei punti topograficamente e idraulicamente più rappresentativi e in corrispondenza di importanti variazioni della forma e della scabrezza delle superfici di scorrimento. Queste sezioni sono ottenute per mezzo di rilevamenti topografici e attraverso la cartografia regionale e/o il modello matematico del terreno con maglia 1.00x1.00 m, disponibile dal 2008 per tutta la fascia costiera della Sardegna e per gran parte dell'area metropolitana di Cagliari.

I profili di moto permanente della corrente sono stati ricostruiti con l'ausilio del codice di simulazione "River Analysis System" ver. 4.1.0 – gennaio 2010, realizzato da U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center, noto più comunemente con l'acronimo di "HEC-RAS".

Per la costruzione del modello dell'asta fluviale¹, nel programma di simulazione sono stati inseriti:

- Planimetria di tutto lo sviluppo dell'asta in studio;
- Sezioni trasversali dell'asta principale nello stato attuale, estese alle aree golenali limitrofe suscettibili di essere interessate dalla piena.

I suddetti elementi sono stati introdotti nel programma per mezzo delle coordinate piane dei vertici delle poligoni che li costituiscono, con riferimento topografico locale. In particolare, le sezioni, viste da monte verso valle, sono riferite all'asse del corso d'acqua, come riportato in planimetria, e al livello medio marino (quota zero). Inoltre per la caratterizzazione fisico-geometrica di queste ultime, sono stati definiti per ogni sezione posizione delle sponde, scabrezza delle superfici e posizione di eventuali argini e manufatti.

3.1 Scelta dei coefficienti di scabrezza

Considerato lo stato e le caratteristiche delle superfici di scorrimento, sono stati attribuiti i seguenti coefficienti di resistenza di Manning:

Superfici di scorrimento principali (strade e piste) $n = 0.030$

Aree golenali in generale (solitamente aree coltivate) $n = 0.033$

¹ Come già precisato in premessa, non esiste alcuna asta fluviale ma dei compluvi, come strade, lungo i quali i volumi idrici vanno a concentrarsi.

3.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno dei sistemi idrici in studio sono così individuate:

- Contorno di monte : altezza di moto uniforme della corrente con valore noto della pendenza.
- Contorno di valle : c.s.

A completamento della serie di dati occorrenti per far girare il programma di simulazione, sono stati infine inseriti i valori delle portate ottenuti con lo studio descritto nel precedente studio idrologico.

3.3 Valori delle portate di piena lungo l'asta

Il bacino in esame ha una superficie assai modesta e una forma molto allungata. Le portate massime valutate con lo studio idrologico sono riferite alla sezione finale di controllo; per la simulazione del comportamento idraulico del reticolo, nel codice di calcolo sono state inseriti valori di portata crescenti, da monte verso valle, in proporzione alle aree sottese dalle sezioni.



Figura 4 - Canale di guardia lungo la S.S. n. 130

All'altezza della sezione 9.6 si incontra l'asse del canale di guardia corrente lungo la S.S. n. 130 Cagliari-Iglesias; detto canale, come meglio illustrato più oltre, è idoneo alla intercettazione della massima portata di piena e a deviarla verso altro recapito, allontanandola dalle aree abitate. Pertanto nel tronco di compluvio a valle della sezione 9, sono applicate le portate di piena raccolte nel bacino tributario residuo, e distribuite in maniera proporzionale crescente, lungo il percorso.

VALORI DELLE PORTATE LUNGO L'ASTA VALLIVA DECIMOMANNU						
SEZIONE	SEZIONE DI CALCOLO	SUPERFICIE SOTTESA KM ²	Q50 [M ³ /S]	Q100 [M ³ /S]	Q200 [M ³ /S]	Q500 [M ³ /S]
9	8	0.010	0.23	0.26	0.29	0.33
8	6	0.021	0.48	0.55	0.61	0.70
6	5	0.034	0.78	0.88	0.99	1.13
5	4	0.045	1.03	1.17	1.31	1.50
4	3	0.057	1.31	1.48	1.66	1.90
3	2	0.088	2.02	2.29	2.56	2.93
2	1	0.107	2.46	2.78	3.11	3.56

Il canale di guardia ha una sezione trapezia con larghezza al fondo di un metro e sponde in terra inclinate di 45°; la quota del bordo, in corrispondenza dell'attraversamento, è a m 17.64; mentre il fondo si trova alla quota di m 15.10. Come si evince dalla tabella "Scala delle portate del canale lungo la S.S: N. 130", alla quota del pelo libero di m 17.41 (quota massima raggiunta dalla corrente proveniente da monte per T= 200 anni) il canale porta 12 m³/s, portata ben superiore alla piena bicentennale di 8.13 m³/s.



Figura 5 - Canale di guardia

COMUNE DI DECIMOMANNU

PIANO DI LOTTIZZAZIONE ANTONIO LEO

SCALA DELLE PORTATE DEL CANALE LUNGO LA S.S. N. 130

Larghezza del fondo			Li = m	1.00	Scabrezza Gaukler & Strickler =			40	0.025
Scarpa		(L/H)		1	Pendenza del fondo - i =			0.0015	
H	Li	Ls	A	P	R	Q	V	Zpl	
[m]	[m]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[m/s]	[m s.l.m.]	
1.00	1.00	3.00	2.0000	3.83	0.5224	2.0097	1.005	16.10	
1.05	1.00	3.10	2.1525	3.97	0.5422	2.2173	1.030	16.15	
1.10	1.00	3.20	2.3100	4.11	0.5619	2.4367	1.055	16.20	
1.15	1.00	3.30	2.4725	4.25	0.5814	2.6682	1.079	16.25	
1.20	1.00	3.40	2.6400	4.39	0.6008	2.9120	1.103	16.30	
1.25	1.00	3.50	2.8125	4.54	0.6201	3.1684	1.127	16.35	
1.30	1.00	3.60	2.9900	4.68	0.6393	3.4375	1.150	16.40	
1.35	1.00	3.70	3.1725	4.82	0.6584	3.7197	1.172	16.45	
1.40	1.00	3.80	3.3600	4.96	0.6774	4.0151	1.195	16.50	
1.45	1.00	3.90	3.5525	5.10	0.6964	4.3239	1.217	16.55	
1.50	1.00	4.00	3.7500	5.24	0.7153	4.6465	1.239	16.60	
1.55	1.00	4.10	3.9525	5.38	0.7341	4.9829	1.261	16.65	
1.60	1.00	4.20	4.1600	5.53	0.7529	5.3335	1.282	16.70	
1.65	1.00	4.30	4.3725	5.67	0.7716	5.6985	1.303	16.75	
1.70	1.00	4.40	4.5900	5.81	0.7902	6.0780	1.324	16.80	
1.75	1.00	4.50	4.8125	5.95	0.8089	6.4723	1.345	16.85	
1.80	1.00	4.60	5.0400	6.09	0.8274	6.8816	1.365	16.90	
1.85	1.00	4.70	5.2725	6.23	0.8460	7.3061	1.386	16.95	
1.90	1.00	4.80	5.5100	6.37	0.8644	7.7461	1.406	17.00	
1.95	1.00	4.90	5.7525	6.52	0.8829	8.2017	1.426	17.05	
2.00	1.00	5.00	6.0000	6.66	0.9013	8.6732	1.446	17.10	
2.05	1.00	5.10	6.2525	6.80	0.9197	9.1607	1.465	17.15	
2.10	1.00	5.20	6.5100	6.94	0.9381	9.6645	1.485	17.20	
2.15	1.00	5.30	6.7725	7.08	0.9564	10.1848	1.504	17.25	
2.20	1.00	5.40	7.0400	7.22	0.9747	10.7218	1.523	17.30	
2.25	1.00	5.50	7.3125	7.36	0.9930	11.2756	1.542	17.35	
2.30	1.00	5.60	7.5900	7.51	1.0113	11.8466	1.561	17.40	
2.35	1.00	5.70	7.8725	7.65	1.0295	12.4348	1.580	17.45	
2.40	1.00	5.80	8.1600	7.79	1.0477	13.0406	1.598	17.50	
2.45	1.00	5.90	8.4525	7.93	1.0659	13.6640	1.617	17.55	
2.50	1.00	6.00	8.7500	8.07	1.0841	14.3053	1.635	17.60	

4 RISULTATI OTTENUTI

Considerata la durata relativamente lunga degli eventi di piena, le simulazioni sono state condotte in regime di moto permanente, inserendo nel codice di calcolo Hec-Ras il valore massimo delle portate degli idrogrammi di piena, come illustrato nel precedente punto 3.2.

I profili di moto permanente del pelo libero così ottenuti, in corrispondenza delle quattro serie di valori della portata (associati ai corrispondenti livelli di pericolosità), hanno permesso di tracciare i contorni delle aree suscettibili di allagamento e di dimensionare correttamente le opere di sistemazione eventualmente necessarie.

Nelle tabelle *-Profili di moto permanente-* allegate alla presente relazione, compaiono i valori numerici che definiscono i suddetti profili delle correnti. Per ciascuna sezione sono presentati i seguenti valori (partendo dalla 2^a colonna a sinistra):

- [Cum Ch Len (m)] Lunghezza progressiva del canale riferita alla sez. 1 in metri
- [Q Total (m³/s)] Portata totale in m³/s
- [Min Ch El (m)] Quota del fondo dell'alveo, in metri, riferita al medio mare
- [W.S. El (m)] Quota del pelo libero della corrente in metri sul medio mare
- [Vel Chnl (m/s)] Velocità media della corrente in m/s
- [E.G. Slope (m/m)] Pendenza della linea di energia totale
- [Flow Area (m²)] Area della sezione bagnata in m²
- [Top Width (m)] Larghezza del pelo libero in metri
- [Froude # Chl] Numero di Froude.

Le suddette informazioni sono restituite dal programma di simulazione, e ad esse ne sono state affiancate alcune ulteriori, riferite alla geometria dell'alveo, per un immediata valutazione degli effetti della piena sulla nuova opera:

- Quota della riva in sinistra idraulica in metri s.l.m.m.
- Quota della riva destra in metri s.l.m.m.
- Franco in sinistra in metri
- Franco in destra in metri
- Altezza cinetica in metri
- Altezza della corrente

4.1 Pericolosità idraulica relativa nell'abitato

Come già accennato nella premessa, per attribuire il "giusto peso" alla potenzialità che può avere una corrente idraulica di produrre danni, oltre alla frequenza, si considerano altri due elementi oggettivi: il tirante e la velocità media.

Adottando il criterio già applicato per altri territori della Regione, si introduce e si applica il concetto di pericolosità relativa come appresso descritto.

Il grado di pericolosità, in una data sezione, ottenuto in funzione della probabilità di accadimento viene ridotto di uno o due gradi a seconda dei valori assunti in tale sezione dalla velocità media della corrente e dal tirante idrico.

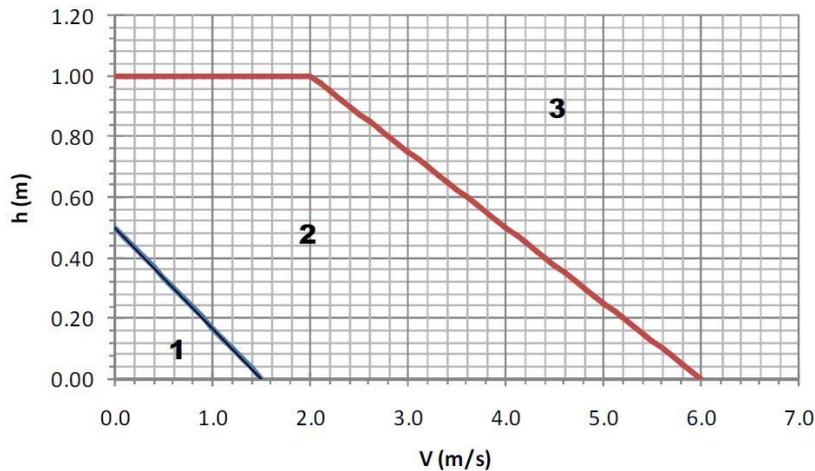


Figura 6 - Diagramma della pericolosità relativa (tratto dallo studio dell'ing. Liberatore per il comune di Capoterra).

In fondo alle allegate tabelle dei profili di moto permanente sono riportati i diagrammi [Velocità/Tiranti] all'interno dei quali sono inseriti i punti che rappresentano le sezioni dell'asta (numeri in rosso).

È immediato constatare che tutti i punti rappresentativi delle sezioni calate nell'abitato (dalla n. 9 in giù) si trovano nella "zona 1"; corrispondentemente, la pericolosità in questi tratti passa dal livello H_i4 al livello H_i2 (moderata). Con questo criterio è allestita la planimetria della pericolosità idraulica allegata alla presente relazione, di cui si riporta uno stralcio, dalla quale emerge altresì che l'area oggetto del "Piano di Lottizzazione Antonio Leo" è caratterizzata da **pericolosità idraulica moderata H_i1** , come determinato nel Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

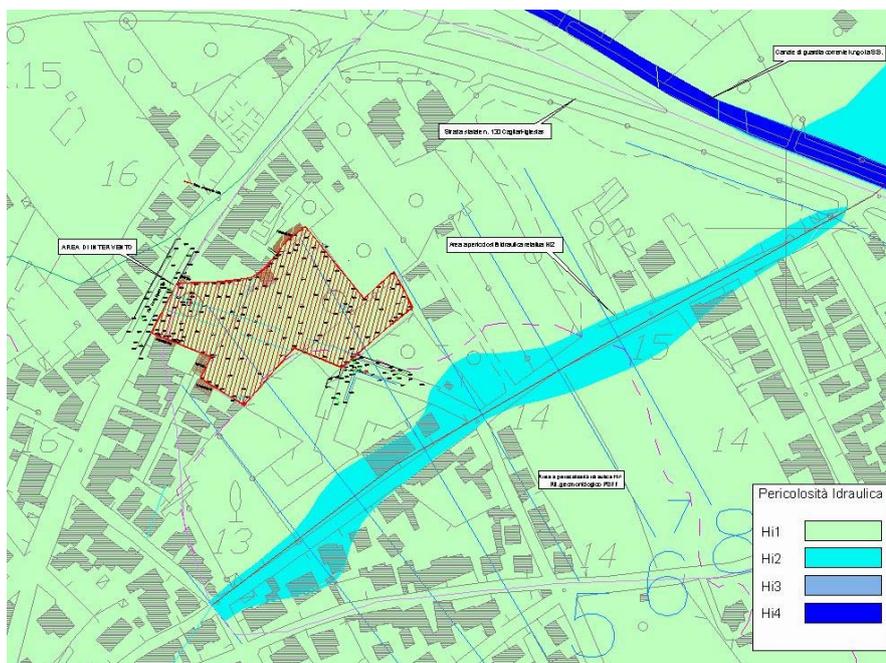
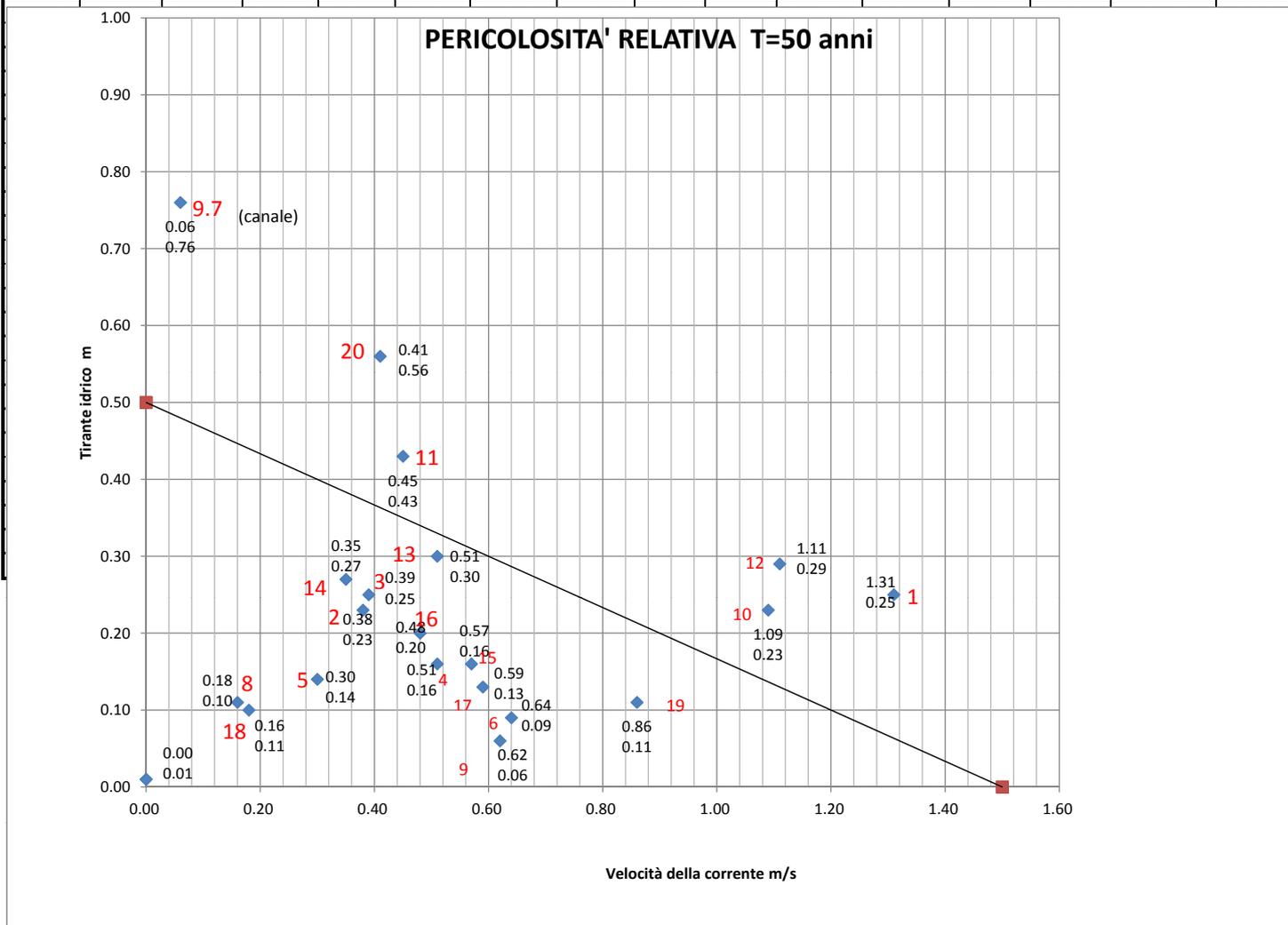


Figura 7 - Stralcio planimetrico della zona di intervento

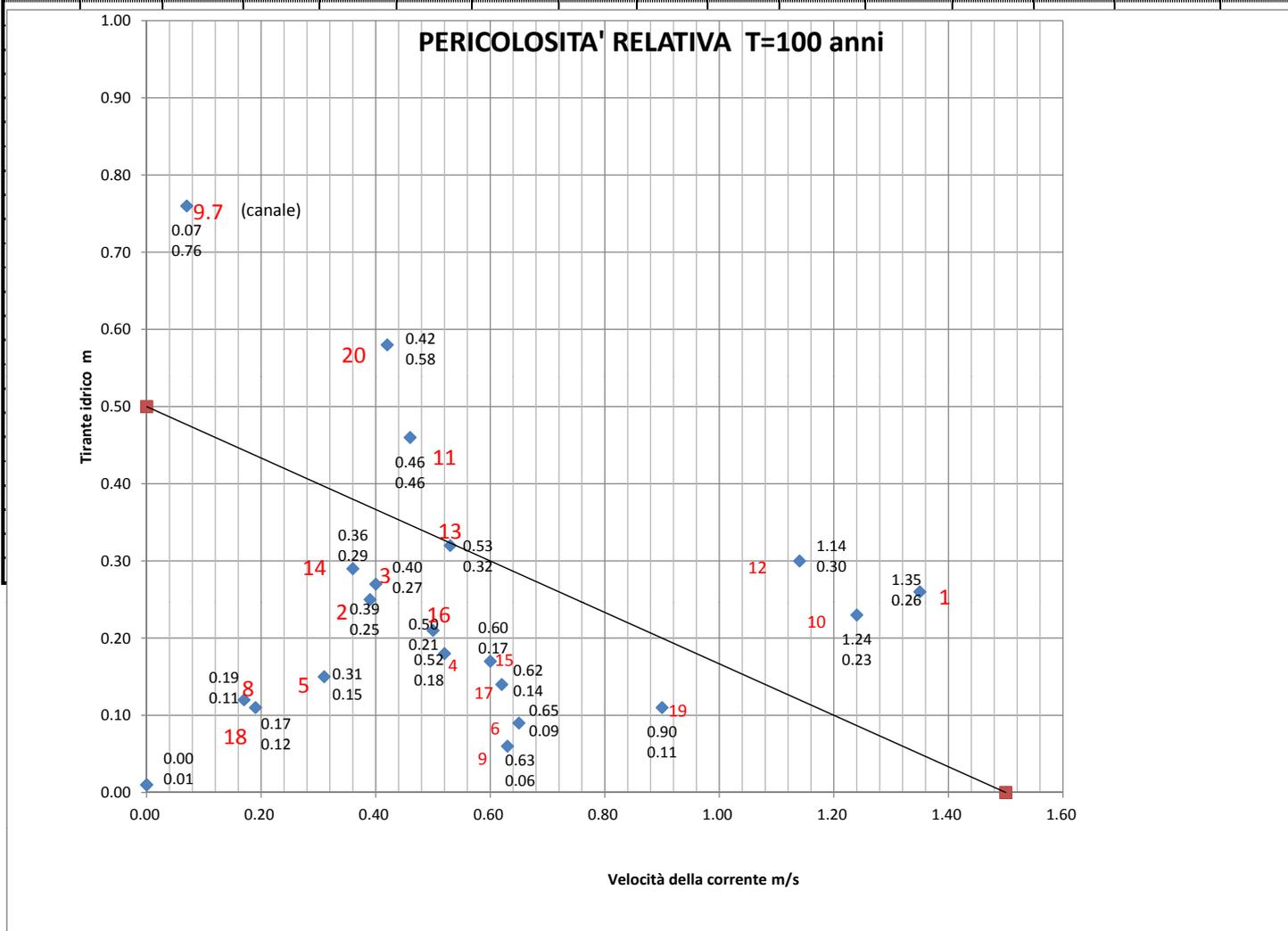
PROFILO DI MOTO PERMANENTE - Tr = 50 anni -

River Sta	Cum Ch Len (m)	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	E.G. Slope (m/m)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Quota riva Sx (m)	Quota riva Dx (m)	Franco Sx (m)	Franco Dx (m)	Atezza cinetica (m)	Altezza corrente (m)
20	2929.64	0.65	25.12	25.68	0.41	0.0011	1.60	7.06	0.27	25.71	25.69	0.03	0.01	0.009	0.56
19	2754.41	0.65	25.04	25.15	0.86	0.0204	0.76	9.82	0.99	25.18	25.15	0.03	0	0.038	0.11
18	2553.46	0.65	24.09	24.20	0.16	0.0007	4.08	52.76	0.18	24.24	24.27	0.04	0.07	0.001	0.11
17	2313.68	3.26	23.08	23.21	0.59	0.0078	5.48	60.51	0.63	23.25	23.21	0.04	0	0.018	0.13
16	2038.18	3.26	21.76	21.96	0.48	0.0030	7.31	75.82	0.42	21.87	21.95	-0.09	-0.01	0.012	0.20
15	1737.16	3.26	20.57	20.73	0.57	0.0060	5.67	53.65	0.56	20.76	20.78	0.03	0.05	0.017	0.16
14	1522.01	3.26	20.00	20.27	0.35	0.0011	9.30	52.60	0.27	20.26	20.34	-0.01	0.07	0.006	0.27
13	1293.08	5.22	19.61	19.91	0.51	0.0019	10.35	58.02	0.36	19.93	19.86	0.02	-0.05	0.013	0.30
12	984.39	5.22	18.21	18.50	1.11	0.0177	4.71	37.68	1.00	18.68	18.68	0.18	0.18	0.063	0.29
11	760.42	5.22	17.29	17.72	0.45	0.0009	11.61	41.13	0.27	17.67	17.67	-0.05	-0.05	0.010	0.43
10	643.99	6.53	17.14	17.37	1.09	0.0112	6.54	45.08	0.84	17.28	17.29	-0.09	-0.08	0.061	0.23
9.7	508.08	6.53	16.65	17.41	0.06	0.0000	109.96	163.24	0.03	16.86	16.84	-0.55	-0.57	0.000	0.76
9.62	Lat Struct														
9.6	501.17	0.00	15.58	17.41	0.00	0.0000	241.02	163.68	0.00	16.28	15.59	-1.13	-1.82	0.000	1.83
9.5	493.23	0.00	17.40	17.41	0.00	0.0000	0.01	3.54	0.00	17.64	17.56	0.23	0.15	0.000	0.01
9.4	486.35	0.00	17.31	17.32	0.00	0.0000	0.04	10.50	0.00	17.42	17.35	0.1	0.03	0.000	0.01
9	455.83	0.22	15.98	16.04	0.62	0.0439	0.35	13.32	1.22	16.17	16.24	0.13	0.2	0.020	0.06
8	302.40	0.47	15.59	15.69	0.18	0.0009	2.57	33.14	0.21	15.79	16.42	0.1	0.73	0.002	0.10
6	260.18	0.77	15.43	15.52	0.64	0.0253	1.20	28.37	1.00	15.76	15.93	0.24	0.41	0.021	0.09
5	205.44	1.02	15.11	15.25	0.30	0.0020	3.43	38.20	0.32	15.67	15.34	0.42	0.09	0.005	0.14
4	163.12	1.30	14.95	15.11	0.51	0.0046	2.55	23.99	0.50	15.41	15.34	0.3	0.23	0.013	0.16
3	111.21	2.01	14.75	15.00	0.39	0.0016	5.20	32.60	0.31	15.05	15.33	0.05	0.33	0.008	0.25
2	68.90	2.45	14.71	14.94	0.38	0.0013	6.48	37.17	0.29	15.15	15.17	0.21	0.23	0.007	0.23
1		2.45	14.39	14.64	1.31	0.0149	1.95	11.66	0.98	14.54	14.53	-0.1	-0.11	0.087	0.25



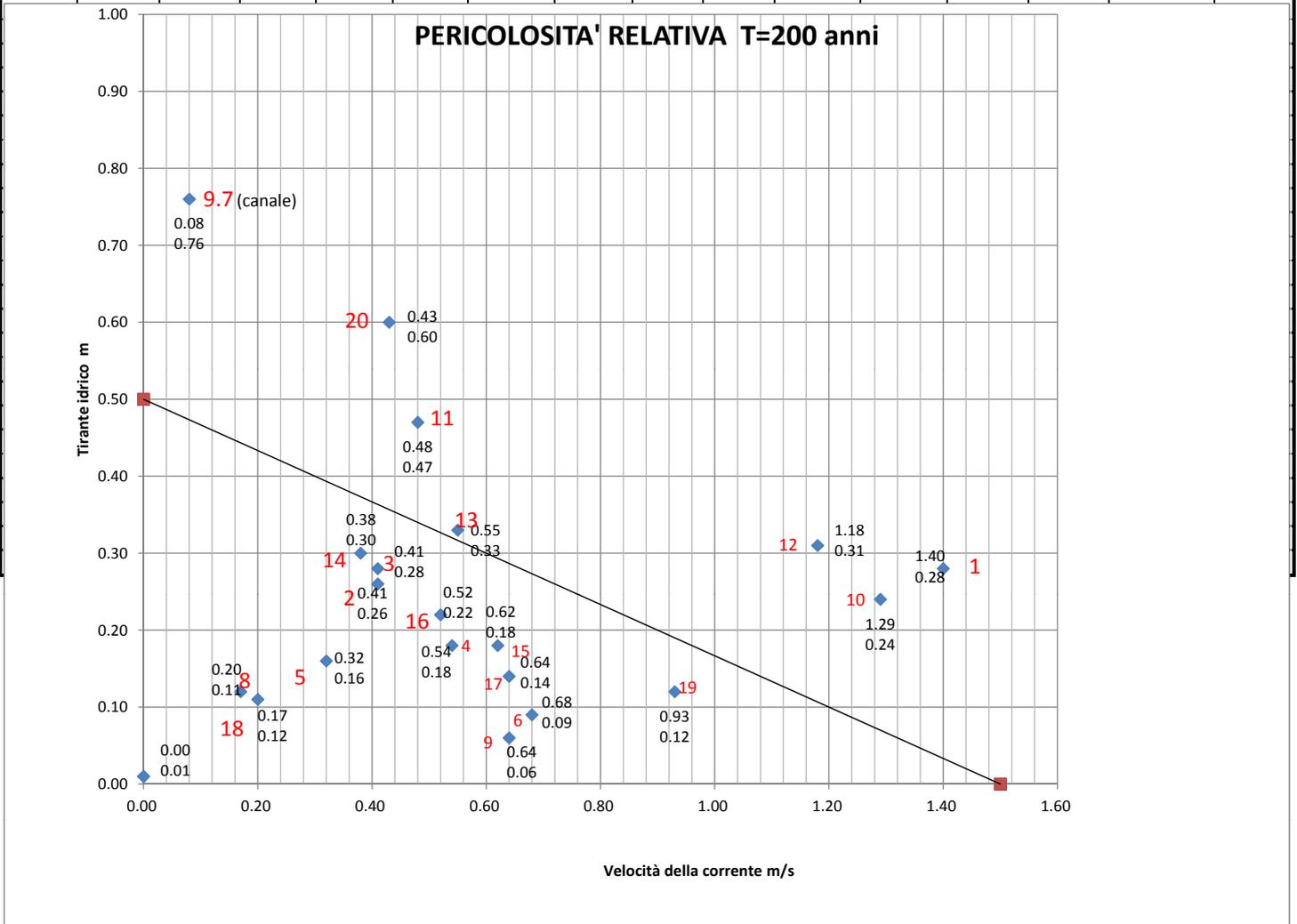
PROFILO DI MOTO PERMANENTE - Tr = 100 anni -

River Sta	Cum Ch Len (m)	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	E.G. Slope (m/m)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Quota riva Sx (m)	Quota riva Dx (m)	Franco Sx (m)	Franco Dx (m)	Atezza cinetica (m)	Altezza corrente (m)
20	2929.64	0.73	25.12	25.70	0.42	0.0011	1.74	7.51	0.28	25.71	25.69	0.01	-0.01	0.009	0.58
19	2754.41	0.73	25.04	25.15	0.90	0.0204	0.82	9.98	1.00	25.18	25.15	0.03	0	0.041	0.11
18	2553.46	0.73	24.09	24.21	0.17	0.0007	4.41	54.17	0.18	24.24	24.27	0.03	0.06	0.001	0.12
17	2313.68	3.67	23.08	23.22	0.62	0.0078	5.91	61.25	0.64	23.25	23.21	0.03	-0.01	0.020	0.14
16	2038.18	3.67	21.76	21.97	0.50	0.0030	7.98	77.28	0.42	21.87	21.95	-0.1	-0.02	0.013	0.21
15	1737.16	3.67	20.57	20.74	0.60	0.0059	6.13	54.50	0.57	20.76	20.78	0.02	0.04	0.018	0.17
14	1522.01	3.67	20.00	20.29	0.36	0.0011	10.06	52.92	0.27	20.26	20.34	-0.03	0.05	0.007	0.29
13	1293.08	5.86	19.61	19.93	0.53	0.0020	11.26	60.87	0.37	19.93	19.86	0	-0.07	0.014	0.32
12	984.39	5.86	18.21	18.51	1.14	0.0171	5.13	38.16	1.00	18.68	18.68	0.17	0.17	0.066	0.30
11	760.42	5.86	17.29	17.75	0.46	0.0009	12.71	41.91	0.26	17.67	17.67	-0.08	-0.08	0.011	0.46
10	643.99	7.33	17.14	17.37	1.24	0.0149	6.43	45.04	0.97	17.28	17.29	-0.09	-0.08	0.078	0.23
9.7	508.08	7.33	16.65	17.41	0.07	0.0000	109.96	163.24	0.03	16.86	16.84	-0.55	-0.57	0.000	0.76
9.62	Lat Struct														
9.6	501.17	0.00	15.58	17.41	0.00	0.0000	241.02	163.68	0.00	16.28	15.59	-1.13	-1.82	0.000	1.83
9.5	493.23	0.00	17.40	17.41	0.00	0.0000	0.01	3.54	0.01	17.64	17.56	0.23	0.15	0.000	0.01
9.4	486.35	0.00	17.31	17.32	0.00	0.0000	0.04	10.50	0.00	17.42	17.35	0.1	0.03	0.000	0.01
9	455.83	0.24	15.98	16.04	0.63	0.0436	0.38	13.85	1.22	16.17	16.24	0.13	0.2	0.020	0.06
8	302.40	0.53	15.59	15.70	0.19	0.0009	2.73	33.29	0.22	15.79	16.42	0.09	0.72	0.002	0.11
6	260.18	0.86	15.43	15.52	0.65	0.0232	1.33	29.20	0.97	15.76	15.93	0.24	0.41	0.022	0.09
5	205.44	1.15	15.11	15.26	0.31	0.0020	3.69	38.49	0.32	15.67	15.34	0.41	0.08	0.005	0.15
4	163.12	1.46	14.95	15.13	0.52	0.0043	2.82	24.39	0.49	15.41	15.34	0.28	0.21	0.014	0.18
3	111.21	2.27	14.75	15.02	0.40	0.0015	5.68	33.35	0.31	15.05	15.33	0.03	0.31	0.008	0.27
2	68.90	2.76	14.71	14.96	0.39	0.0013	7.03	37.80	0.29	15.15	15.17	0.19	0.21	0.008	0.25
1		2.76	14.39	14.65	1.35	0.0143	2.13	11.66	0.97	14.54	14.53	-0.11	-0.12	0.093	0.26



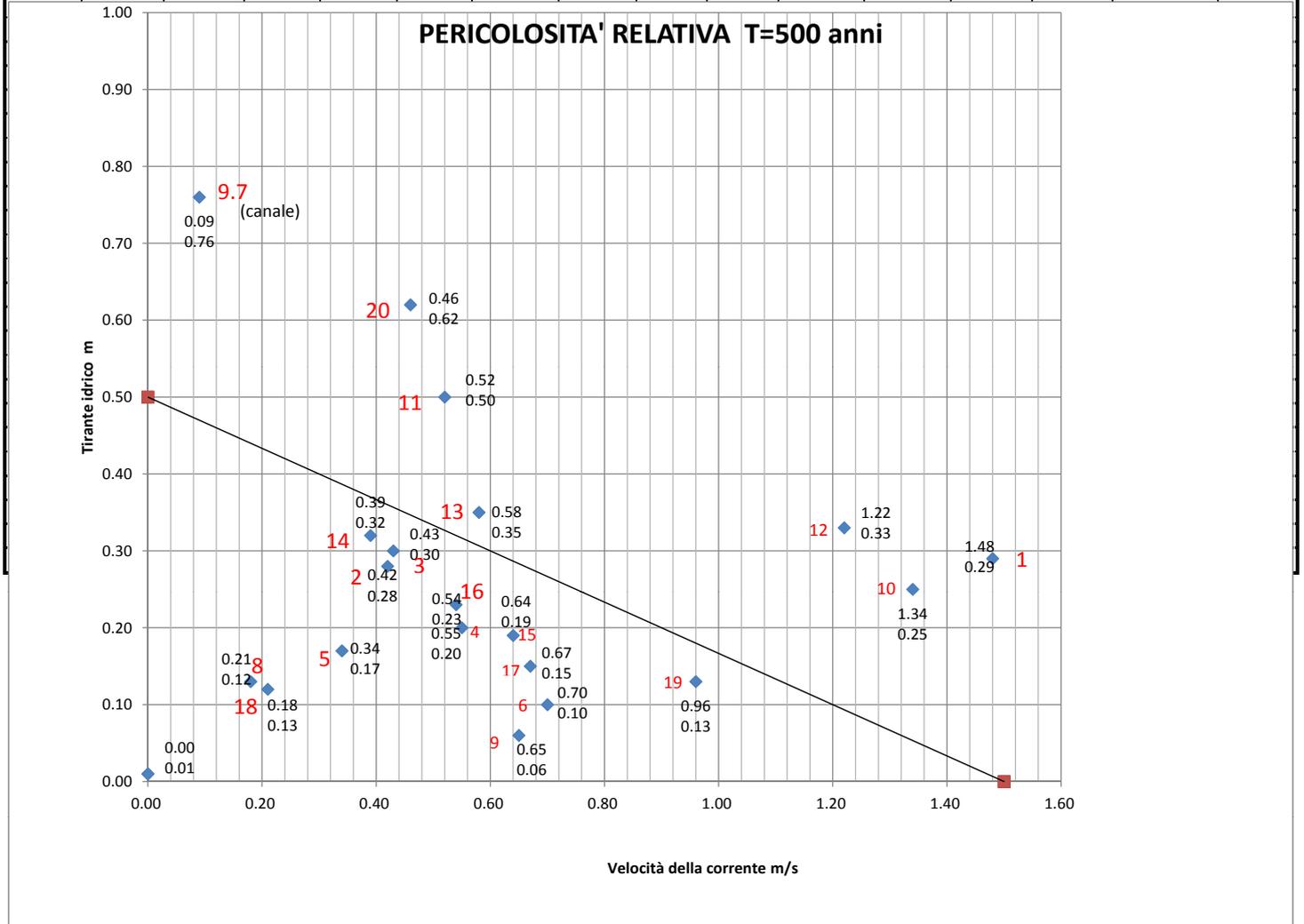
PROFILO DI MOTO PERMANENTE - Tr = 200 anni -

River Sta	Cum Ch Len (m)	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	E.G. Slope (m/m)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Quota riva Sx (m)	Quota riva Dx (m)	Franco Sx (m)	Franco Dx (m)	Atezza cinetica (m)	Altezza corrente (m)
20	2929.64	0.81	25.12	25.72	0.43	0.0011	1.87	7.82	0.28	25.71	25.69	-0.01	-0.03	0.009	0.60
19	2754.41	0.81	25.04	25.16	0.93	0.0202	0.87	10.08	1.01	25.18	25.15	0.02	-0.01	0.044	0.12
18	2553.46	0.81	24.09	24.21	0.17	0.0007	4.73	55.27	0.19	24.24	24.27	0.03	0.06	0.001	0.12
17	2313.68	4.06	23.08	23.22	0.64	0.0077	6.31	61.92	0.64	23.25	23.21	0.03	-0.01	0.021	0.14
16	2038.18	4.06	21.76	21.98	0.52	0.0030	8.59	78.53	0.42	21.87	21.95	-0.11	-0.03	0.014	0.22
15	1737.16	4.06	20.57	20.75	0.62	0.0059	6.55	55.26	0.57	20.76	20.78	0.01	0.03	0.020	0.18
14	1522.01	4.06	20.00	20.30	0.38	0.0011	10.77	53.22	0.27	20.26	20.34	-0.04	0.04	0.007	0.30
13	1293.08	6.50	19.61	19.94	0.55	0.0020	12.13	63.10	0.37	19.93	19.86	-0.01	-0.08	0.015	0.33
12	984.39	6.50	18.21	18.52	1.18	0.0168	5.50	38.45	1.00	18.68	18.68	0.16	0.16	0.071	0.31
11	760.42	6.50	17.29	17.76	0.48	0.0009	13.52	42.47	0.27	17.67	17.67	-0.09	-0.09	0.012	0.47
10	643.99	8.13	17.14	17.38	1.29	0.0150	6.86	45.22	0.98	17.28	17.29	-0.1	-0.09	0.085	0.24
9.7	508.08	8.13	16.65	17.41	0.08	0.0000	109.95	163.24	0.03	16.86	16.84	-0.55	-0.57	0.000	0.76
9.62	Lat Struct														
9.6	501.17	0.00	15.58	17.41	0.00	0.0000	241.02	163.68	0.00	16.28	15.59	-1.13	-1.82	0.000	1.83
9.5	493.23	0.00	17.40	17.41	0.00	0.0000	0.01	3.54	0.01	17.64	17.56	0.23	0.15	0.000	0.01
9.4	486.35	0.00	17.31	17.32	0.00	0.0000	0.04	10.50	0.00	17.42	17.35	0.1	0.03	0.000	0.01
9	455.83	0.26	15.98	16.04	0.64	0.0433	0.40	14.36	1.22	16.17	16.24	0.13	0.2	0.021	0.06
8	302.40	0.58	15.59	15.70	0.20	0.0009	2.91	33.44	0.22	15.79	16.42	0.09	0.72	0.002	0.11
6	260.18	0.96	15.43	15.52	0.68	0.0237	1.42	29.67	0.99	15.76	15.93	0.24	0.41	0.024	0.09
5	205.44	1.28	15.11	15.27	0.32	0.0019	3.98	38.83	0.32	15.67	15.34	0.4	0.07	0.005	0.16
4	163.12	1.63	14.95	15.13	0.54	0.0042	3.04	24.71	0.49	15.41	15.34	0.28	0.21	0.015	0.18
3	111.21	2.53	14.75	15.03	0.41	0.0015	6.14	34.04	0.31	15.05	15.33	0.02	0.3	0.009	0.28
2	68.90	3.08	14.71	14.97	0.41	0.0013	7.59	38.15	0.29	15.15	15.17	0.18	0.2	0.009	0.26
1		3.08	14.39	14.67	1.40	0.0139	2.30	11.66	0.97	14.54	14.53	-0.13	-0.14	0.100	0.28



PROFILO DI MOTO PERMANENTE - Tr = 500 anni -

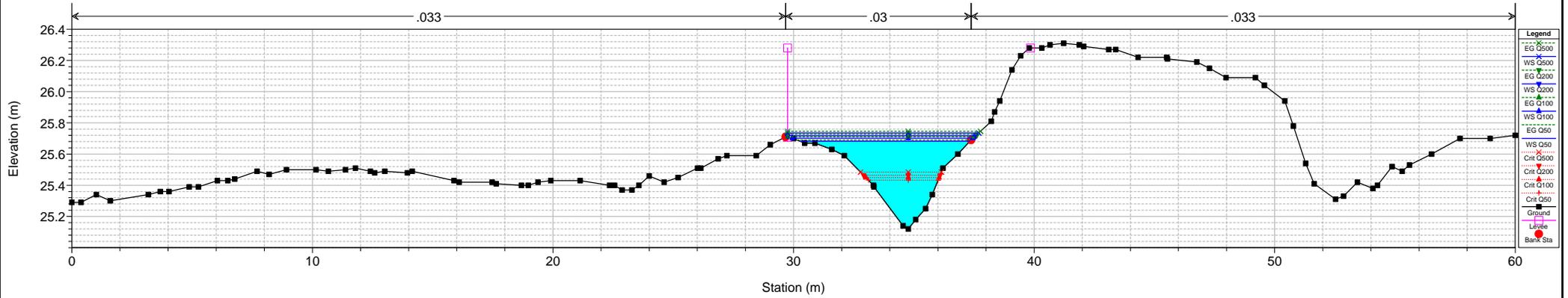
River Sta	Cum Ch Len (m)	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	E.G. Slope (m/m)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Quota riva Sx (m)	Quota riva Dx (m)	Franco Sx (m)	Franco Dx (m)	Atezza cinetica (m)	Altezza corrente (m)
20	2929.64	0.92	25.12	25.74	0.46	0.0012	2.01	7.95	0.29	25.71	25.69	-0.03	-0.05	0.011	0.62
19	2754.41	0.92	25.04	25.17	0.96	0.0196	0.96	10.23	1.00	25.18	25.15	0.01	-0.02	0.047	0.13
18	2553.46	0.92	24.09	24.22	0.18	0.0007	5.10	55.99	0.19	24.24	24.27	0.02	0.05	0.002	0.13
17	2313.68	4.61	23.08	23.23	0.67	0.0076	6.88	62.88	0.64	23.25	23.21	0.02	-0.02	0.023	0.15
16	2038.18	4.61	21.76	21.99	0.54	0.0030	9.36	79.19	0.43	21.87	21.95	-0.12	-0.04	0.015	0.23
15	1737.16	4.61	20.57	20.76	0.64	0.0058	7.17	56.27	0.58	20.76	20.78	0	0.02	0.021	0.19
14	1522.01	4.61	20.00	20.32	0.39	0.0011	11.70	53.61	0.27	20.26	20.34	-0.06	0.02	0.008	0.32
13	1293.08	7.38	19.61	19.96	0.58	0.0020	13.13	63.12	0.38	19.93	19.86	-0.03	-0.1	0.017	0.35
12	984.39	7.38	18.21	18.54	1.22	0.0160	6.05	38.87	0.99	18.68	18.68	0.14	0.14	0.076	0.33
11	760.42	7.38	17.29	17.79	0.52	0.0009	14.45	43.11	0.27	17.67	17.67	-0.12	-0.12	0.014	0.50
10	643.99	9.22	17.14	17.39	1.34	0.0143	7.56	46.10	0.97	17.28	17.29	-0.11	-0.1	0.092	0.25
9.7	508.08	9.22	16.65	17.41	0.09	0.0000	110.14	163.24	0.04	16.86	16.84	-0.55	-0.57	0.000	0.76
9.62	Lat Struct														
9.6	501.17	0.00	15.58	17.41	0.00	0.0000	241.21	163.68	0.00	16.28	15.59	-1.13	-1.82	0.000	1.83
9.5	493.23	0.00	17.40	17.41	0.00	0.0000	0.02	4.19	0.01	17.64	17.56	0.23	0.15	0.000	0.01
9.4	486.35	0.00	17.31	17.32	0.00	0.0000	0.04	10.50	0.01	17.42	17.35	0.1	0.03	0.000	0.01
9	455.83	0.29	15.98	16.04	0.65	0.0430	0.44	15.28	1.22	16.17	16.24	0.13	0.2	0.022	0.06
8	302.40	0.66	15.59	15.71	0.21	0.0009	3.14	33.64	0.22	15.79	16.42	0.08	0.71	0.002	0.12
6	260.18	1.09	15.43	15.53	0.70	0.0235	1.55	30.35	0.99	15.76	15.93	0.23	0.4	0.025	0.10
5	205.44	1.46	15.11	15.28	0.34	0.0019	4.33	39.24	0.32	15.67	15.34	0.39	0.06	0.006	0.17
4	163.12	1.86	14.95	15.15	0.55	0.0039	3.40	25.23	0.48	15.41	15.34	0.26	0.19	0.015	0.20
3	111.21	2.89	14.75	15.05	0.43	0.0015	6.78	34.99	0.31	15.05	15.33	0	0.28	0.009	0.30
2	68.90	3.52	14.71	14.99	0.42	0.0012	8.41	38.49	0.29	15.15	15.17	0.16	0.18	0.009	0.28
1		3.52	14.39	14.68	1.48	0.0142	2.48	11.66	0.99	14.54	14.53	-0.14	-0.15	0.112	0.29



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

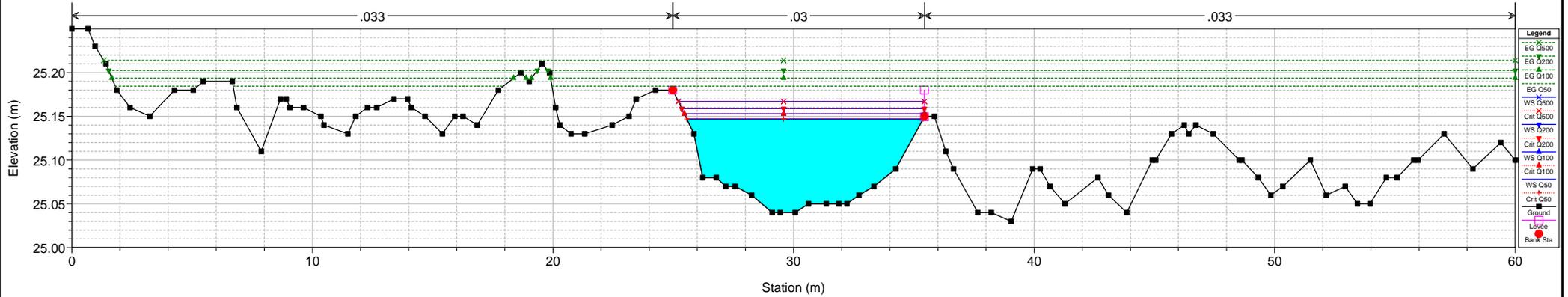
RS = 20 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

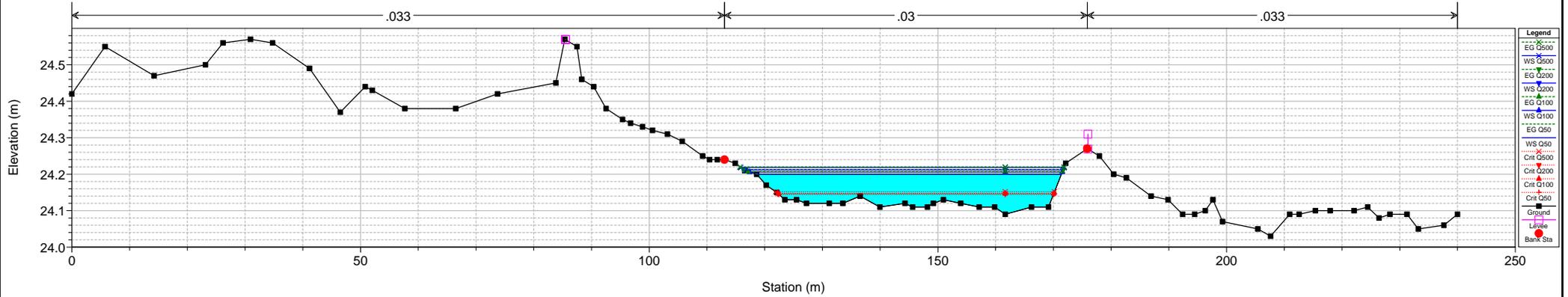
RS = 19 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

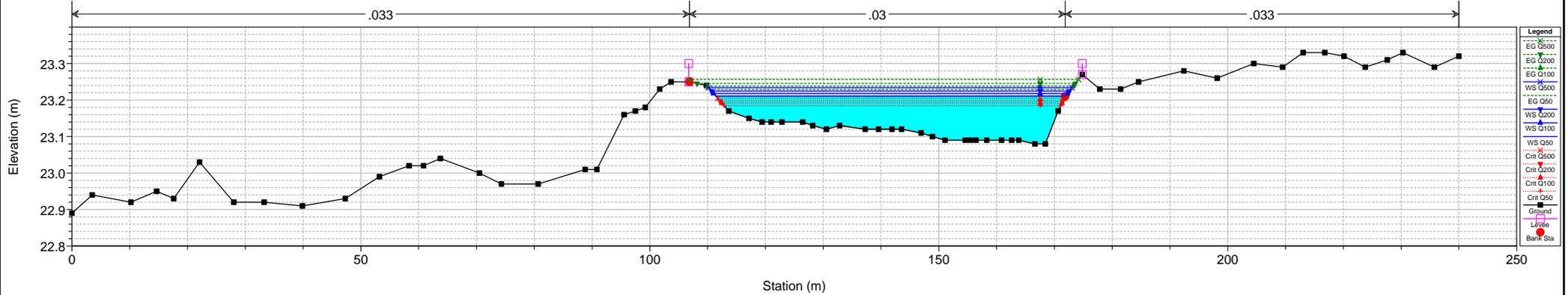
RS = 18 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

RS = 17 X_PRG_02

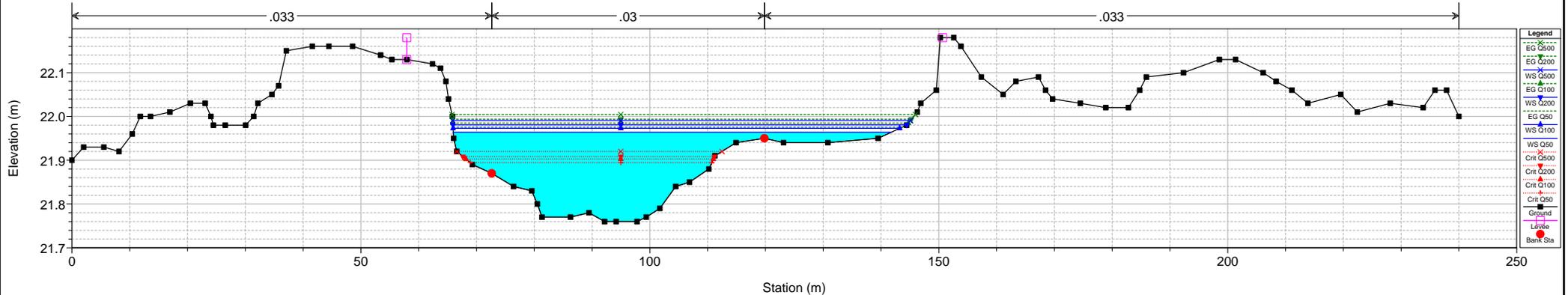


- Legend
- EG 0500
 - EG 0200
 - EG 0100
 - WS 0500
 - WS 0200
 - WS 0100
 - WS 050
 - Crit 0500
 - Crit 0200
 - Crit 0100
 - Crit 050
 - Ground
 - Levee
 - Bank Sta

DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

RS = 16 X_PRG_02

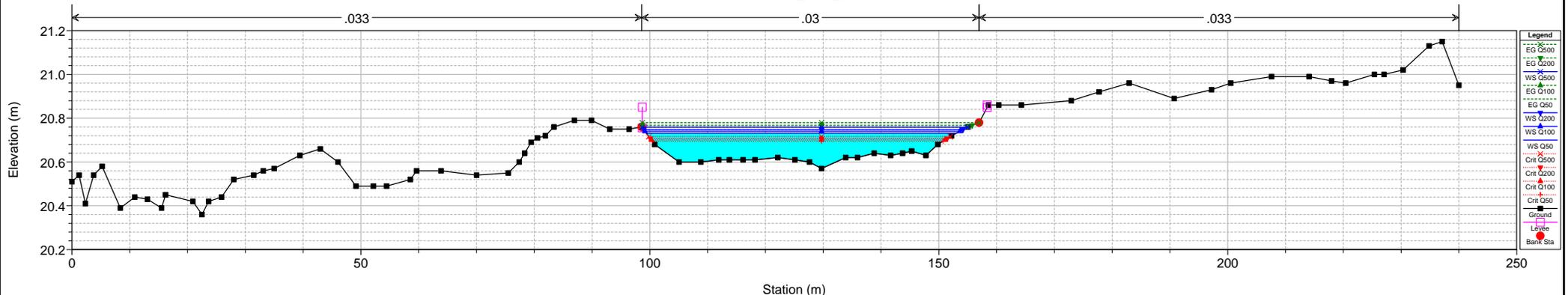


- Legend
- EG 0500
 - EG 0200
 - EG 0100
 - WS 0500
 - WS 0200
 - WS 0100
 - WS 050
 - Crit 0500
 - Crit 0200
 - Crit 0100
 - Crit 050
 - Ground
 - Levee
 - Bank Sta

DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

RS = 15 X_PRG_02

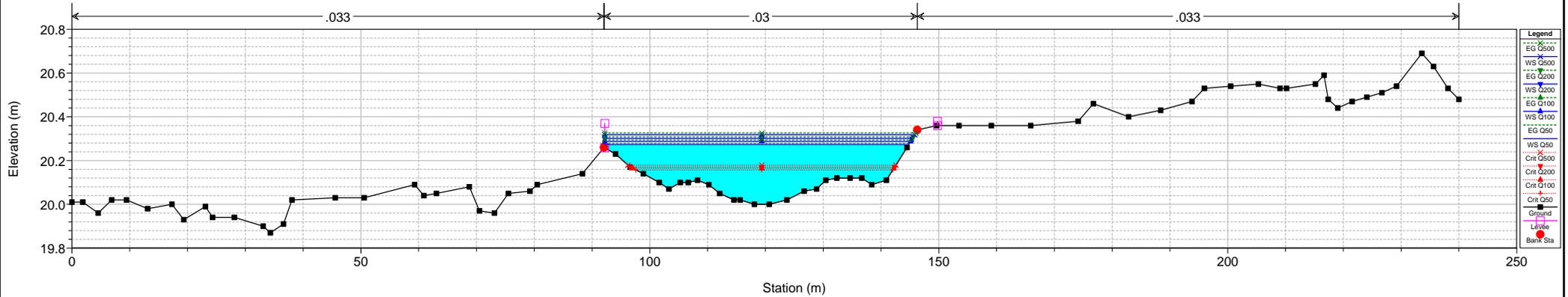


- Legend
- EG 0500
 - EG 0200
 - EG 0100
 - WS 0500
 - WS 0200
 - WS 0100
 - WS 050
 - Crit 0500
 - Crit 0200
 - Crit 0100
 - Crit 050
 - Ground
 - Levee
 - Bank Sta

DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

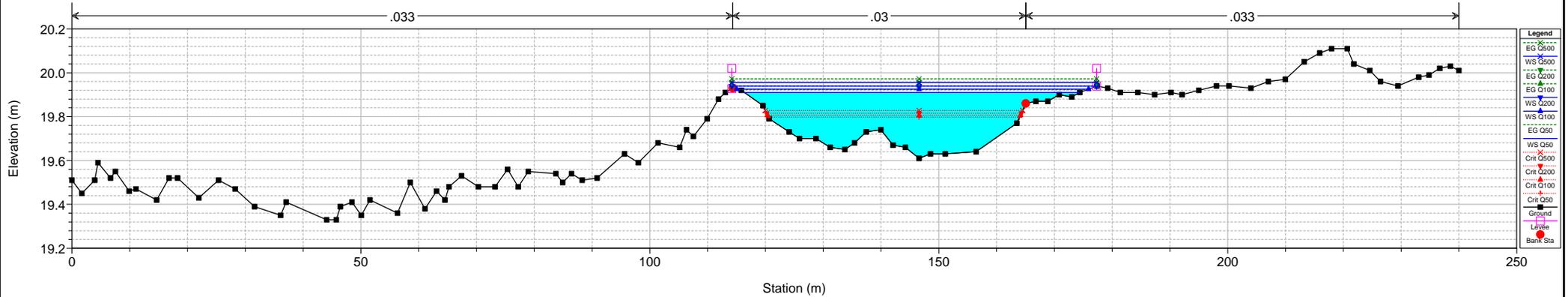
RS = 14 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

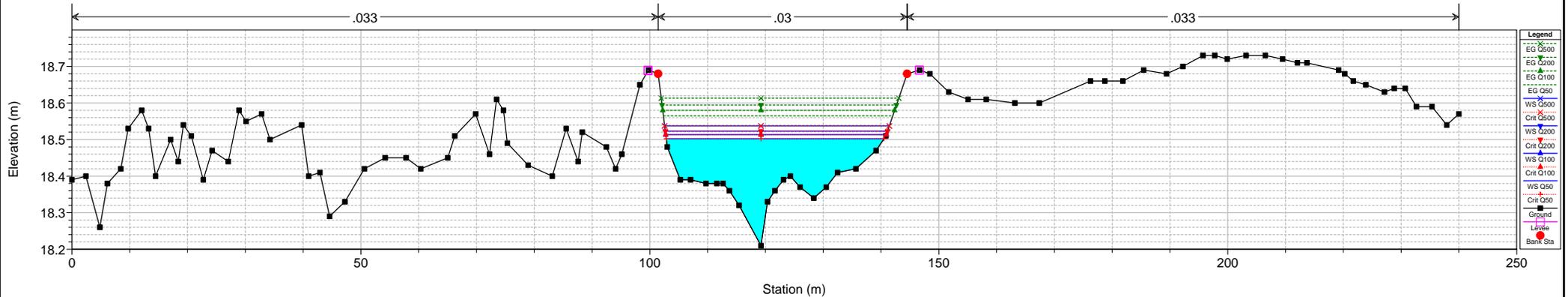
RS = 13 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

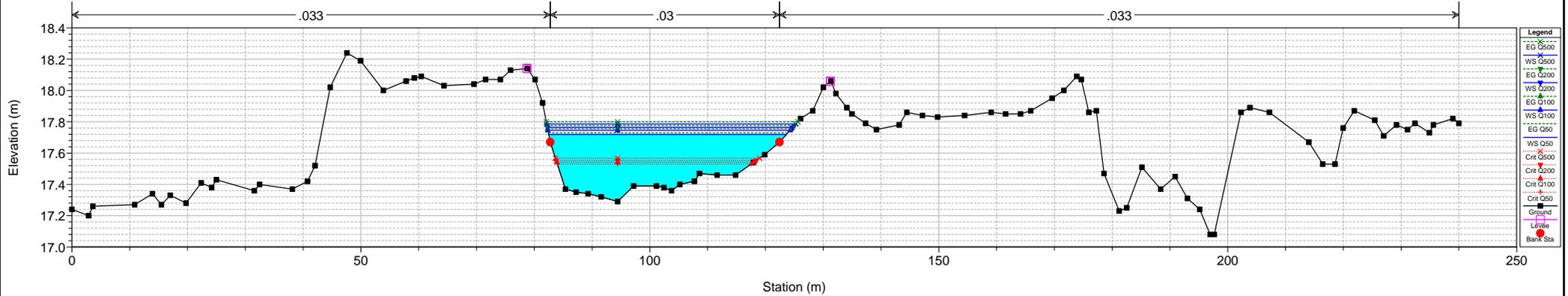
RS = 12 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

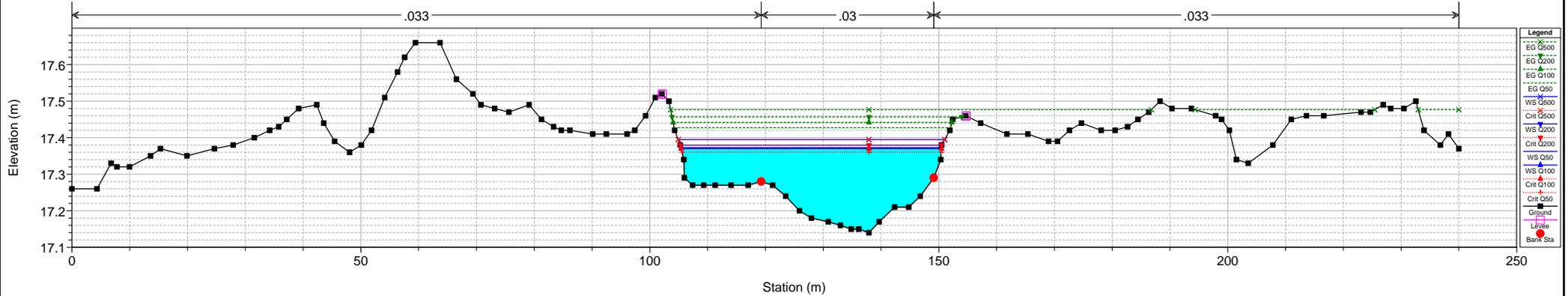
RS = 11 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

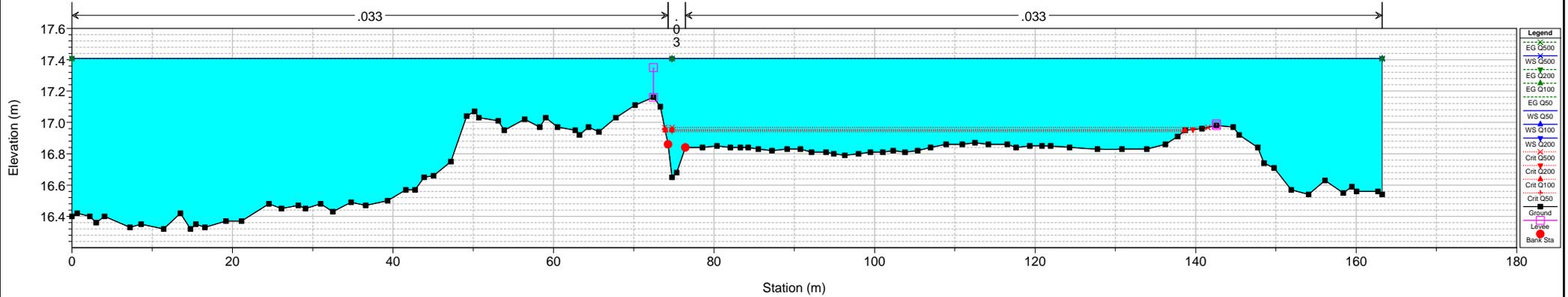
RS = 10 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

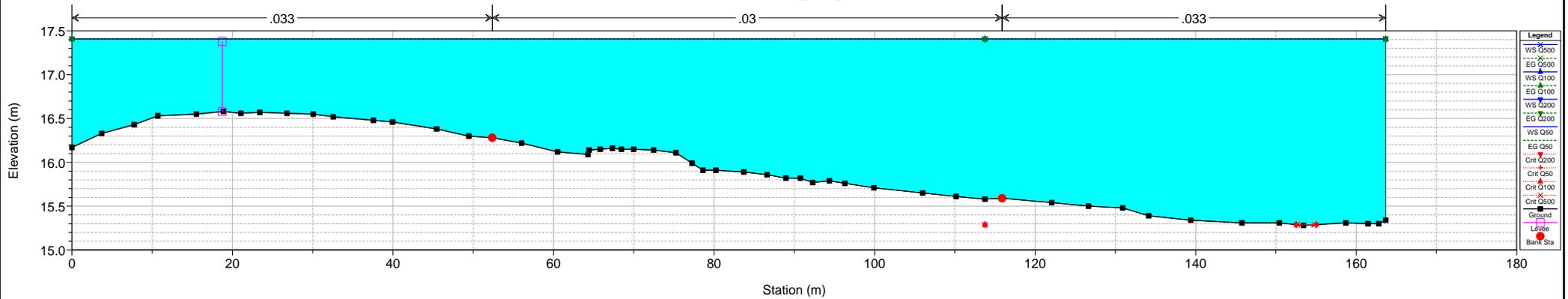
RS = 9.7 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

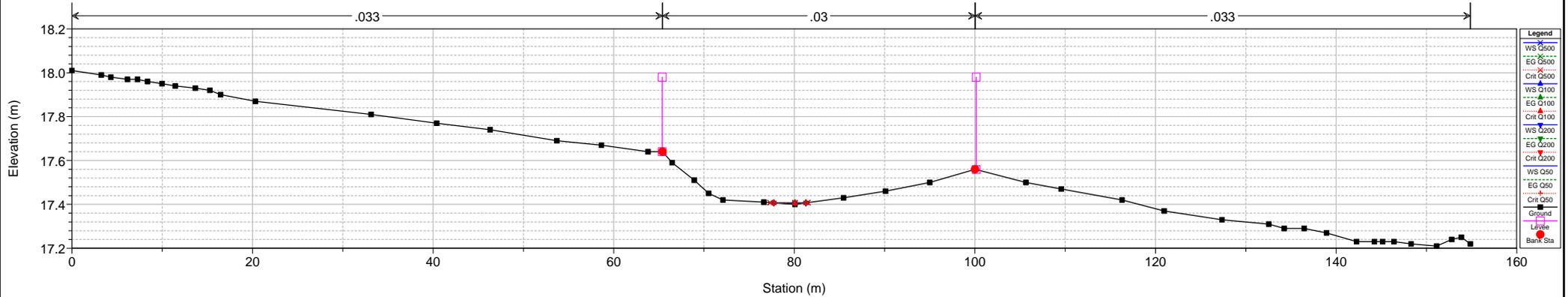
RS = 9.6 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

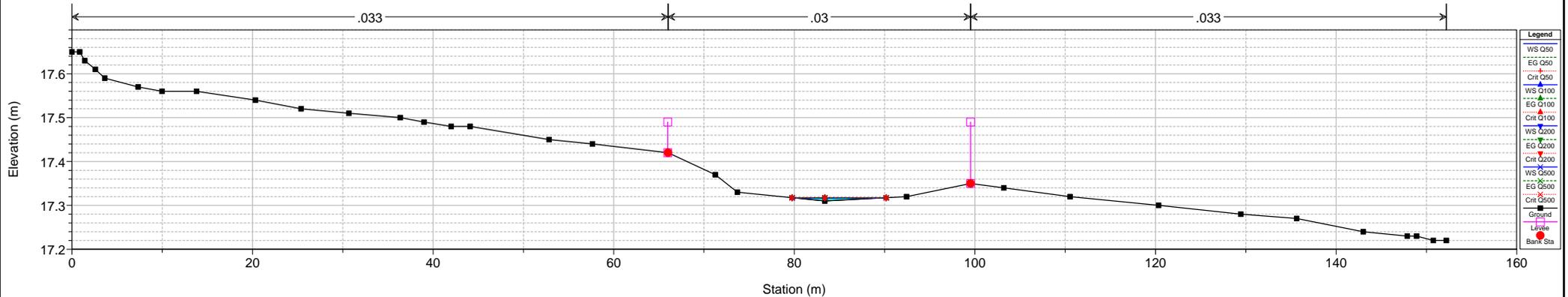
RS = 9.5 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

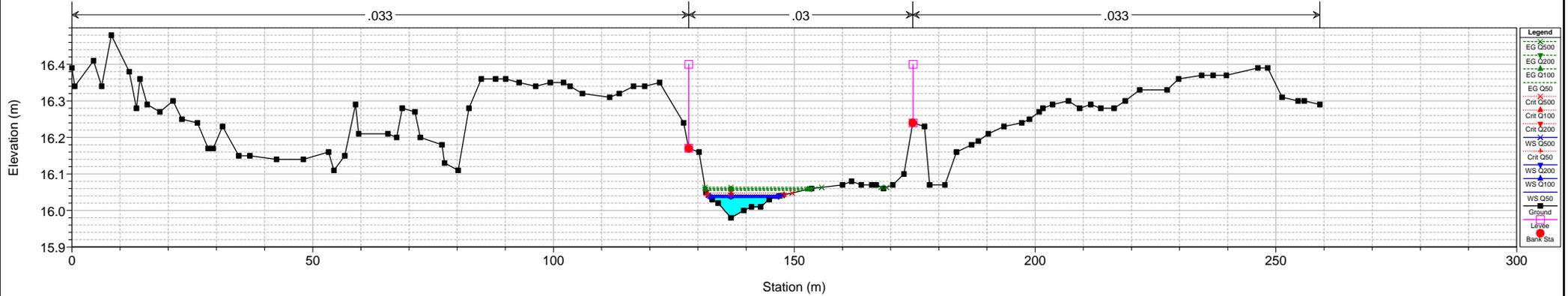
RS = 9.4 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

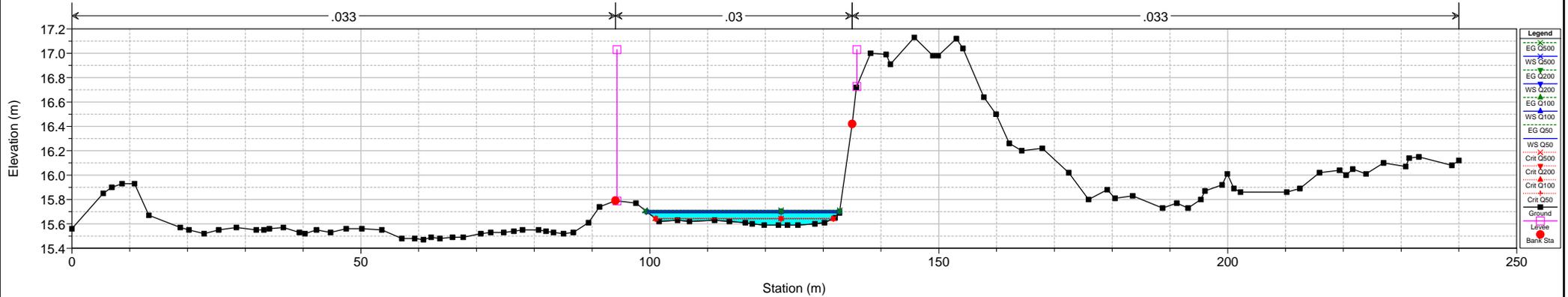
RS = 9 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

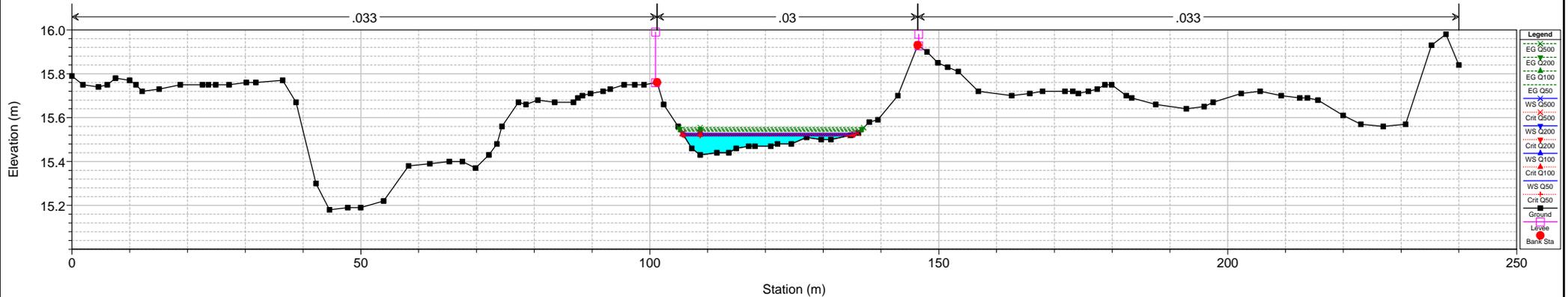
RS = 8 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

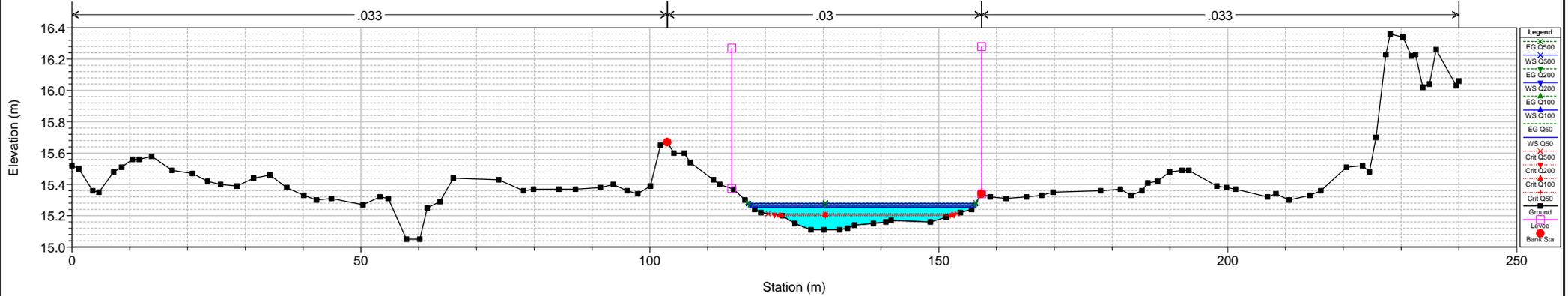
RS = 6 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

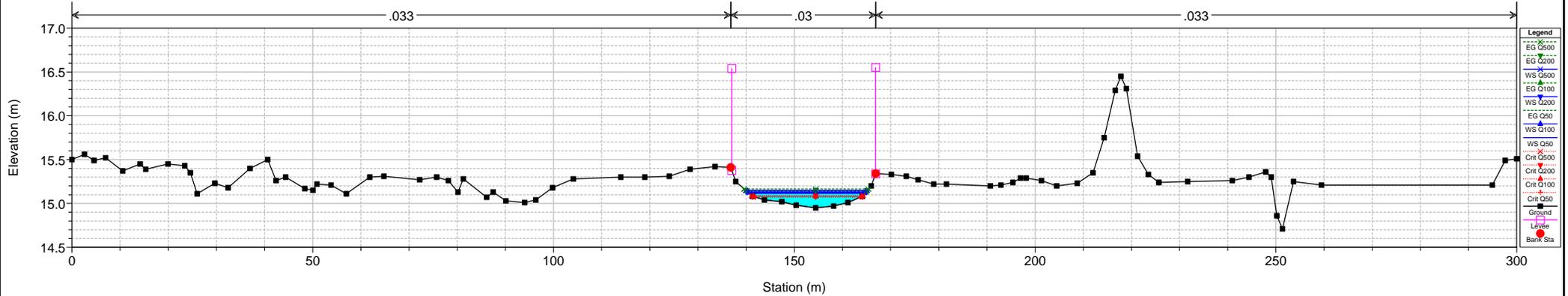
RS = 5 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

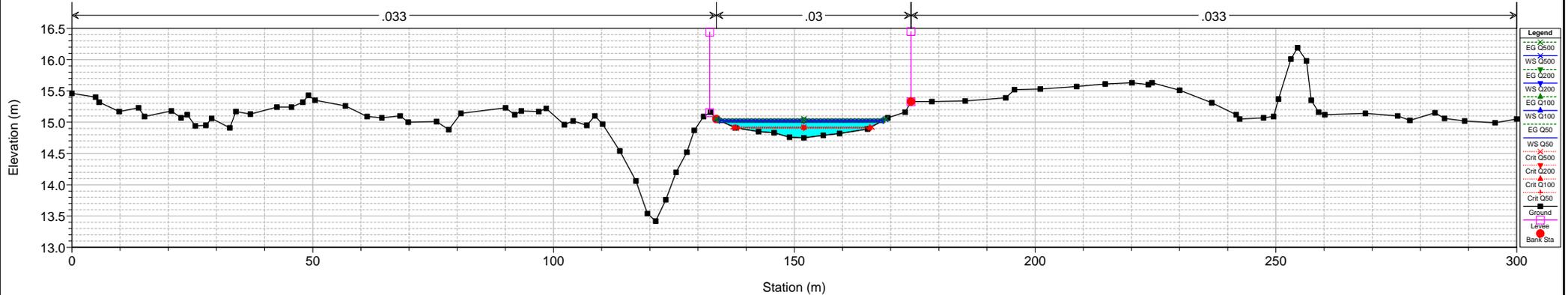
RS = 4 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

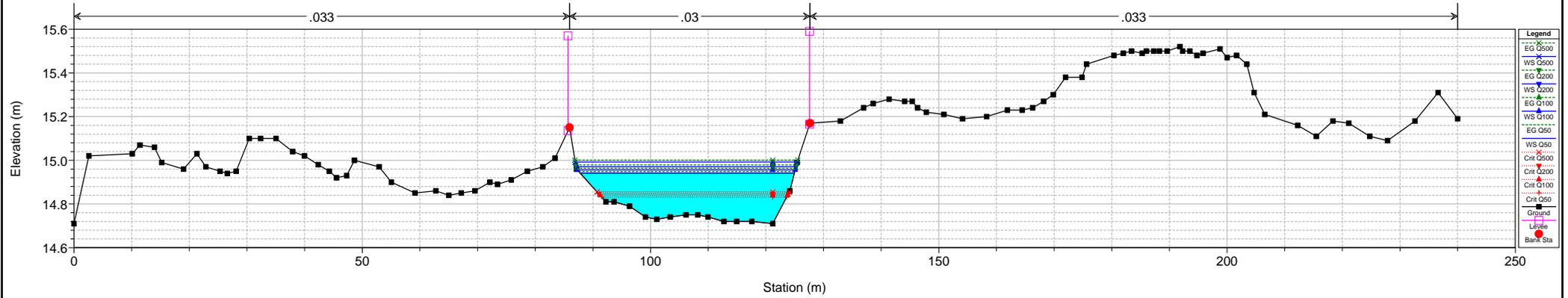
RS = 3 X_PRG_02



DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

RS = 2 X_PRG_02

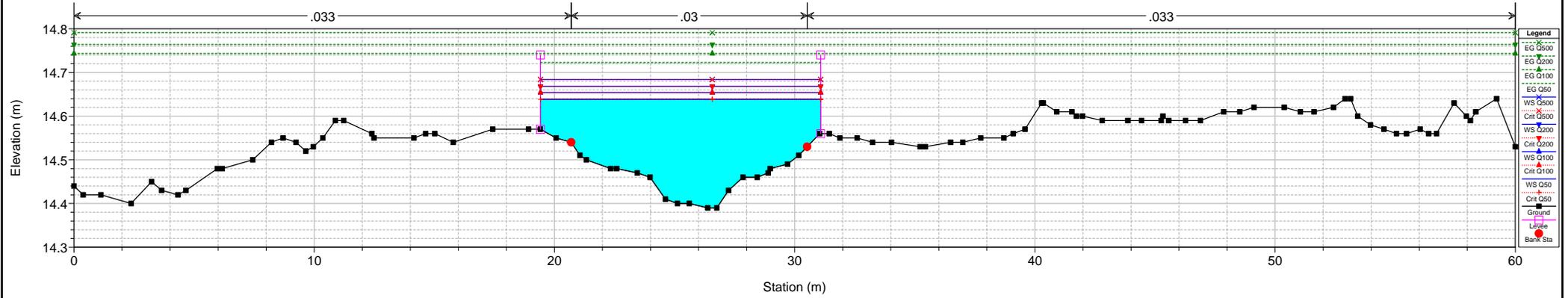


- Legend**
- EG Q500
 - WS Q500
 - EG Q200
 - WS Q200
 - EG Q100
 - WS Q100
 - EG Q50
 - WS Q50
 - Crit Q500
 - Crit Q200
 - Crit Q100
 - Crit Q50
 - Ground
 - Levee
 - Bank Sta

DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 4/30/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud

RS = 1 X_PRG_02

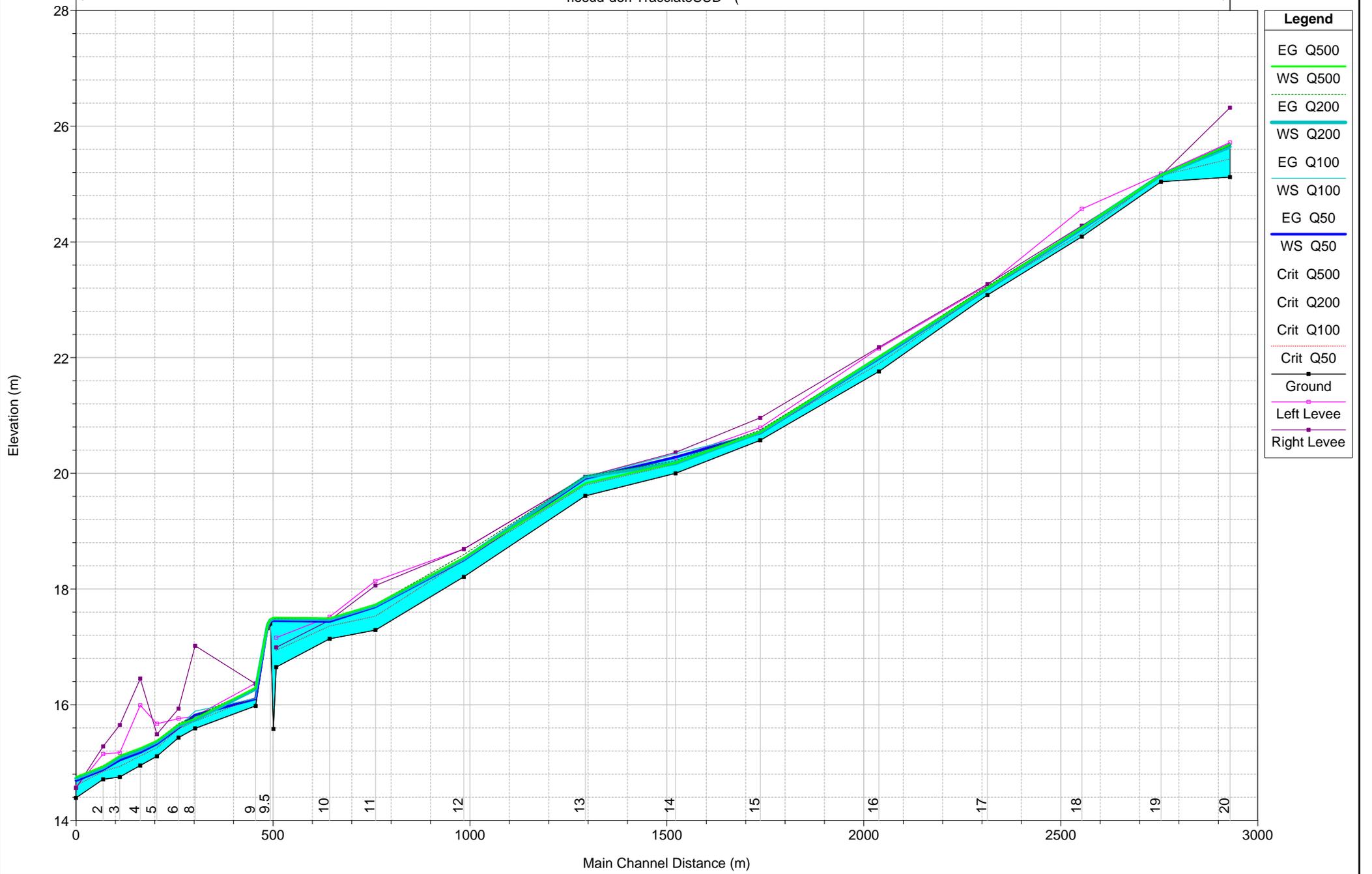


- Legend**
- EG Q500
 - EG Q200
 - EG Q100
 - EG Q50
 - WS Q500
 - Crit Q500
 - WS Q200
 - Crit Q200
 - WS Q100
 - Crit Q100
 - WS Q50
 - Crit Q50
 - Ground
 - Levee
 - Bank Sta

DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 2/17/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud X_PRG_02

riosud-deri TracciatoSUD - (

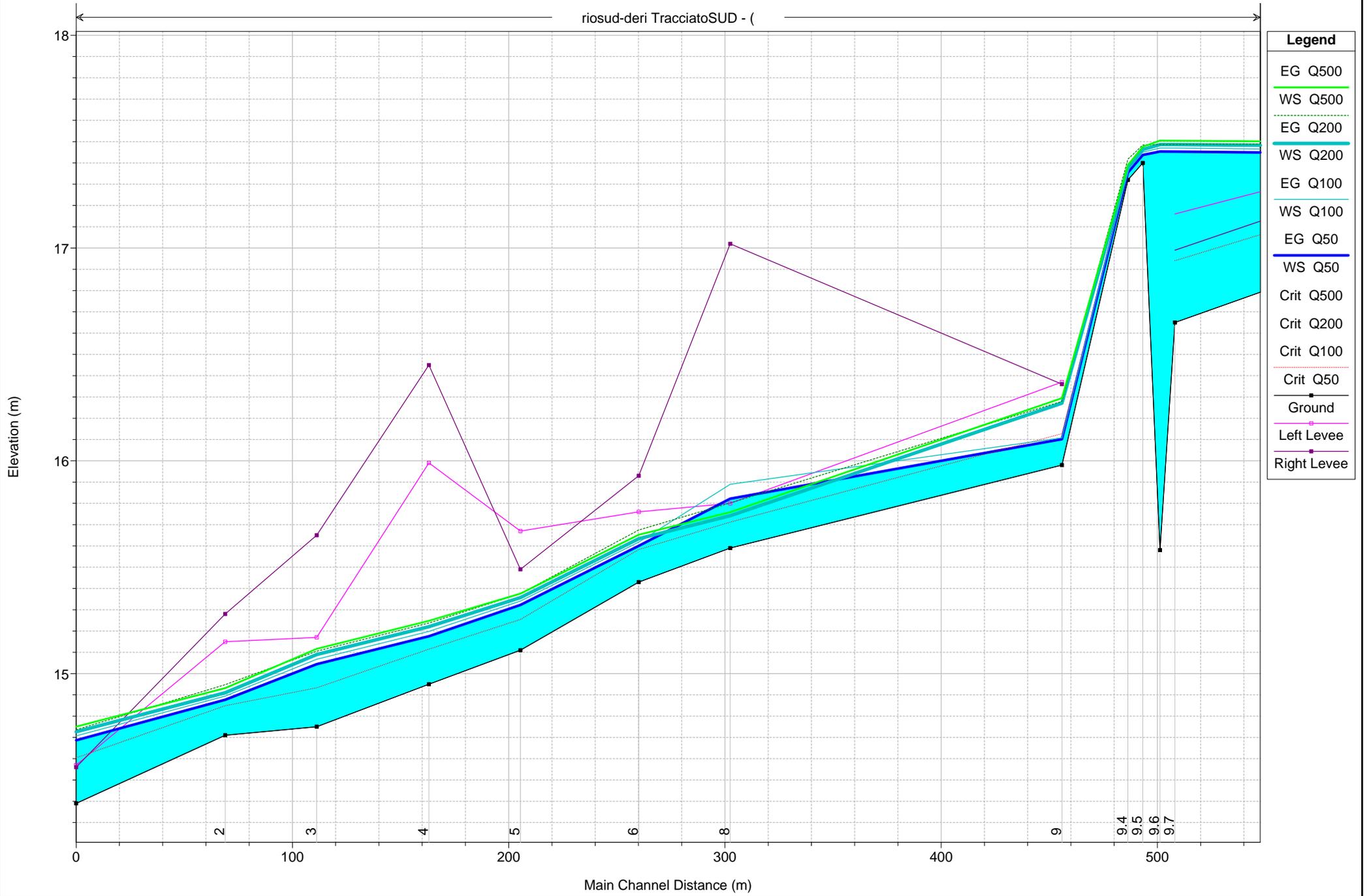


- Legend**
- EG Q500
 - WS Q500
 - EG Q200
 - WS Q200
 - EG Q100
 - WS Q100
 - EG Q50
 - WS Q50
 - Crit Q500
 - Crit Q200
 - Crit Q100
 - Crit Q50
 - Ground
 - Left Levee
 - Right Levee

DM_RioSUD-derivazione Plan: Plan deriv 2/17/2013

Geom: rio-sud-deriv Flow: alasud X_PRG_02

riosud-deri TracciatoSUD - (



- EG Q500
- WS Q500
- EG Q200
- WS Q200
- EG Q100
- WS Q100
- EG Q50
- WS Q50
- Crit Q500
- Crit Q200
- Crit Q100
- Crit Q50
- Ground
- Left Levee
- Right Levee