

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 1 di 67

**Rifacimento metanodotto Ravenna – Chieti**  
**Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto**  
**DN 650 (26"), DP 75 bar**  
**ed opere connesse**

**Attraversamento in subalveo del FIUME ETE VIVO**

**RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA**

• **SAIPEM SPA**  
 Il Progettista  
 Dott. Ing. A. PARLATO iscritto all'ordine  
 degli ingegneri della Provincia di Avellino al n. 2095  
 Tel. 0721.16826841 - Fax 0721.1682019  
 • C.F. e P. IVA 00825790157

1	Revisione		Caccavo	Villi	Sciosci	Mar '21
0	Emissione		Caccavo	Caffarelli	Sciosci	Ott '18
<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Elaborato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Data</b>	

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> 000	<b>COMMESSA</b> 023081
	<b>LOCALITÀ</b>	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	<b>PROGETTO</b>	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 2 di 67

## INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	Oggetto della relazione	4
1.2	Scopo e descrizione dell'elaborato	4
1.3	Elaborato grafico di progetto	5
1.4	Definizioni	5
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	7
3	CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME	9
3.1	Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	9
3.2	Descrizione dell'area d'intervento	10
4	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	13
4.1	Generalità	13
4.2	Considerazioni specifiche preliminari	13
4.3	Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino	13
4.4	Regionalizzazione delle portate	15
4.4.1	<u>Premessa</u>	15
4.4.2	<u>Metodologia di Elaborazione - Sintesi</u>	15
4.4.3	<u>Risultati delle elaborazioni</u>	15
4.4.4	<u>Risultati riferiti al caso specifico</u>	16
4.5	Portata di progetto	17
4.6	Validazione dei risultati	17
5	STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE	21
5.1	Presupposti e limiti dello studio	21
5.2	Assetto geometrico e modellazione dell'alveo	22
5.3	Risultati della simulazione idraulica	24
5.4	Analisi dei risultati conseguiti	29
6	VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	30
6.1	Generalità	30
6.2	Criteri di calcolo	31
6.3	Stima dei massimi approfondimenti attesi	33
6.4	Considerazione sui risultati conseguiti	34
7	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	35
7.1	Metodologia costruttiva: TOC	35
7.2	Configurazione geometrica di progetto	35
7.3	Considerazione inerenti alla geometria di trivellazione	36
7.4	Descrizione del sistema operativo TOC	36

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>023081</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 3 di 67	<b>Rev.</b> <b>1</b>

8	VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA	42
8.1	Premessa	42
8.2	Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento	43
8.3	Analisi dei criteri di compatibilità idraulica	44
9	CONCLUSIONI	46
	APPENDICE 1: STUDIO IDRAULICO - METODOLOGIA DI CALCOLO	47
	APPENDICE 2: STUDIO IDRAULICO - REPORT PROGRAMMA HEC RAS	52
	<b>ANNESSO:</b>	
	• <b>Elaborato grafico di progetto: LB-A-83406</b>	

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 4 di 67	Rev. 1

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 Oggetto della relazione

La Snam Rete Gas, nell'ambito del progetto denominato "*Rifacimento metanodotto Ravenna - Chieti, tratto Recanati – San Benedetto del T., DN 650 (26") - DP 75 bar*", intende realizzare un metanodotto che si sviluppa nell'ambito dei territori delle Marche e dell'Abruzzo, in sostituzione di un tratto di metanodotto in esercizio ed in fase di dismissione.

La suddetta linea in progetto interseca l'alveo del fiume Ete Vivo nel tratto basso dello sviluppo del corso d'acqua, nell'ambito del territorio di Fermo.

In corrispondenza del sopracitato attraversamento fluviale, il tracciato del metanodotto in progetto interferisce con delle aree censite di pericolosità idraulica (aree inondabili) ai sensi del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'ex Autorità di Bacino Regionale delle Marche.

Le Norme di Attuazione, ai sensi nell'Art.9, comma 1, lettera i), consentono la realizzazione ed ampliamento di infrastrutture tecnologiche o viarie, pubbliche o di interesse pubblico, seppur condizionata al parere vincolante da parte della Autorità idraulica competente.

In tal senso il presente elaborato costituisce uno specifico Studio di Compatibilità idraulica, redatto ai sensi di quanto previsto nelle Norme di Attuazione.

### 1.2 Scopo e descrizione dell'elaborato

Lo scopo del presente elaborato è dunque analizzare le condizioni di compatibilità idraulica del metanodotto in progetto nell'ambito specifico d'interferenza con le aree di pericolosità idraulica.

Nell'ambito della presente relazione vengono inoltre illustrati gli studi effettuati al fine di individuare le caratteristiche di progettazione nell'attraversamento in subalveo del corso d'acqua, con particolare riferimento alla definizione della metodologia operativa, del profilo di posa della condotta e delle caratteristiche delle eventuali opere di ripristino e di presidio idraulico.

Le scelte sono state effettuate, in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico ed idraulico, con lo scopo di garantire la sicurezza del metanodotto per tutto il periodo di esercizio, nonché di assicurare la compatibilità dell'infrastruttura in considerazione dell'aspetto idraulico del corso d'acqua, subordinandola alla dinamica evolutiva dello stesso.

In tal senso le valutazioni specifiche di cui al presente elaborato sono state condotte in riferimento alle fasi di studio qui di seguito sinteticamente descritte:

- Inquadramento territoriale dell'area d'attraversamento in modo da consentire di individuare in maniera univoca il tratto del corso d'acqua interessato dall'interferenza con l'infrastruttura lineare in progetto;
- Caratterizzazione idrografica del corso d'acqua e descrizione dell'ambito di attraversamento;
- Studio idrologico al fine di stimare le portate al colmo di piena di progetto in corrispondenza della sezione di studio (coincidente con quella dell'attraversamento in esame);
- Studio idraulico, volto ad individuare i parametri caratteristici di deflusso idrico ed i fenomeni associati alla dinamica fluviale locale in corrispondenza dell'ambito di attraversamento, con particolare riferimento alla valutazione dei fenomeni erosivi

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 5 di 67	Rev. 1

di fondo alveo;

- Descrizione delle scelte progettuali inerenti la metodologia costruttiva, la geometria della condotta in subalveo e le eventuali opere di presidio idraulico;
- Valutazioni inerenti la compatibilità idraulica del sistema d'attraversamento, in riferimento ai criteri stabiliti nelle Norme di Attuazione del Piano per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti di pericolosità idraulica ai sensi del PAI.

### 1.3 Elaborato grafico di progetto

Il progetto dell'attraversamento, comprendente le caratteristiche geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa della stessa, nonché le caratteristiche tipologiche e dimensionali delle eventuali opere di sistemazione, è stato sviluppato nel seguente elaborato grafico:

- **LB-A-83406**  
*TOC (Trivellazione orizzontale controllata) - FIUME ETE VIVO*

Pertanto, per gli approfondimenti di alcune tematiche affrontate nel presente documento, si rimanda alla visione dell'elaborato grafico di progetto sopra citato.

### 1.4 Definizioni

#### Metanodotto

Accezione convenzionale associata ad una specifica tipologia di gasdotto, che identifica una condotta di considerevole importanza per il trasporto del gas tra due punti di riferimento. È designato con i nomi dei comuni o delle località dove l'opera ha origine e fine, e in relazione alla finalità del trasporto.

#### Linea o Condotta

Insieme di tubi, curve, raccordi, valvole ed altri pezzi speciali, uniti tra loro per il trasporto del gas; a sviluppo interrato ma comprensiva di parti fuori terra.

#### Tubazione

Insieme di tubi, uniti tra loro, comprese le curve ottenute mediante formatura a freddo.

#### Diametro nominale (DN)

Indicazione convenzionale, che serve quale riferimento univoco per individuare la grandezza dei tubi e dei diversi elementi accoppiabili. Si indica con DN seguito dal numero, che ne esprime la grandezza in millimetri o pollici ("inches").

#### Trincea

Scavo a cielo aperto, con definita sezione geometrica, finalizzata alla collocazione interrata della tubazione.

#### Trenchless

Tecnologie per lo scavo del terreno, finalizzate alla posa della condotta in sotterraneo, alternative alla trincea (microtunnel, gallerie, trivellazioni sub-verticali realizzate con "Raise borer", trivellazioni orizzontali controllate – T.O.C., ecc.).

#### Profondità d'interramento o Copertura della tubazione

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 6 di 67

Distanza compresa tra la generatrice superiore esterna della tubazione o del relativo manufatto di protezione, ove presente, e la superficie del terreno (piano campagna o fondo alveo).

#### Copertura minima

Valore minimo della profondità di interramento della tubazione, che vien stabilito in ciascun tratto della linea caratterizzato dalle medesime condizioni generali di esecuzione.

#### Pista di lavoro

Fascia di territorio, resa disponibile lungo l'asse del tracciato, predisposta per il transito dei normali mezzi di cantiere e per l'esecuzione delle fasi di scavo e di montaggio della condotta, entro la quale devono essere contenuti tutti i lavori di costruzione e posa.

#### Alveo

Sede del libero deflusso delle acque, delimitato da cigli di sponda e/o da pareti interne di tratti arginati. Comprende le aree morfologicamente appartenenti al corso d'acqua, in quanto sedimi storicamente interessati dal deflusso o attualmente interessati da andamento pluricursale e da naturali divagazioni delle correnti, e le aree manifestamente soggette alle dinamiche evolutive del corso d'acqua. La sua delimitazione è, di norma, individuata graficamente dalle Autorità aventi competenza sui corpi idrici o da strumenti di pianificazione.

#### Opere di ripristino

Opere di sistemazione e di recupero ambientale delle aree attraversate dal metanodotto; possono essere correlate e contestuali a lavori di consolidamento e stabilizzazione dei terreni o di regimazione e difesa idraulica della condotta, tra cui: sistemazioni arginali; ripristino di strade e servizi interferiti dal tracciato; ripristini morfologici; ripristini vegetazionali.

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> 000	<b>COMMESSA</b> 023081
	<b>LOCALITÀ</b>	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	<b>PROGETTO</b>	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fig. 7 di 67

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento da parte del metanodotto in progetto ricade nel tratto basso del corso d'acqua (a circa 3,5 km dalla foce), in contrada "Piane d'Ete" e nell'ambito del territorio comunale di Fermo.

Al fine di consentire un inquadramento territoriale dell'ambito di attraversamento, qui di seguito si riporta una corografia in scala 1:25.000 (estratta dalle tavolette IGM), dove in particolare il tracciato del metanodotto in progetto è riportato mediante una linea in rosso e l'area di attraversamento in esame è indicata mediante un cerchio in colore blu.

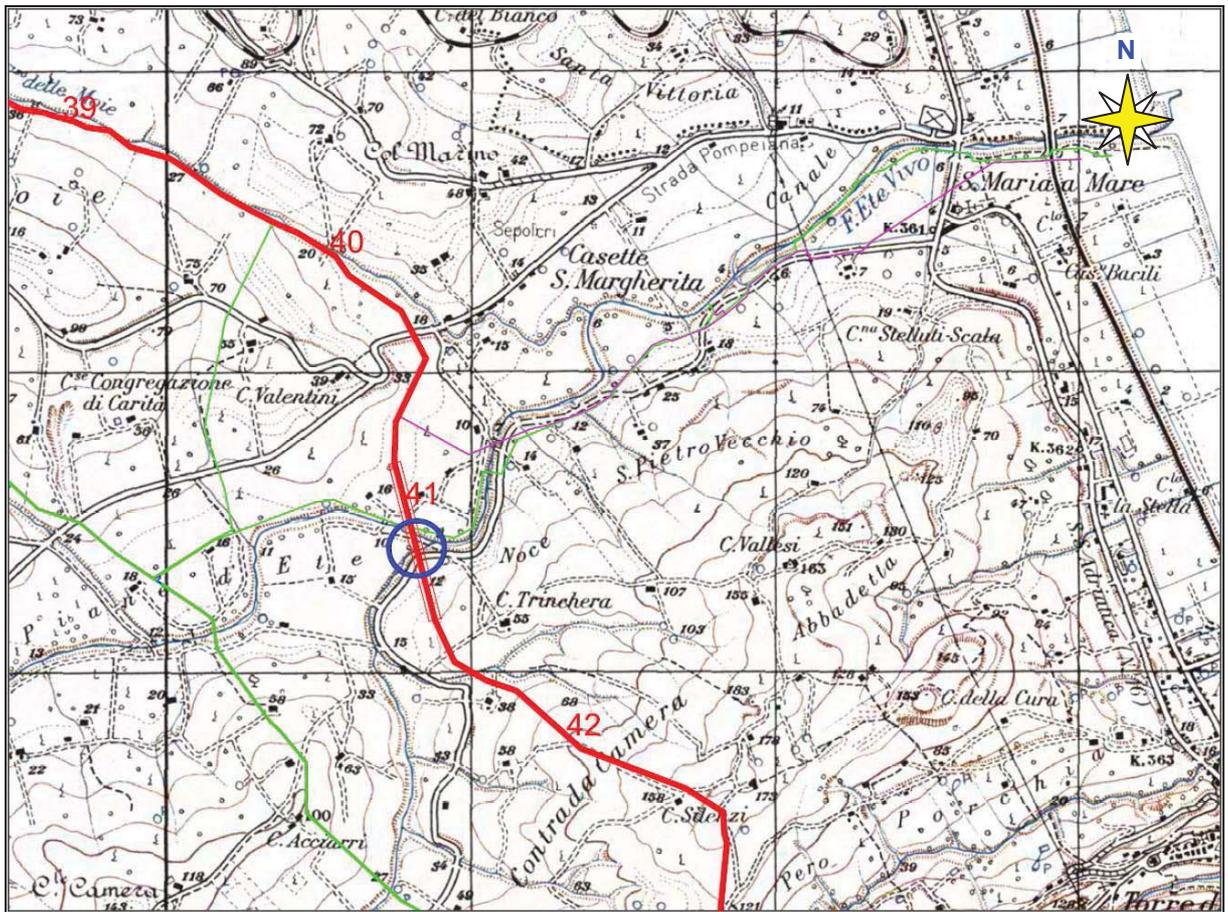


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

Le coordinate piane dell'ambito di attraversamento del corso d'acqua sono riportate nella tabella seguente:

Tab.2.1/A: Coordinate ambito di attraversamento del corso d'acqua

Coordinate ambito di attraversamento del corso d'acqua		
Coordinate Piane WGS84 - Fuso 33: Est /Nord	400782 m E	4778229 m N

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 8 di 67

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico di maggior dettaglio (CTR in scala 1:10.000), dal quale si può individuare in particolare il tracciato del metanodotto in progetto (linea in rosso) e l'area di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua in esame (cerchio in blu).

Nella stessa figura è inoltre indicato schematicamente (mediante campitura retinata in rosso) il tratto di condotta con posa prevista in trivellazione in quanto, come meglio specificato in seguito, l'attraversamento dell'alveo del corso d'acqua in esame verrà eseguito in trenchless.

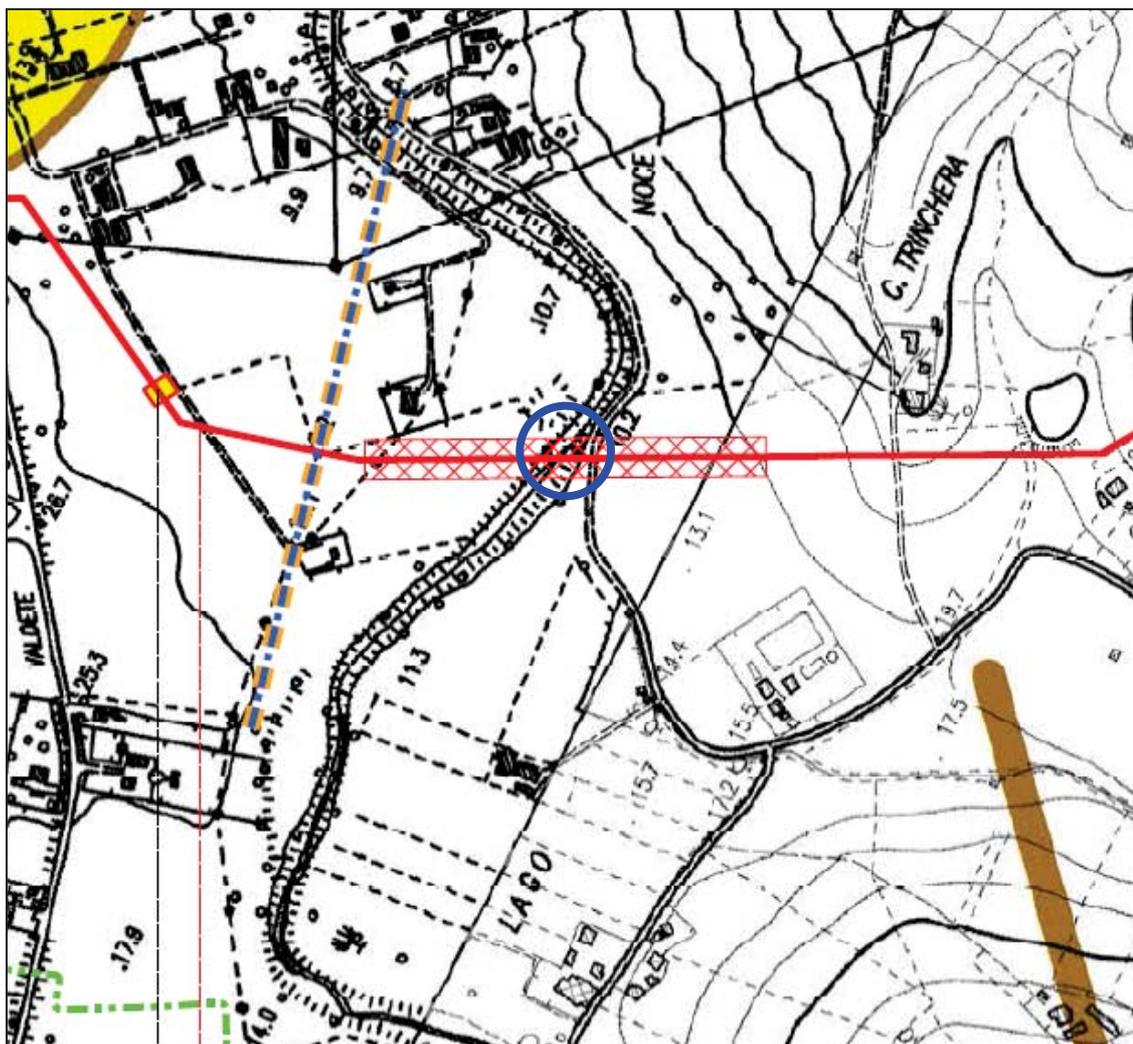


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 9 di 67

### 3 CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME

#### 3.1 Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua

Il Fiume Ete Vivo rappresenta un corso d'acqua significativo, caratterizzato da un bacino imbrifero di estensione di circa 180 kmq.

Nasce al confine tra i comuni di Santa Vittoria in Matenano e Montelparo e dopo un percorso di circa 35 km sfocia nel Mar Adriatico nei pressi di Porto San Giorgio.

A sud, il bacino idrografico del F. Ete Vivo è adiacente per un lungo tratto a quello del F. Aso, dal quale risulta separato a pochi chilometri dal mare dai bacini del Fosso del Mulinello e del Fosso di S. Biagio. A nord, esso confina con i bacini del F. Tenna, del Fosso Valloscura e del Rio Petronilla.

Il bacino ha una forma allungata prevalentemente in direzione SO-NE e presenta un'ampiezza, in direzione trasversale al corso d'acqua, pressoché regolare eccetto all'altezza dell'allineamento Petritoli-Grottazzolina, dove tende ad allargarsi sia verso N che verso Sud. Procedendo dall'allineamento Lapedona-Fermo sino alla foce, invece, il bacino si restringe notevolmente.

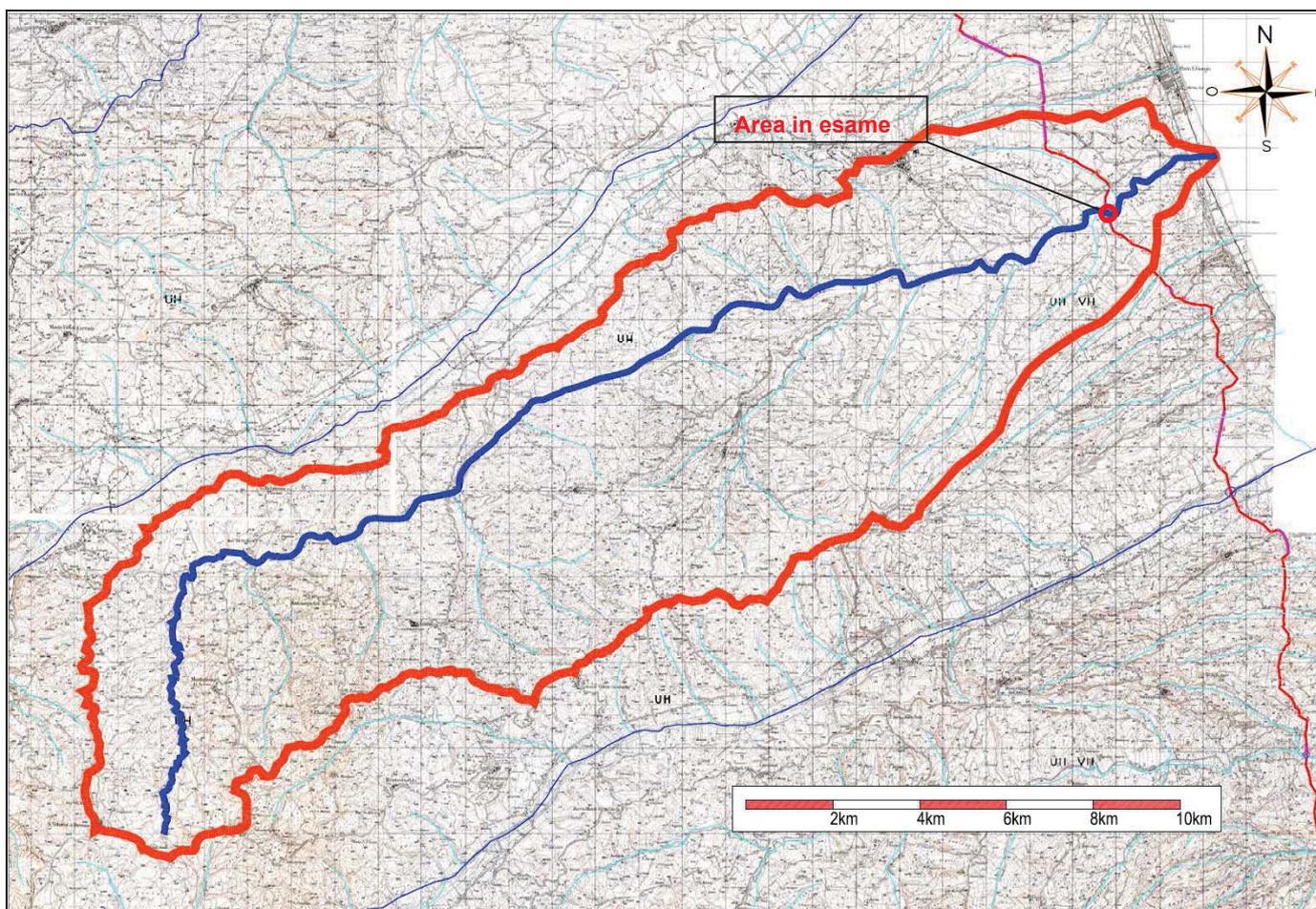
La rete idrografica secondaria non presenta in destra idrografica affluenti di particolare rilievo. In sinistra idrografica, invece, si rinvengono alcuni tributari significativi quali: il T. Lubrico, il Rio, il T. Cosollo, il Fosso Terqueta, il Fosso Camera.

Nel complesso si può affermare che la rete idrografica minore risulta più sviluppata nel settore centro-orientale del bacino dove affiora un substrato prevalentemente pelitico che ha favorito la genesi di un reticolo idrografico di tipo dendritico.

La forma allungata del bacino e, soprattutto, le caratteristiche litologiche dei terreni affioranti nel bacino sono responsabili del regime fortemente torrentizio del F. Ete Vivo e, quindi, della mancanza di tratti d'asta a granulometria selezionata; alla foce, infatti, arrivano materiali prevalentemente limoso-sabbiosi con presenza di ciottoli sparsi.

Nella figura seguente è riportato il bacino complessivo del corso d'acqua (in color arancione), su una base cartografica costituita dalle tavolette IGM, con indicazione dell'asta del corso d'acqua. Nella stessa figura è anche riportato mediante un cerchio in rosso l'ambito d'interferenza in esame tra il metanodotto in progetto e l'alveo del corso d'acqua.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 10 di 67



*Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua ed indicazione dell'ambito di studio*

### 3.2 Descrizione dell'area d'intervento

Come si rileva dalla precedente Fig.3.1/A, l'attraversamento da parte del metanodotto in progetto ricade nel tratto basso dello sviluppo del corso d'acqua.

Nell'intorno dell'attraversamento il corso d'acqua presenta un andamento longitudinale significativamente sinuoso.

L'alveo presenta una configurazione incisa, con fondo alveo ampio circa 30m e con sponde mediamente acclivi che si elevano dal fondo per circa 6m.

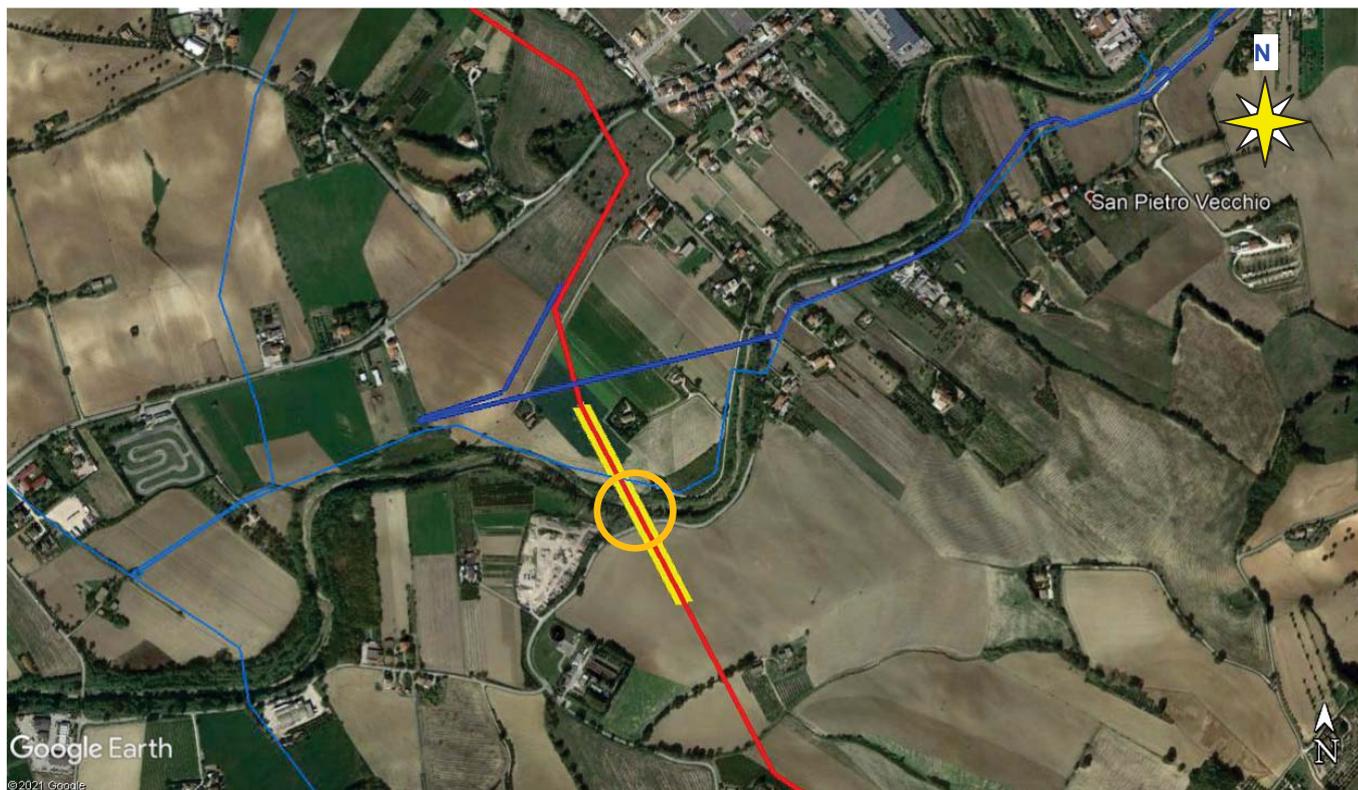
Le sommità delle sponde sono coronate da arginelli che si elevano di circa 1 m dal piano campagna circostante. Sia le sponde che gli argini sono interessati da una folta vegetazione arbustiva (canneti).

Il sottosuolo è formato da ghiaie sabbiose appartenenti ai depositi alluvionali attuali e recenti. In adiacenza della regione fluviale si rileva la presenza di aree costituite da alluvioni terrazzate (del pleistocene).

In prossimità dell'area d'attraversamento si rileva la presenza di alcune erosioni spondali localizzate, in corrispondenza delle quali sono stati realizzati dei presidi spondali in massi naturali.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 11 di 67

Al fine di consentire una visione diretta dell'ambito in esame nella figura seguente è riportata una foto aerea (estratta da Google Earth) dell'ambito d'interferenza tra il metanodotto in progetto (linea in rosso) ed il corso d'acqua. L'attraversamento in esame, come meglio specifico nel seguito, verrà eseguito in trenchless il cui sviluppo di trivellazione è indicato schematicamente mediante una campitura in giallo a cavallo della condotta da posare.



*Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento (estratta da Google Earth)*

Nella figura seguente è inoltre riportata una foto relativa all'ambito d'attraversamento in esame del corso d'acqua (foto scattata dalla sponda destra del corso d'acqua). La linea indicata in rosso rappresenta la posizione del tracciato del metanodotto in progetto. La stessa linea è stata riportata tratteggiata per indicare che l'attraversamento verrà eseguito mediante l'impiego di tecniche in trenchless e pertanto senza interferire in alcun modo con la configurazione d'alveo esistente.

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> 000	<b>COMMESSA</b> 023081
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 12 di 67	<b>Rev.</b> <b>1</b>



*Fig.3.2/B: Foto ambito di attraversamento del corso d'acqua*

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 13 di 67

## 4 VALUTAZIONI IDROLOGICHE

### 4.1 Generalità

Lo studio idrologico in generale assume la finalità di determinazione delle portate al colmo di piena e/o degli idrogrammi di piena di uno o più corsi d'acqua in prefissate sezioni di studio ed in funzione di associati tempi di ritorno.

La valutazione delle portate può essere eseguita con diverse metodologie di calcolo, in funzione della natura dei dati disponibili.

In generale, avendo a disposizione dati di portata registrati in continuo da una stazione idrometrica presente sul corso d'acqua, si esegue l'elaborazione statistica degli eventi estremi disponibili (metodo diretto).

In mancanza di detti dati, si verifica se sono disponibili dati di portata di altri corsi d'acqua, siti nelle circostanze del fiume oggetto di studio, con le medesime caratteristiche idrologiche. In detto caso si esegue l'elaborazione statistica di dati disponibili e successivamente si cerca di interpretare le portate del corso d'acqua in esame sulla base dei risultati ottenuti (metodo della similitudine idrologica).

In molti casi è possibile utilizzare i cosiddetti "metodi di regionalizzazione", attraverso i quali è possibile valutare le portate di piena in riferimento a parametri idrologici caratteristici del bacino in esame.

Infine, è possibile ricorrere al metodo indiretto (Afflussi-Deflussi), che permette la valutazione delle portate al colmo in funzione delle precipitazioni intense.

### 4.2 Considerazioni specifiche preliminari

Nell'ambito del territorio della Regione Marche è stato sviluppato uno studio di regionalizzazione denominato *Studio di regionalizzazione sul territorio marchigiano (Fondazione CIMA - Maggio 2016)*, finalizzato all'individuazione delle precipitazioni intense e delle portate massime al colmo di piena, associate a vari tempi di ritorno.

In tal senso per la valutazione delle portate di piena nella sezione idrologica di riferimento nel presente elaborato ci si avvale dei risultati conseguiti nello studio sopracitato.

Infine, come elemento di validazione, si riportano inoltre alcuni risultati di ulteriori studi idrologici eseguiti lungo l'asta del corso d'acqua in esame.

### 4.3 Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino

Si assume come sezione di studio quella di attraversamento da parte della linea in progetto, la quale ricade nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua (a circa 3.5 km dalla foce nel Mar Adriatico).

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico, ricavato dalle tavolette IGM, con la delimitazione del bacino sotteso dalla sezione di studio e con indicazione dell'asta principale del corso d'acqua. Nella stessa figura il tracciato di progetto è indicato mediante una linea in colore rosso.



PROGETTISTA



UNITÀ  
000

COMMESSA  
023081

LOCALITÀ

Regione Marche

SPC. LA-E-83075

PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti  
Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto

Fg. 14 di 67

Rev.  
1

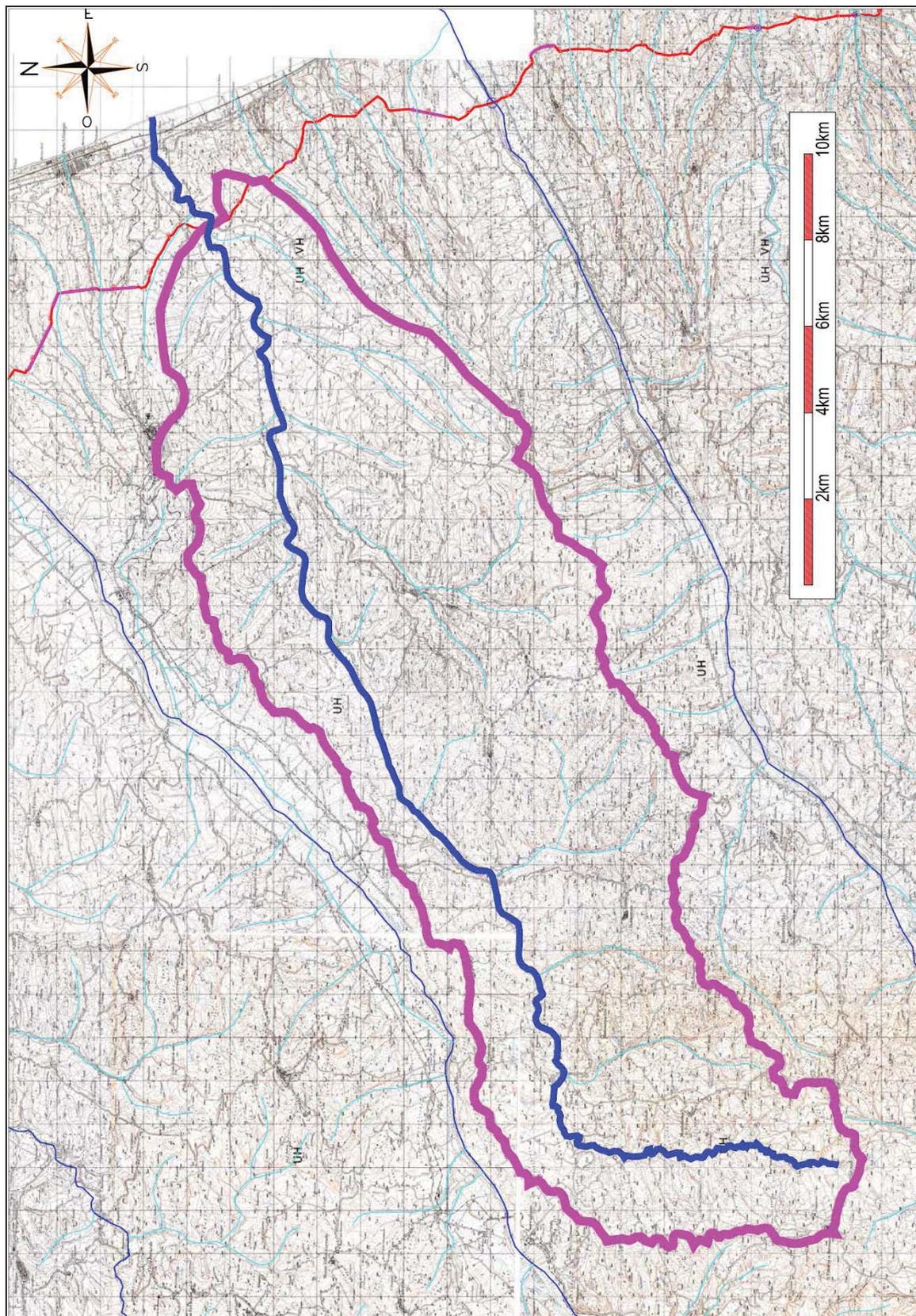


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 15 di 67	Rev. 1

Nella tabella seguente sono riportati i parametri morfometrici del bacino sotteso dalla sezione di studio (sezione di attraversamento).

*Tab.4.3/A: Parametri morfometrici*

Corso d'acqua / Sezione Studio	Superficie Bacino (kmq)	Lungh. asta principale (km)	Altitudine max Bacino (m)	Altitudine Sezione chiusura (m)
Fiume Ete Vivo / Sez. di studio	167	32	626	10

#### 4.4 Regionalizzazione delle portate

##### 4.4.1 Premessa

In data 17 febbraio 2015 è stata stipulata la convenzione tra il Commissario Delegato Maltempo Maggio 2014 e Fondazione CIMA per “La modellazione e definizione delle grandezze idrologiche utili alla progettazione per la messa in sicurezza strutturale e non strutturale del reticolo idrografico principale della Regione Marche” (Reg Int: 2015/28 – Nr. 670). Il documento, a norma dell’articolo 6 della convenzione, è la descrizione delle attività svolte da Fondazione CIMA per la regionalizzazione delle portate massime annuali al colmo di piena per la stima dei tempi di ritorno delle grandezze idrologiche. Obiettivo del lavoro è la definizione della regionalizzazione delle portate massime annuali al colmo di piena con diversi tempi di ritorno per i corsi d'acqua nel territorio marchigiano.

##### 4.4.2 Metodologia di Elaborazione - Sintesi

Per realizzare la regionalizzazione delle portate massime annuali al colmo di piena non è stato possibile utilizzare un approccio diretto che utilizzi le serie storiche di portata per la molto scarsa numerosità del campione.

È stato quindi utilizzato un approccio indiretto che prevede la generazione di eventi sintetici di precipitazione utilizzando i risultati ottenuti nella procedura di regionalizzazione delle piogge estreme e l’uso del modello idrologico Continuum calibrato e validato sul territorio regionale per determinare la risposta dei bacini.

La procedura utilizzata per la regionalizzazione delle portate al colmo è composta di tre fasi:

1. generazione di un set di eventi pluviometrici estremi sintetici
2. esecuzione di simulazioni idrologiche per ognuno degli eventi pluviometrici generati
3. stima della distribuzione di probabilità in ogni punto del reticolo

Il modello idrologico è stato calibrato su bacini di medio-grandi dimensioni presenti sul territorio regionale (l’area del bacino più piccolo calibrato è pari a 50 kmq) per cui i risultati della regionalizzazione su tali aree sono ritenuti affetti da una minor incertezza rispetto ai risultati ottenuti per bacini di piccole dimensioni (alcuni kmq) per cui non erano disponibili serie storiche di portata per la calibrazione.

##### 4.4.3 Risultati delle elaborazioni

I risultati delle elaborazioni sono stati sintetizzati mediante delle mappe di quantili, visualizzabili con qualunque software GIS.

In sintesi sono stati forniti i seguenti allegati:

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 16 di 67	Rev. 1

- Mappe\_Regionalizzazione\_Q.zip: mappe in formato ESRI grid, lat-lon EPSG-4326, delle:
  - a. Portate per diversi tempi di ritorno (T= 2, 5, 10, 20, 50, 100, 150, 200, 500 anni).
  - b. Area drenata da ciascun punto sul reticolo modellistico (espressa in km<sup>2</sup>).

Inoltre per bacini con area drenata inferiore a 50 kmq, come metodo alternativo all'utilizzo delle mappe dei quantili, risulta possibile valutare la portata indice (portata media dei massimi di piena annuali) in funzione dell'area drenata, in considerazione dell'algoritmo qui di seguito riportato:

$$Q_i = 1.6119 A^{0.9735} \quad [m^3/s]$$

Si applicano i valori del fattore di crescita  $K_T$  riportati nella Tabella seguente per ottenere il quantile desiderato:  $Q(T) = K_T \times Q_i$

Tempo di ritorno [anni]	2	5	10	20	50	100	150	200	500	1000
Fattore di crescita $K_T$	0.864	1.375	1.755	2.155	2.730	3.207	3.505	3.725	4.482	5.115

A livello cautelativo, per bacini inferiore ai 50 kmq, viene suggerito di utilizzare entrambi i metodi e poi di utilizzare i valore massimi.

#### 4.4.4 Risultati riferiti al caso specifico

La visualizzazione dei quantili di riferimento per la sezione idrologica di studio è stata eseguita mediante l'impiego del software QGIS.

In particolare le portate al colmo di piena, riferite a n.4 differenti tempi di ritorno, sono riportate nella tabella seguente.

*Tab.4.4/A: Portate al colmo di piena / Metodo "Regionalizzazione Marche"*

Corso d'acqua / Sezione Studio	Coord. Geografiche WGS84-EPGS4326 Latitudine /Longitudine	Superficie Bacino (kmq)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=50anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=100anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=200anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=500anni)
Fiume Ete Vivo / Sez. di studio	43.153° / 13.780°	167	307	342	395	465

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 17 di 67

#### 4.5 Portata di progetto

Si adotta come portata di progetto quella valutata con il "Metodo di Regionalizzazione" ed associata ad un tempo di ritorno (TR) pari a 200 anni.

Nella tabella seguente si riepiloga dunque la portata di progetto, la quale verrà presa in considerazione per le verifiche idrauliche di cui al capitolo seguente.

*Tab.4.5/A: Portata di progetto - tabella riepilogativa*

		Sup. Bacino	Qprogetto	qmax
Sezione Idrologica		(kmq)	(mc/s)	(mc/s×kmq)
F. Ete Vivo	Sez. di studio	167	<b>395</b>	2.36

#### 4.6 Validazione dei risultati

Come ulteriore elemento di validazione delle valutazioni idrologiche di riferimento per lo specifico elaborato, qui di seguito si riportano sinteticamente i risultati delle valutazioni idrologiche eseguite lungo l'asta fluviale del corso d'acqua nell'ambito di uno studio redatto dall'Università di Camerino per conto del Consorzio di Bonifica delle Marche.

Lo studio risulta disponibile on line presso il link <https://www.bonificamarche.it/i-nostri-programmi/studio-per-la-mitigazione-del-rischio-idrogeologico/>

Le valutazioni idrologiche sono state eseguite in considerazione di n.2 differenti metodi per le valutazioni idrologiche, ossia:

- Metodo dell'SNC-CN sia per la stima della pioggia netta che per la trasformazione afflussi-deflussi implementato attraverso il software HEC-HMS;
- Metodo Razionale;

Nel caso del corso d'acqua in esame sono stati considerati vari sottobacini, secondo lo schema riportato nella figura seguente:

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 18 di 67



*Fig.4.6/A: Studio Università di Camerino - Indicazione dei sottobacini*

Pertanto, sviluppando le elaborazioni idrologiche in considerazione dei parametri morfometrici rappresentativi dei bacini, è stato possibile procedere alla valutazione delle portate di piena riferite a vari tempi di ritorno.

Nella figura seguente è riportato un particolare delle confluenze utilizzate per la modellazione idrologica.

L'ambito in esame ricade non lontano dalla foce e pertanto può essere considerata la junction (foce Ete Vivo - Outlet 1), come confluenza di riferimento.

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> 000	<b>COMMESSA</b> 023081
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 19 di 67	<b>Rev.</b> 1

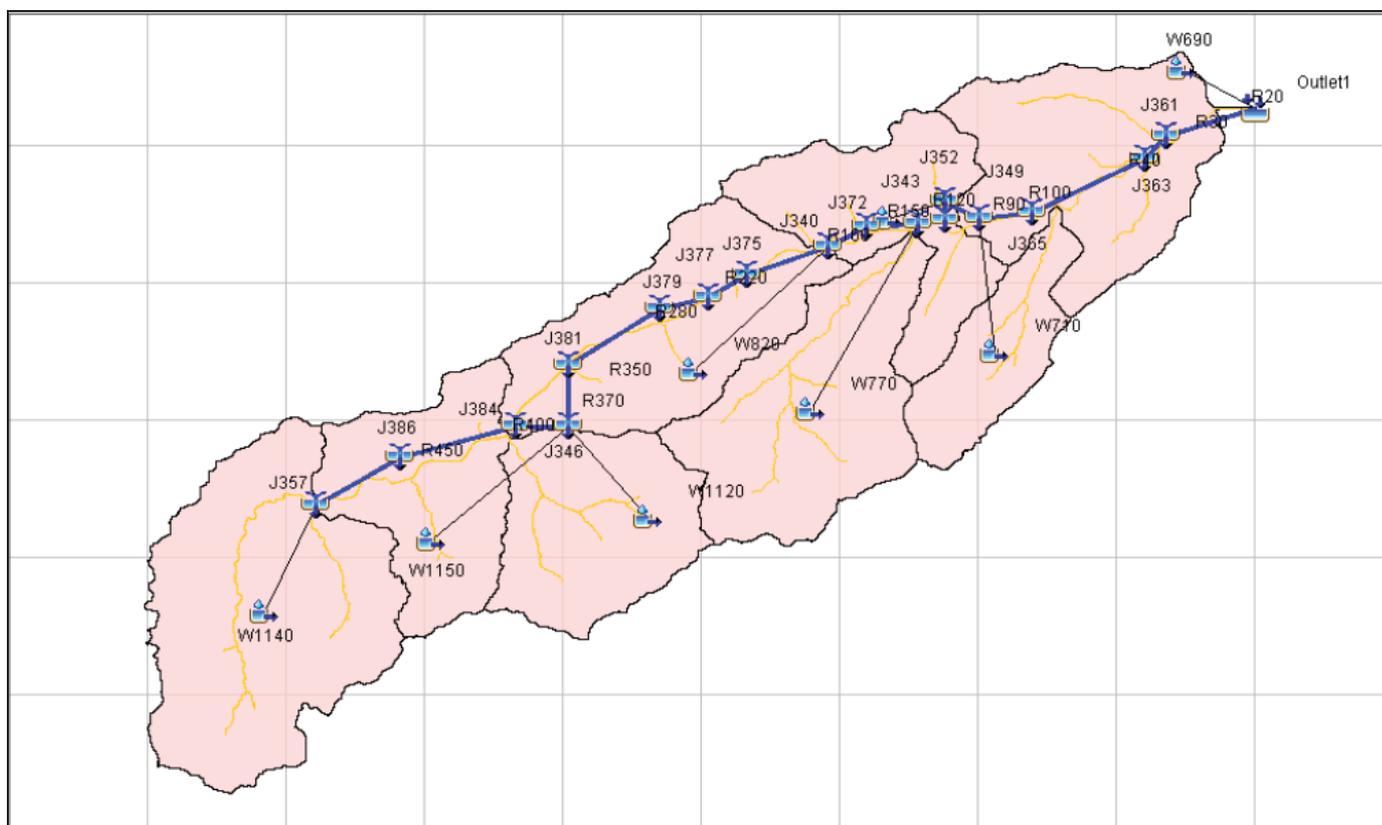


Fig.4.6/B: Indicazioni delle confluenze di studio nel corso d'acqua

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle elaborazioni idrologiche nelle varie confluenze e riferite a tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 20 di 67	Rev. 1

Tab..4.6/A: Portate  $T_r=50$  anni, nelle confluenze principali

Subbasin Junction	$Q_{max50}$ (HEC- HMS) (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{max100}$ (HEC- HMS) (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{max200}$ (HEC-HMS) (m <sup>3</sup> /s)
W820	36.4	44.9	53.2
W770	31.6	40	48.6
W1150	28.2	35.6	43.1
W710	18.2	23.1	27.7
W700	39.3	48.7	57.7
W690	45	55.2	64.5
W1140	43.4	55.1	67.3
W1120	25.9	32.9	40.6
Foce Ete Vivo	217.6	271.5	324
J340	118.3	148.5	179.1
J343	144.4	181.2	218.5
J346	83.5	105.6	128.5
J349	178.6	223.6	268.2
J352	166.1	208.2	250.1
J357	43.4	55.1	67.3
J361	178.2	223.3	267.9
J363	178.5	223.5	268.1

Esaminando la tabella precedente, si evince che in corrispondenza della confluenza di riferimento "Foce Ete Vivo" si individuano valori di portata significativamente inferiori nei confronti di quelli valutati con il metodo della "Regionalizzazione" (si veda la Tab.4.4/A).

Pertanto, la scelta di considerare nel presente elaborato come portate di riferimento nell'ambito di studio quelle derivanti dal metodo della Regionalizzazione può essere ritenuta conservativa.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 21 di 67	Rev. 1

## 5 STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE

### 5.1 Presupposti e limiti dello studio

Nel presente capitolo sono descritte le procedure operative ed i risultati delle analisi condotte per la verifica delle condizioni idrauliche del deflusso di piena del corso d'acqua nel tronco oggetto dell'intervento. In particolare, nello specifico si è deciso di svolgere l'analisi idraulica, attraverso una *modellazione in moto permanente* in un tronco d'alveo idraulicamente significativo a cavallo dell'ambito di attraversamento della condotta.

Lo studio è finalizzato alle seguenti determinazioni:

- stima ed analisi dei parametri idraulici che caratterizzano il deflusso della portata di piena, in corrispondenza delle sezioni interessate dalle opere in progetto;
- valutazione dei potenziali fenomeni erosivi del fondo alveo e degli approfondimenti, che possono verificarsi in concomitanza di eventi di piena eccezionale.

Come esposto nel capitolo precedente, lo studio idraulico è effettuato sulla base della portata al colmo corrispondente al tempo di ritorno  $T_r = 200$  anni (al quale si associa la probabilità di non superamento del 99.5%). Tale valore è utilizzato per la stima degli eventuali fenomeni erosivi, che devono dimostrarsi limitati entro condizioni compatibili con le opere di ripristino previste, al fine di assicurare la sussistenza di condizioni di stabilità per la condotta e l'assenza di eventuali interferenze tra questa ed i fenomeni associati al deflusso di piena.

Lo schema utilizzato per la determinazione dei profili idrici è quello di moto permanente monodimensionale (deflusso costante e geometria variabile), con corrente gradualmente variata (fatta eccezione per le sezioni in cui si risente della presenza di strutture), variazioni di forma dell'alveo e di pendenza longitudinale del fondo compatibili con il modello. La validità delle analisi eseguite in condizioni di moto permanente è avvalorata dalle seguenti considerazioni:

- le valutazioni idrauliche sono condotte per un tratto limitato del corso d'acqua;
- l'assetto idrografico del corso d'acqua è rappresentato mediante sezione delle trasversali all'alveo;
- lo studio è essenzialmente incentrato sugli effetti del massimo valore di livello idrico raggiunto durante gli eventi di piena ed ai corrispondenti regimi di velocità.

I criteri ed i modelli di calcolo utilizzati per le verifiche idrauliche in moto permanente derivano dall'applicazione del software HEC-RAS<sup>1</sup>, nella versione 4.1.0, e descritti nei documenti "RAS Hydraulic reference manual", "RAS user's manual", "RAS applications guide".

In *Appendice 1* della presente relazione viene descritta, con dettaglio, la metodologia di calcolo utilizzata; mentre in *Appendice 2* sono riportati i tabulati di report del programma di calcolo.

<sup>1</sup> River Analysis System, versione 4.1.0, Gennaio 2010, sviluppato da U.S. Army Corp of Engineers - Hydrologic Engineering Center - 609 Second Street, Davis, CA (U.S.A.).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 22 di 67

## 5.2 Assetto geometrico e modellazione dell'alveo

Al fine di eseguire la modellazione idraulica nell'ambito di riferimento è stato considerato un tronco d'alveo idraulicamente significativo a cavallo della sezione di attraversamento del metanodotto, per uno sviluppo complessivo di circa 800m.

I dati geometrici di base derivano da un rilievo topografico effettuato tramite volo Lidar (appositamente eseguito per la progettazione del metanodotto in esame), che ha consentito la definizione di dettaglio delle caratteristiche geometriche dell'alveo e delle sponde lungo lo sviluppo del tronco d'alveo oggetto di analisi.

La configurazione d'alveo così individuata risulta pertinente sia alla attuale configurazione idraulica del corso d'acqua, che a quella di fine lavori. Ciò in quanto, con i lavori di costruzione del metanodotto, non verranno apportate al corso d'acqua alterazioni apprezzabili tali da modificarne il deflusso della corrente.

Entrando nello specifico, nella figura seguente è riportato uno stralcio di una foto aerea (estratta da google earth), nel quale le sezioni trasversali utilizzate per il calcolo idraulico sono indicate in magenta, mentre il tracciato di linea in progetto è indicato colore in rosso. La sezione Sez.1 (RS50) coincide con la sezione di monte del tronco idraulico; la sezione Sez.5 (RS10) rappresenta la sezione idraulica di valle.

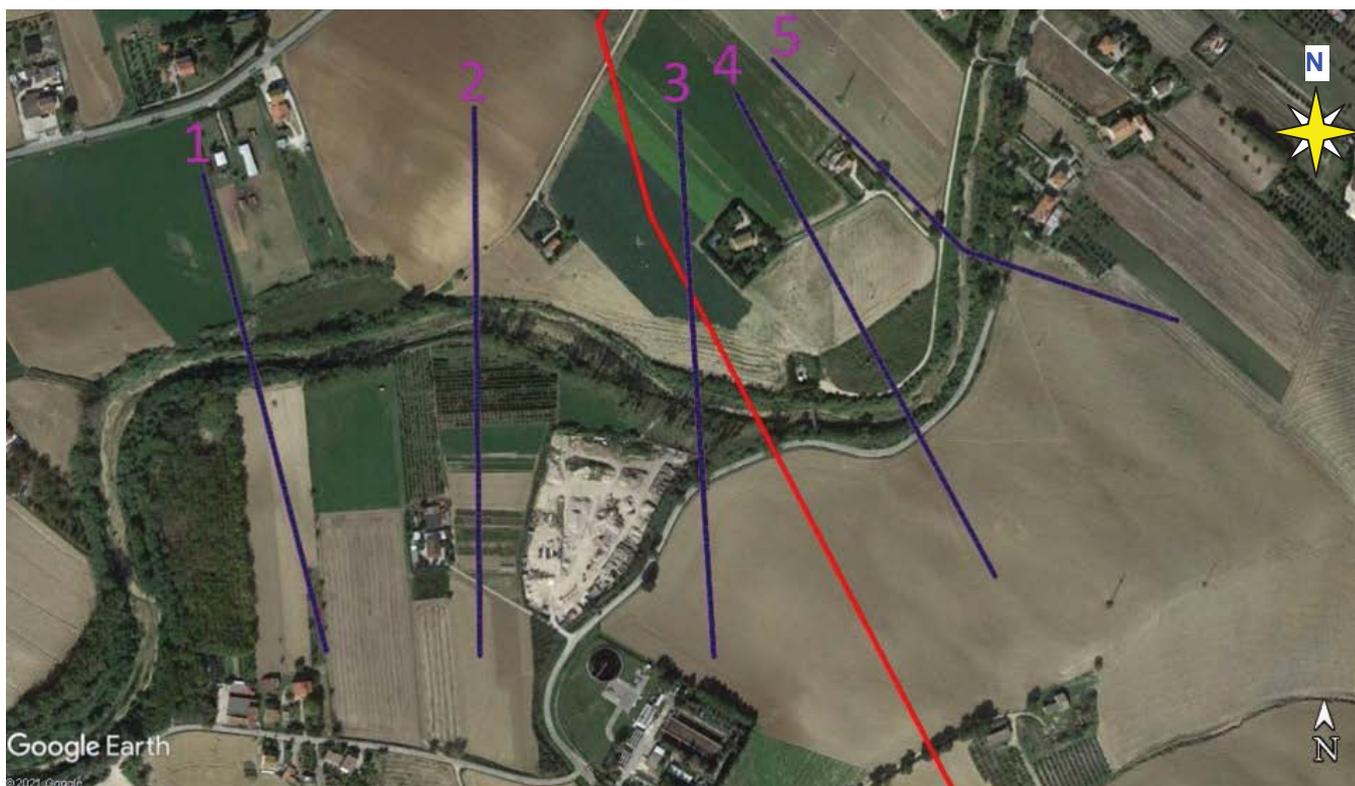


Fig.5.2/A: Foto aerea del tronco d'alveo analizzato e sezioni iniziali di input

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 23 di 67

Invece nella successiva tabella vengono riportate le denominazioni delle sezioni di input nella modellazione idraulica (con la corrispondenza con le sezioni del rilievo), nonché vengono indicate le progressive metriche lungo l'asta fluviale e le distanze reciproche tra le sezioni.

Tab.5.2/A: quadro geometrico generale della modellazione

SEZIONE IDRAULICA (River Station)	SEZIONE DEL RILIEVO	PROGRESSIVA (m)	DISTANZA dalla Sez. succ. (m)	DESCRIZIONE
RS50	Sez.1	0.00	209.51	Sezione di monte
RS40	Sez.2	209.51	221.01	
RS30	Sez.3	430.52	193.19	
RS20	Sez.4	623.71	169.52	
RS10	Sez.5	793.23	0.00	Sezione di valle

In aggiunta, si pone in evidenza, che per ottenere una migliore modellazione numerica nell'elaborazione di calcolo sono utilizzate anche una serie di "sezioni intermedie", le quali sono state individuate in maniera automatizzata dal programma mediante interpolazione lineare tra le sezioni di input immediatamente a monte ed a valle.

Nella figura seguente si riporta lo schema planimetrico di input geometrico utilizzato per la modellazione idraulica, dove le sezioni in verde scuro sono di input da rilievo, mentre quelle in verde chiaro sono state ricavate per interpolazione dal programma.

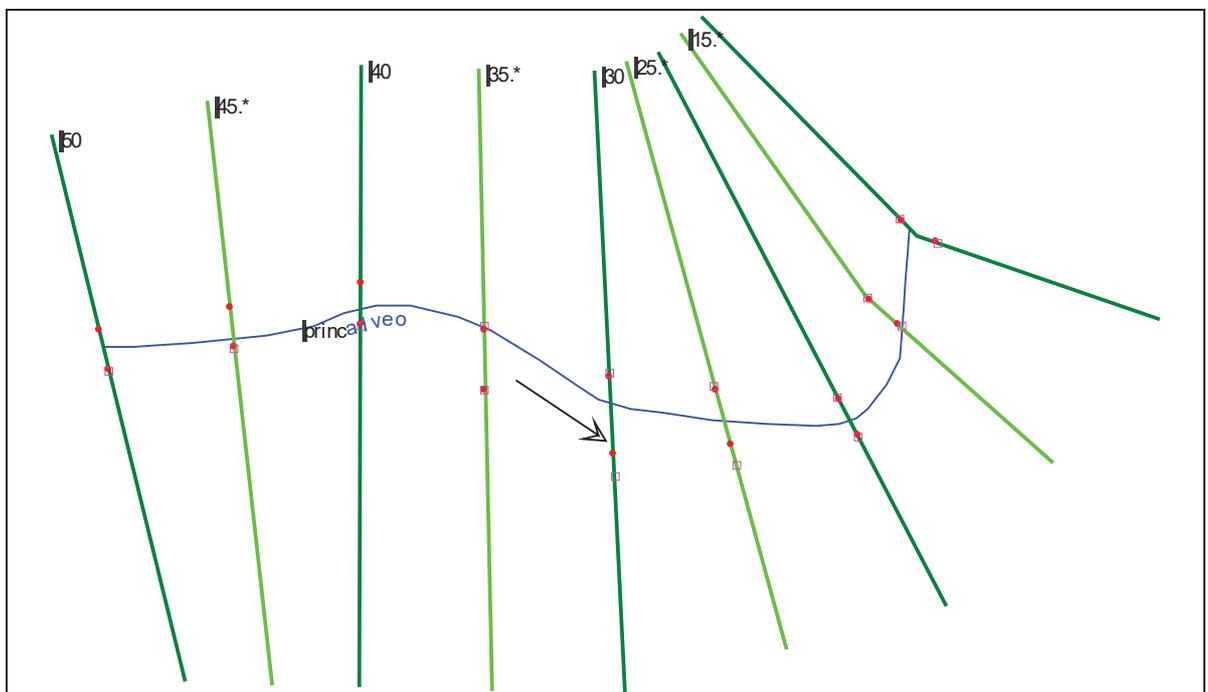


Fig.5.2/B: Modellazione geometrica in HEC-RAS (RS50 a monte e RS10 a valle)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 24 di 67

### Dati di Input e condizioni al contorno

Le elaborazioni sono state effettuate considerando l'evento di piena associato ad un tempo di ritorno di 200 anni, per il quale (in riferimento alle valutazioni idrologiche di cui al capitolo precedente) è stata valutata una portata al colmo di piena  $Q$  pari a:

- $Q_{200} = 395 \text{ mc/s}$

Il valore di portata è stato mantenuto costante per tutto il tronco d'alveo in esame nella modellazione idraulica. Inoltre la portata è stata mantenuta costante nel tempo, in conformità ad una delle ipotesi del moto permanente.

Le condizioni al contorno imposte alle estremità del tronco d'alveo oggetto di studio, sono costituite da un flusso in moto uniforme "normal depth" a monte (RS50) ed a valle (RS10), in considerazione delle pendenze al fondo individuati per i tratti immediatamente esterni alle estremità del tronco.

Per quanto concerne il coefficiente d'attrito si è fatto riferimento agli indici di scabrezza di Manning "n", i cui valori caratteristici, assunti costanti per l'intero tronco di analisi, sono:

- 0,035 per l'alveo medio principale (Chan);
- 0,055 per le aree golenari di deflusso oltre i limiti d'alveo (LOB, ROB);

### **5.3 Risultati della simulazione idraulica**

I tabulati di Report dell'elaborazione idraulica (in forma estesa) sono riportati in *Appendice 2*, mentre qui di seguito si riportano alcuni grafici e tabelle che consentono una più rapida visualizzazione dell'output dell'elaborazione.

Al fine di fornire un inquadramento visivo generale sull'assetto geometrico, sull'ubicazione delle sezioni di studio e sui risultati conseguiti, qui di seguito si riporta una visione prospettica dell'output di elaborazione ed il profilo longitudinale.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 25 di 67

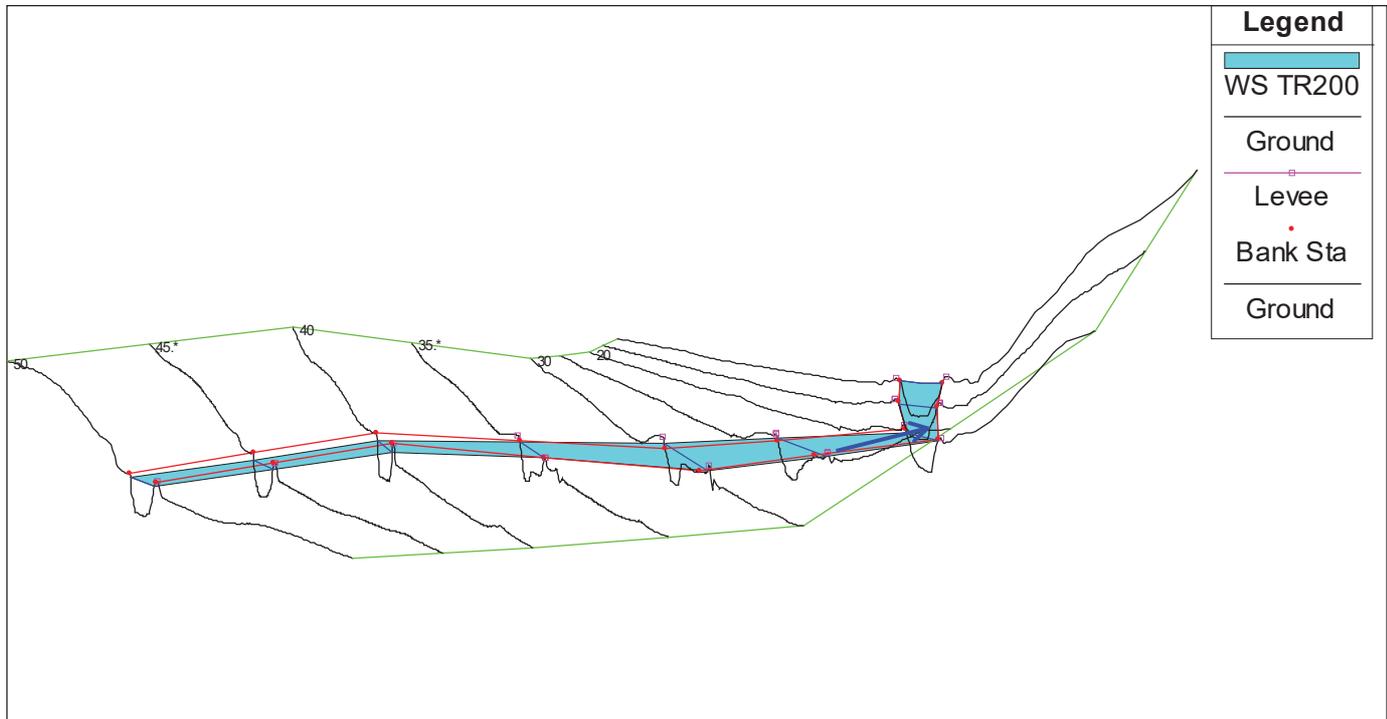


Fig.5.3/A: Schermata di Output del programma – visione prospettica (RS50: monte /RS10: valle)

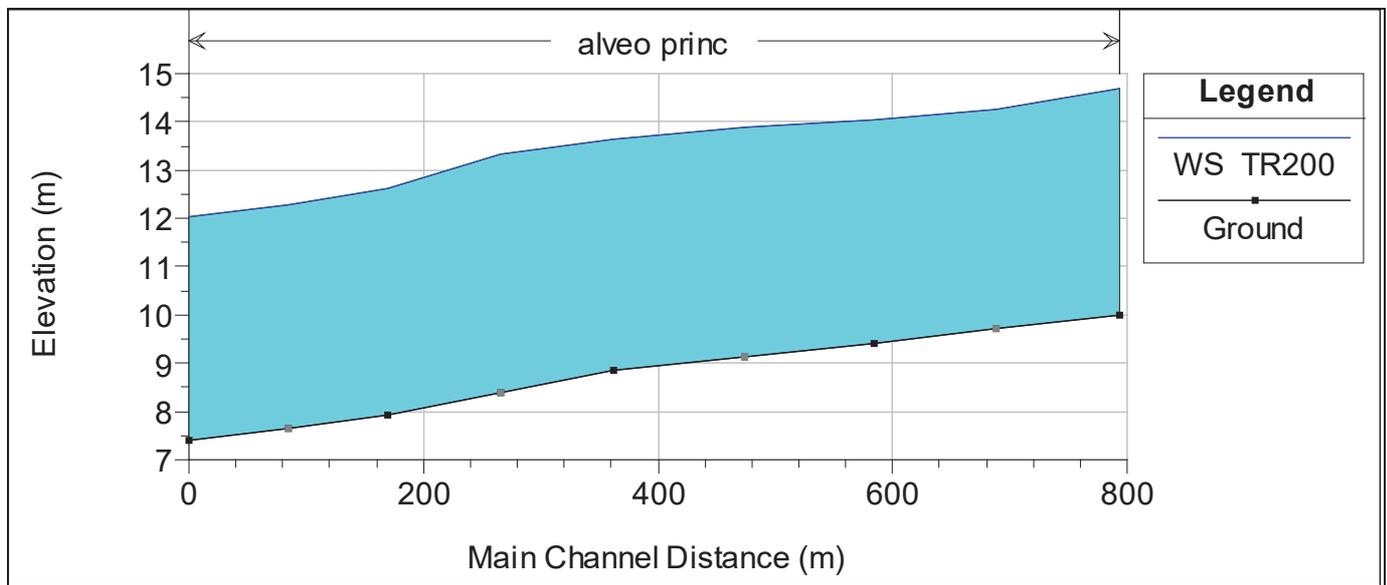


Fig.5.3/B: Schermata di Output del programma – Profilo longitudinale (RS50: monte /RS10: valle)

Di seguito è riportata la tabella riepilogativa dei risultati conseguiti nell'elaborazione idraulica, relativa alle varie sezioni di calcolo.

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> 000	<b>COMMESSA</b> 023081
	<b>LOCALITÀ</b>	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	<b>PROGETTO</b>	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 26 di 67

*Tab.5.3/A: Tabella Riepilogativa generale di Output*

River Station	Q Total (m3/s)	Min Ch Elev (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)	Hydr Depth C (m)	Shear Chan (N/m2)	Froude Chl
50	395	10	14.69	13.46	15.32	0.003019	3.51	112.61	30.57	3.68	98.88	0.58
45.*	395	9.71	14.26	13.31	14.96	0.003603	3.71	106.44	30.92	3.44	112.46	0.64
40	395	9.41	14.03	12.66	14.6	0.002638	3.34	118.2	30.91	3.82	88.9	0.55
35.*	395	9.13	13.88	12.68	14.28	0.002325	2.79	141.4	46.94	3.01	65.84	0.51
30	395	8.84	13.63	12.89	13.98	0.002888	2.66	156.27	79.6	2.35	64.65	0.55
25.*	395	8.39	13.34	12.15	13.73	0.002283	2.78	147.6	62.3	3	65.09	0.51
20	395	7.93	12.62	11.79	13.4	0.004256	3.9	101.33	30.96	3.27	126.23	0.69
15.*	395	7.66	12.29	11.42	13.04	0.004032	3.84	102.94	31.22	3.3	121.63	0.67
10	395	7.39	12.02	10.99	12.7	0.003506	3.65	108.24	31.76	3.41	108.92	0.63

Nella tabella di “output”, i parametri riportati assumono i significati qui di seguito specificati.

- River Station: Numero identificativo della sezione;
- Q Total: Portata complessiva defluente nell'intera sez. trasversale;
- Min. Ch Elev: Quota minima di fondo alveo;
- W.S. Elev: Quota del pelo libero;
- Crit W.S: Quota critica del pelo libero (corrispondente al punto di minimo assoluto della linea dell'energia);
- E.G. Elev: Quota della linea dell'energia per il profilo liquido calcolato;
- E.G. Slope: Pendenza della linea dell'energia;
- Vel Chnl: Velocità media nel canale principale dell'alveo;
- Flow Area: Area della sezione liquida effettiva;
- Top Width: Larghezza superficiale della sezione liquida;
- Hydr Depth C: Altezza liquida media nel canale principale dell'alveo;
- Shear Chnl: Tensione di attrito nel canale principale dell'alveo
- Froude Chnl: Numero di Froude nel canale principale dell'alveo;

In aggiunta nel seguito sono presentati le tabelle di sintesi dei risultati della simulazione, relativamente alle sezioni principali trasversali (senza quelle interpolate dal programma) considerate nell'elaborazione.

I principali parametri riportati nel seguito in forma tabellare sono, oltre a quelli già illustrati e riportati nella tabella 5.3/A, qui di seguito indicati:

elementi della geometria d'alveo

- Min Ch El, quota minima dell'alveo medio principale;
- Wt. n-Val, coefficiente di scabrezza di Manning;

parametri globali di deflusso

- Max Chl Depth, profondità massima in alveo;
- Vel. Total, velocità complessiva media di flusso;
- Vel Head, carico cinetico;

parametri parziali delle componenti di deflusso oltre i limiti di sponda (LeftOB, RightOB) e nell'alveo medio principale (Chan)

- Avg. Vel, velocità media nelle aree di deflusso parziale;
- Hydr Depth, altezza liquida equivalente (Flow Area/ Top Width);
- Shear, tensione tangenziale di attrito al perimetro;



PROGETTISTA



UNITÀ  
000

COMMESSA  
023081

LOCALITÀ

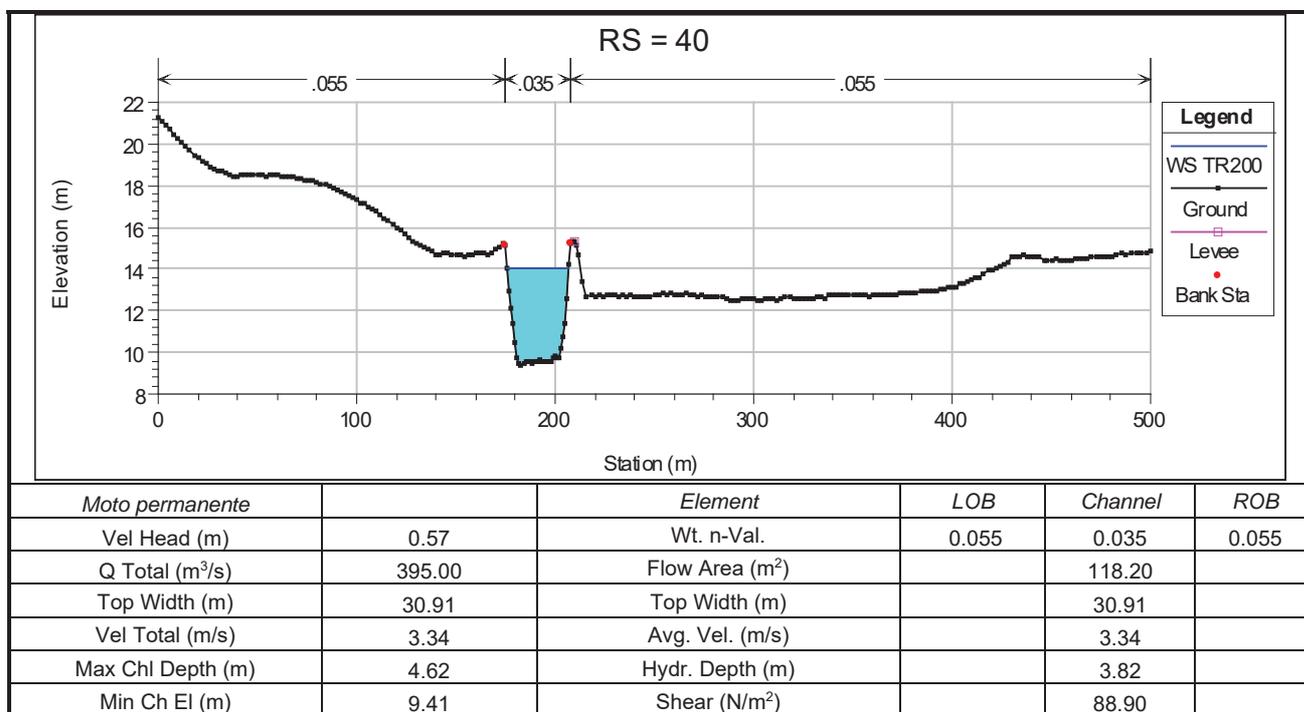
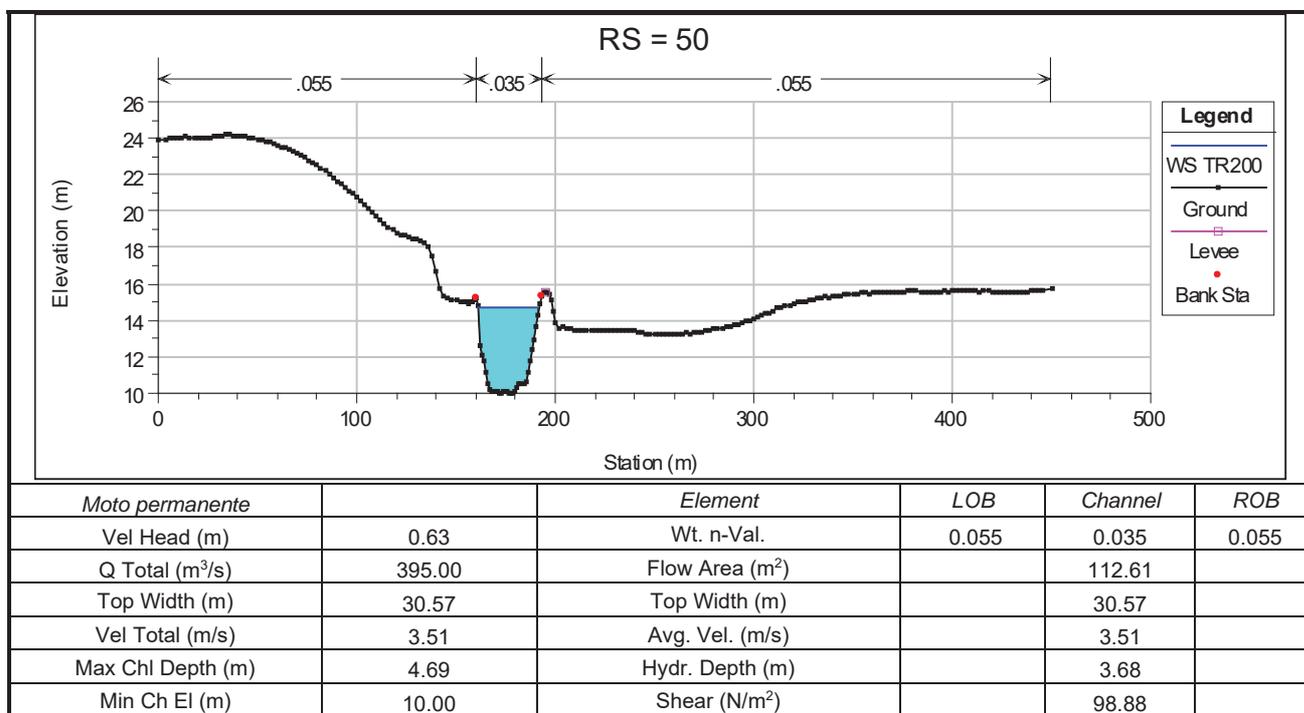
Regione Marche

SPC. LA-E-83075

PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti  
Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto

Fg. 27 di 67

Rev.  
1





PROGETTISTA



UNITÀ  
000

COMMESSA  
023081

LOCALITÀ

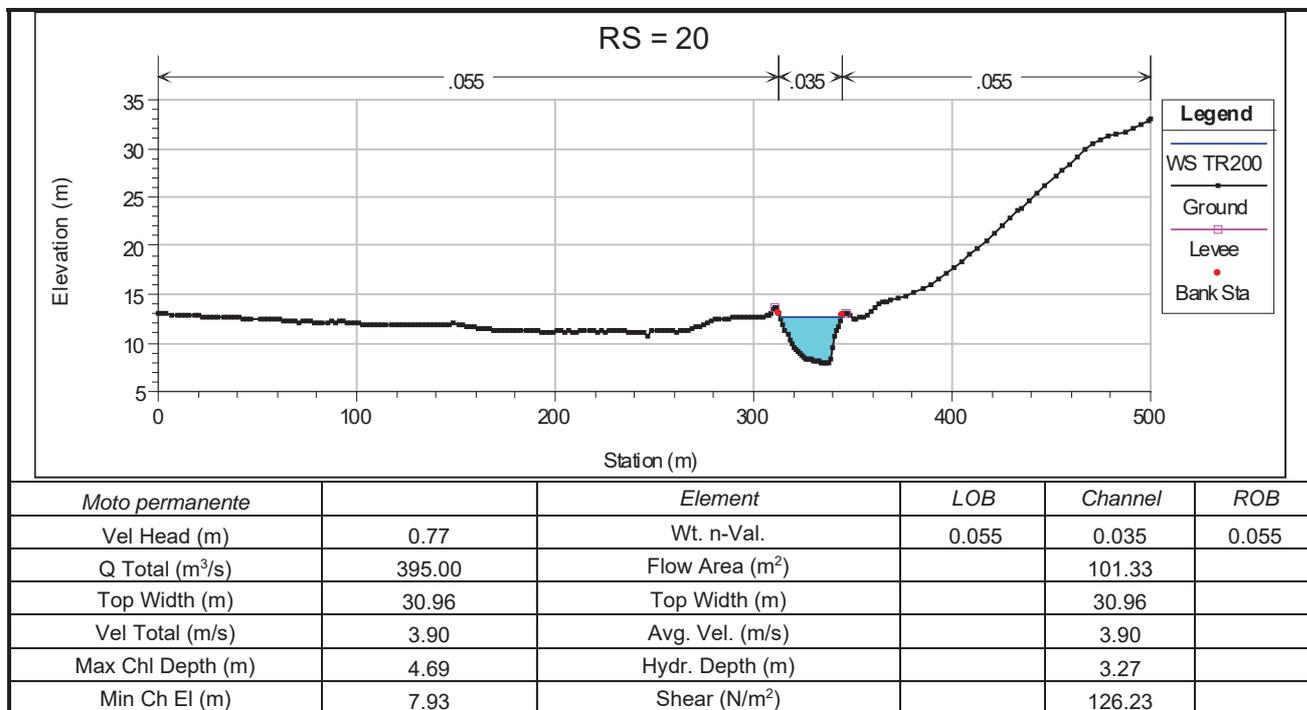
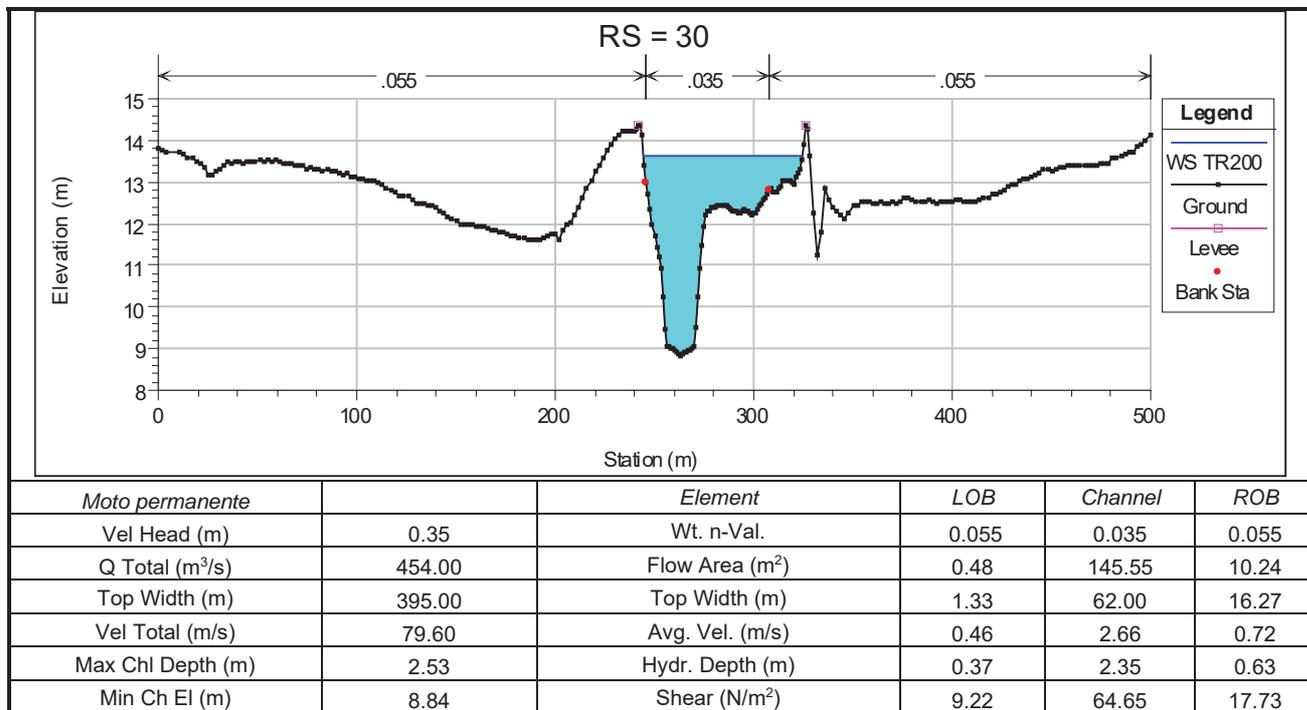
Regione Marche

SPC. LA-E-83075

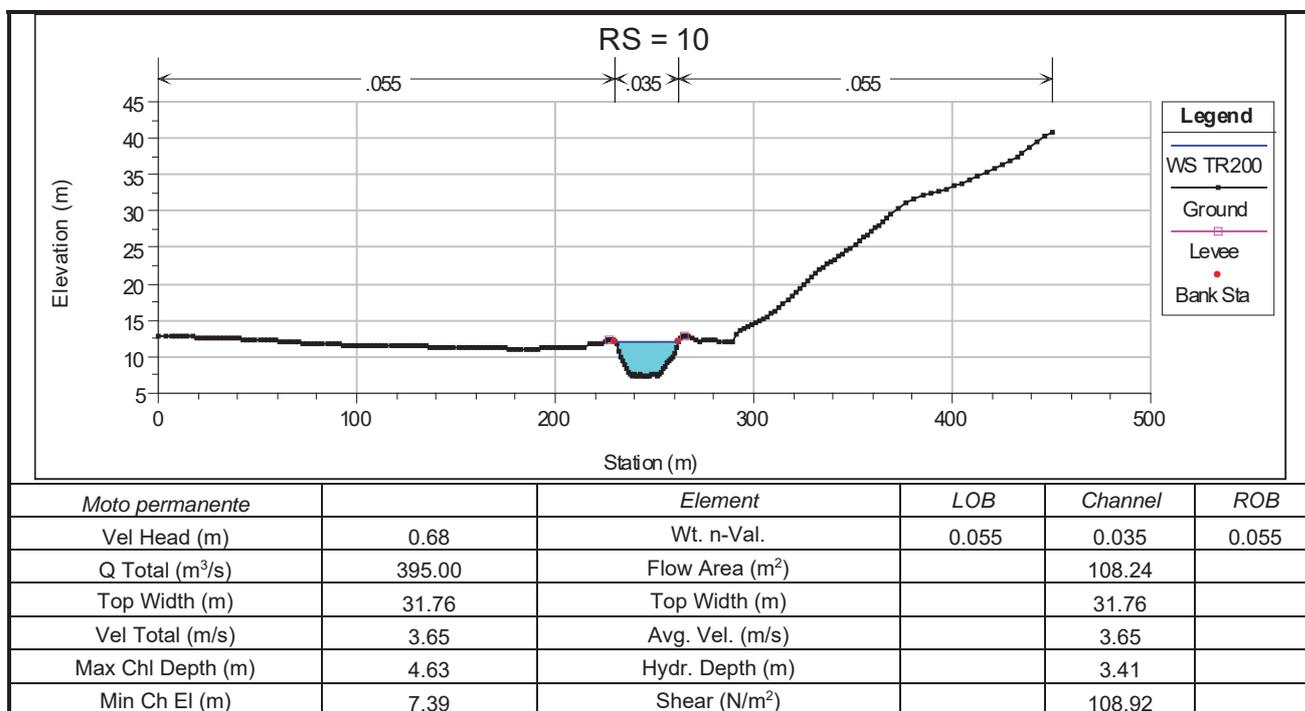
PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti  
Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto

Fg. 28 di 67

Rev.  
1



	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83075
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 29 di 67



#### 5.4 Analisi dei risultati conseguiti

Nel paragrafo precedente sono state riportate le principali schermate di output del programma HEC-RAS; mentre in *Appendice 2* sono riportati i tabulati di Report in forma estesa del programma, al quale si rimanda per gli eventuali approfondimenti di dettaglio.

Pertanto dall'esame dei risultati della simulazione idraulica, si rileva che nel tronco idraulico considerato, la sezione d'alveo risulta in grado di contenere la portata di progetto (portata duecentennale).

Infatti come si rileva dalla Fig.5.3/A, gli argini risultano adeguati per evitare esondazioni, seppur con franchi idraulici limitati.

Dall'analisi di confronto con le perimetrazioni delle aree di inondazione individuate nell'ambito del PAI e rappresentate per l'ambito in esame nella Fig.8.2/A (si veda il capitolo 8), si rilevano delle differenze significative. Ciò in quanto, in riferimento alle aree censite del PAI, si individuano delle aree di inondazioni sia in sinistra, che in destra idrografica dell'alveo del corso d'acqua.

Le velocità di deflusso della corrente risultano generalmente variabili nell'ordine dei 3÷4 m/s, mantenendosi comunque in condizione di corrente lenta ( $FR < 1$ ).

Per la valutazione dei fenomeni erosivi e delle capacità di trasporto solido della corrente in considerazione della piena di progetto, si rimanda a quanto riportato nel capitolo seguente.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 30 di 67	Rev. 1

## 6 VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO

### 6.1 Generalità

Nel corso degli eventi di piena, il fondo degli alvei subisce modifiche morfologiche, in molti casi anche di notevole entità, innescate da cause che possono essere definite “intrinseche” (dovute cioè a fenomeni naturali quali confluenze, curve, ostacoli naturali ecc.) o “indotte” (legate ad alterazioni di origine antropica diretta o indiretta, quali opere in alveo, escavazioni, ecc.). La valutazione di tali fenomeni riveste notevole importanza ai fini del dimensionamento degli interventi in alveo.

Allo stato attuale delle conoscenze tecniche, la valutazione dell’entità degli approfondimenti, dei fenomeni di escavazione e di trasporto localizzato, nella maggioranza dei casi, dipende da un puntuale riscontro sul campo, atto a valutare lo stato generale dell’alveo. La stima del valore atteso per tali fenomeni rimane, nella maggioranza dei casi, un’attività dipendente in massima parte dall’esperienza e dalla sensibilità del progettista, il quale deve avvalersi in misura preponderante degli esiti di appositi sopralluoghi per valutare lo stato generale dell’alveo. Le analisi di natura sperimentale disponibili, pur fornendo utili indicazioni circa l’entità dei fenomeni, risultano spesso legate alle particolari condizioni al contorno poste a base delle indagini, ed ai modelli rappresentativi utilizzati.

Il lavoro di ricerca ha prodotto negli ultimi cinquanta anni una serie di risultati, che forniscono utili indicazioni circa l’entità dei fenomeni di escavazione e trasporto localizzato solo in alcuni casi tipici. Va sottolineato che tali risultati sono in generale caratterizzati dai seguenti limiti principali:

- la quasi totalità dei dati utilizzati per la definizione delle metodologie di valutazione delle escavazioni proviene da prove effettuate in laboratorio, su modelli in scala ridotta e su terreni di fondo alveo a granulometria maggiormente omogenea di quanto effettivamente riscontrabile in natura;
- ogni formula determinata per via sperimentale è strettamente legata a casi particolari di escavazione in alveo e risulta difficilmente estrapolabile a casi dissimili da quelli direttamente analizzati in campo o in laboratorio;
- non si dispone di analisi effettuate su ripristini di scavo e su rivestimenti eseguiti in opera, che si differenzino dalle condizioni teoriche di depositi aventi una granulometria ordinaria;
- le sperimentazioni sono in massima parte riferite a condizioni che prevedono una portata di base sostanzialmente costante e non tengono conto di fenomeni di estrema variabilità che caratterizzano gli eventi di piena in alvei a regime torrentizio;
- gli studi sono condotti essenzialmente per alvei di pianura di grandi dimensioni.

Le considerazioni sopra riportate devono condurre pertanto ad un atteggiamento di estrema cautela nell’uso delle relazioni utilizzate per il calcolo degli approfondimenti, avendo cura di utilizzare ciascuna di esse per casi simili a quelli per cui sono state ricavate ed associando comunque alle valutazioni condotte su scala locale (buche, approfondimenti localizzati) considerazioni ed analisi sulla dinamica d’alveo generale nella zona di interesse (presenza o meno di trasporto solido, variazioni storiche della planimetria d’alveo, granulometria dei sedimenti ed indagine geotecnica sui litotipi presenti nei primi metri del fondo, ecc.).

Nel seguito si descrivono quindi le espressioni generali che si ritengono utilizzabili nel caso in oggetto, per la valutazione dei fenomeni erosivi in alveo, al fine di quantificare il valore che un eventuale approfondimento potrebbe raggiungere rispetto alla quota media iniziale del fondo, interessando quindi la quota di collocazione della condotta.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83075
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 31 di 67

## 6.2 Criteri di calcolo

### Approfondimenti localizzati

Per quanto attiene alla formazione locale di buche ed approfondimenti, le posizioni e le caratteristiche di queste erosioni sono talvolta abbastanza prevedibili, come ad esempio nel punto di gorgo dei meandri o in corrispondenza di manufatti, ed a volte del tutto imprevedibili, specialmente in alvei a fondo mobile, cioè costituiti da un materiale di fondo essenzialmente granulare.

Infatti, in tali alvei, anche in assenza di manufatti, sul fondo possono crearsi buche di notevole profondità; le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano il fenomeno stesso.

In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5 centimetri, i valori raggiungibili dalle suddette erosioni sono generalmente indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5 centimetri, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la profondità dell'erosione<sup>2</sup>. Occorre quindi poter stimare quale sia il diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena e quindi valutare gli eventuali approfondimenti. Per i casi di posa di condotte in sub-alveo con eventuale rivestimento, da effettuare in corsi d'acqua a regime torrentizio, è inoltre necessario adeguare le analisi alle condizioni concrete di esecuzione. Fra i modelli più noti atti a determinare il valore dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo dovuto alle piene (Schoklitsh, Eggemberger, Adami, ecc.), la formula di Schoklitsh<sup>3</sup> è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici.

Per determinare un valore medio rappresentativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo, si ricorre alla citata formula di Schoklitsh:

$$S = 0.378 \cdot H^{1/2} \cdot q^{0.35} + 2.15 \cdot a$$

dove

- **S** è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota media del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- **H** =  $h_0 + v^2/2g$  rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- **q** =  $Q_{Max} / L$  è la portata specifica per unità di larghezza L della corrente in alveo;
- **a** è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca.

Il valore di **a** viene assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base del dislivello locale del fondo alveo, in corrispondenza della massima incisione, relativo ad una lunghezza (in asse alveo) pari all'altezza idrica di piena ivi determinata.

### Arature di fondo

Per quanto attiene al fenomeno di scavo temporaneo durante le piene o "aratura di fondo", esso raggiunge valori modesti, se inteso come generale abbassamento del fondo alveo, mentre può assumere valori consistenti, localmente, se inteso come migrazione trasversale o longitudinale dei materiali incoerenti.

<sup>2</sup> Adami A., Fenomeni localizzati ed erosioni negli alvei, Atti "Moderne vedute sulla meccanica dei fenomeni fluviali"; C.N.R., P.F. Conservazione del suolo; 1979.

<sup>3</sup> Schoklitsh A., "Stauraum verlandung und kolkbewehr", Springer ed., Vienna, 1935.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83075
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 32 di 67

Nel primo caso si tratta della formazione di canali effimeri di fondo alveo sotto l'azione di vene particolarmente veloci.

Nel secondo caso, tali approfondimenti possono derivare, durante il deflusso di massima piena, dalla formazione di dune disposte trasversalmente alla corrente fluida, che comportano un temporaneo abbassamento della quota d'alveo, in corrispondenza del cavo tra le dune stesse.

Allo stato attuale non potendosi fare che semplici ipotesi sul fenomeno, non è possibile proporre algoritmi per calcolare la profondità degli scavi. Le proprietà geometriche del fondo alveo, in relazione all'entità delle tensioni tangenziali indotte dalla corrente, sono state studiate<sup>4</sup> da Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare a tali escavazioni un valore cautelativo pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata. In particolare, nel caso di regime di corrente lenta, venne concluso che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica. Una generalizzazione prudentiale, proposta in Italia<sup>5</sup>, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena.

Per quanto riguarda il fenomeno di scavo temporaneo durante le piene, come detto, non disponendo allo stato di algoritmi opportunamente tarati, atti a determinare la potenziale entità del fenomeno in relazione alle specificità del sito in studio, ci si basa sulle considerazioni empiriche proposte in letteratura tecnica, secondo le quali un valore del tutto cautelativo della profondità di tali potenziali escavazioni del fondo (**Z**) è stimabile, in corrispondenza di una assegnata sezione, al massimo in ragione del 50% del battente idrometrico di piena (**ho**), ovvero

$$Z = 0,5 \cdot ho$$

#### Diametro limite dei clasti trasportabili

In merito al problema della determinazione del diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena, si ricorre alla formula di Shields, che, per i casi di regime turbolento ( $Re^+ > 1000$ ), diviene

$$\delta = \frac{\tau_0}{[0.06 \cdot (\gamma_s - \gamma_w)]}$$

dove

- $\delta$  è il diametro delle particelle;
- $\tau_0$  è la tensione tangenziale in alveo;
- $\gamma_s$  è il peso specifico delle particelle (considerato 24 kN/m<sup>3</sup>);
- $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua, considerata, per semplicità, limpida.

<sup>4</sup> Si veda la sintesi di questi lavori in Graf W.H., "Hydraulics of sediment transport"; McGraw-Hill, U.S.A.; 1971.

<sup>5</sup> Zanovello A., Sulle variazioni di fondo degli alvei durante le piene; L'Energia elettrica, XXXIV, n. 8; 1959.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 33 di 67	Rev. 1

### 6.3 Stima dei massimi approfondimenti attesi

Le valutazioni dei fenomeni erosivi e di trasporto solido sono state eseguite in riferimento alla portata di massima piena duecentennale (TR=200 anni), i cui parametri di deflusso nelle sezioni di studio sono evidenziati nel capitolo precedente.

A tal proposito qui di seguito si riportano rispettivamente i valori delle erosioni di fondo alveo e dei diametri limiti dei clasti trasportabili dalla corrente, nelle varie sezioni di studio considerate nello studio idraulico.

Nello specifico nella seguente tabella vengono riportati i valori delle erosioni in alveo. In particolare, i valori riportati in nero sono stati estrapolati e/o calcolati in funzione dei parametri caratteristici del deflusso, di cui alla Tab.5.3/A del capitolo precedente; mentre i valori riportati in blu sono stati valutati in considerazione degli algoritmi descritti nel paragrafo precedente.

*Tab. 6.3/A: Erosioni di fondo nell'alveo principale*

River Station	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Portata specifica (m <sup>3</sup> /s m)	Carico totale (m)	Approfond. Localizzati (m)	Arature di fondo (m)
50	395	3.52	30.57	3.68	12.92	4.31	2.14	1.84
45.*	395	3.73	30.92	3.44	12.77	4.15	2.09	1.72
40	395	3.36	30.91	3.82	12.78	4.40	2.15	1.91
35.*	395	2.69	46.94	3.01	8.41	3.38	1.68	1.51
30	395	2.66	79.6	2.35	4.96	2.71	1.31	1.18
25.*	395	2.79	62.3	3	6.34	3.40	1.54	1.50
20	395	3.9	30.96	3.27	12.76	4.05	2.07	1.64
15.*	395	3.84	31.22	3.3	12.65	4.05	2.06	1.65
10	395	3.65	31.76	3.41	12.44	4.09	2.06	1.71

Nella seguente tabella vengono riportati i valori stimati per il diametro limite dei clasti trasportabili dalla corrente. In particolare, in color nero sono riportati le River Station e le Shear Channel (tensioni tangenziali in alveo), di cui alla Tab.5.3/A del capitolo precedente; mentre i valori riportati in blu sono stati valutati in considerazione degli algoritmi descritti nel paragrafo precedente.

*Tab.6.3/B: Diametro limite dei clasti trasportati*

River Station	Shear Chan (N/m <sup>2</sup> )	Diametro limite clasti trasportati (m)
50	98.88	0.12
45.*	112.46	0.13
40	88.9	0.10
35.*	65.84	0.08
30	64.65	0.08
25.*	65.09	0.08
20	126.23	0.15
15.*	121.63	0.14
10	108.92	0.13

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 34 di 67

#### 6.4 Considerazione sui risultati conseguiti

Sulla base delle valutazioni di cui al paragrafo precedente si evince che, relativamente al tronco d'alveo di interferenza con il metanodotto in progetto, le massime erosioni attese al fondo si attestano intorno al valore di circa **2,15 m**.

La corrente, nel tratto in esame, inoltre risulta potenzialmente in grado di movimentare clasti del diametro dell'ordine dei 15 cm.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 35 di 67	Rev. 1

## 7 METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

### 7.1 Metodologia costruttiva: TOC

La scelta del sistema d'attraversamento, particolarmente nel caso di corsi d'acqua di rilevanti dimensioni, deve essere effettuata in modo da garantire la massima sicurezza dal punto di vista idraulico e geotecnico, sia in fase operativa che a lungo termine, tanto per la condotta di linea in progetto quanto per il fiume.

In tal senso l'insieme delle caratteristiche morfologiche, geologiche, geometriche ed idrauliche dell'ambito d'attraversamento ha condotto alla individuazione del sistema di attraversamento in trenchless mediante la tecnica della *Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)*, ovvero *Horizontal Directional Drilling*.

Tale tecnica costruttiva è stata individuata nel caso specifico in considerazione dell'assetto morfologico dell'alveo, con lo scopo di salvaguardare dalle operazioni di scavo le opere di presidio idraulico presenti in alveo, nonché in considerazione delle caratteristiche idrologiche del corso d'acqua ed a seguito della verifica di disponibilità di spazi per l'allestimento della colonna varo.

La trivellazione peraltro consente di superare, ad elevata profondità, anche la strada asfaltata presente in destra idrografica del corso d'acqua.

Detta tecnica consente dunque di evitare le interferenze con il regime idraulico del corso d'acqua (anche durante le fasi costruttive) e sostanzialmente di eliminare gli impatti sul territorio della regione fluviale.

Il sistema peraltro consente di posizionare la condotta ad elevate profondità in subalveo (quindi ben oltre ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento); permettendo inoltre di prevedere una configurazione della condotta in subalveo "a corda molle", tale da assicurare adeguate distanze di sicurezza della pipeline anche nei confronti dell'alveo e degli argini del corso d'acqua.

### 7.2 Configurazione geometrica di progetto

#### Considerazioni preliminari

Il sistema permette la realizzazione di una geometria di attraversamento con elevate coperture rispetto al fondo alveo; questa caratteristica, unitamente a quelle esecutive, intrinseche del sistema operativo, garantisce la minimizzazione di ogni possibile interferenza con il sistema idrico di subalveo e con il terreno di trivellazione.

In particolare la definizione geometrica del tunnel e quindi della condotta, viene effettuata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo della trivellazione e della condotta.

E' necessario infatti, assicurare adeguate profondità del cavo al di sotto dell'alveo e dei manufatti in superficie, rispettando allo stesso tempo i raggi di curvatura minimi consentiti dalla tubazione di linea (in generale di almeno 1200 volte il diametro della condotta), sia in termini di sollecitazioni indotte nel terreno che nei riguardi delle operazioni di varo della condotta.

La garanzia rispetto ai fenomeni di filtrazione in sub-alveo ed alle sollecitazioni indotte in superficie è insita nella configurazione geometrica del tunnel stesso. Infatti, nel corso della sua definizione geometrica è stata privilegiata la geometria di progetto che, interessando terreni posti ad "elevate profondità", soddisfa sostanzialmente ai seguenti criteri di sicurezza:

- le elevate profondità di posa del tunnel presuppongono percorsi preferenziali di filtrazione lungo il suo profilo molto più lunghi di quelli che si avrebbero naturalmente;

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 36 di 67	Rev. 1

- le distanze in orizzontale e le profondità della trivellazione dalle sponde sono particolarmente elevate e dunque sono tali da escludere qualsiasi alterazione dello stato tensionale e di deformazione in superficie.
- La copertura minima individuata per la trivellazione in progetto risulta inoltre tale da assicurare ampi margini di sicurezza rispetto agli eventuali fenomeni erosivi di fondo alveo determinati dalla corrente idrica.

#### Configurazione di progetto

Il profilo di trivellazione è caratterizzato da una configurazione costituita da 1 arco di circonferenza nel tratto centrale e da 2 tratti rettilinei alle estremità.

Le principali caratteristiche geometriche del tunnel sono:

- Lunghezza dello sviluppo complessivo della trivellazione: di 575m circa;
- Sviluppo complessivo dei tratti rettilinei: 188 m circa;
- Sviluppo del tratto curvilineo: 387 m circa;
- Raggio di curvatura del tratto curvilineo pari a: 1200 m;
- Postazione Rig (entrata trivellazione): in destra idrografica, nel lato di valle in senso gas;
- Postazione uscita trivellazione: in sinistra idrografica, nel lato di monte in senso gas;
- angoli sull'orizzontale di entrata e di uscita della trivellazione rispettivamente di 10°03' e di 8°25';
- Pista di varo: lato in sinistra idrografica;
- copertura minima della trivellazione dalle quote di fondo alveo: di 25 metri circa;

Per l'analisi di dettaglio della configurazione geometrica d'attraversamento si rimanda alla visione dell'elaborato grafico di progetto precedentemente richiamato.

### **7.3 Considerazione inerenti alla geometria di trivellazione**

La copertura minima in subalveo di progetto, essendo dell'ordine dei 25m, risulta ben oltre ad ogni ragionevole possibilità di erosione di fondo alveo del corso d'acqua.

Le profondità di trivellazione e i distacchi orizzontali delle estremità dalle sponde sono particolarmente elevate e dunque sono tali da escludere qualsiasi alterazione dello stato tensionale e di deformazione in superficie.

Pertanto la configurazione di progetto della trivellazione di posa della condotta consente di assicurare l'adeguata sicurezza nei confronti dei potenziali processi erosivi che possano interessare sia il fondo che le sponde del corso d'acqua; inoltre la stessa consente di assicurare l'assenza di alterazioni indotte nel contesto morfologico dell'alveo durante le fasi costruttive dell'opera.

### **7.4 Descrizione del sistema operativo TOC**

Il procedimento della Trivellazione Orizzontale Controllata è un miglioramento della tecnologia e dei metodi sviluppati per la perforazione direzionale dei pozzi petroliferi. L'uso del metodo si sviluppò rapidamente a partire dai primi anni '80, prima negli Stati Uniti e poi in Europa, trovando applicazione in numerosi attraversamenti fluviali, in un vasto campo di diametri, lunghezze e situazioni litologiche.

Tra le tecnologie di attraversamento di tipo *trenchless*, la T.O.C. presenta la caratteristica di permettere la posa della condotta operando direttamente dal piano campagna, senza la necessità di opere accessorie quali pozzi di partenza e di arrivo.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 37 di 67

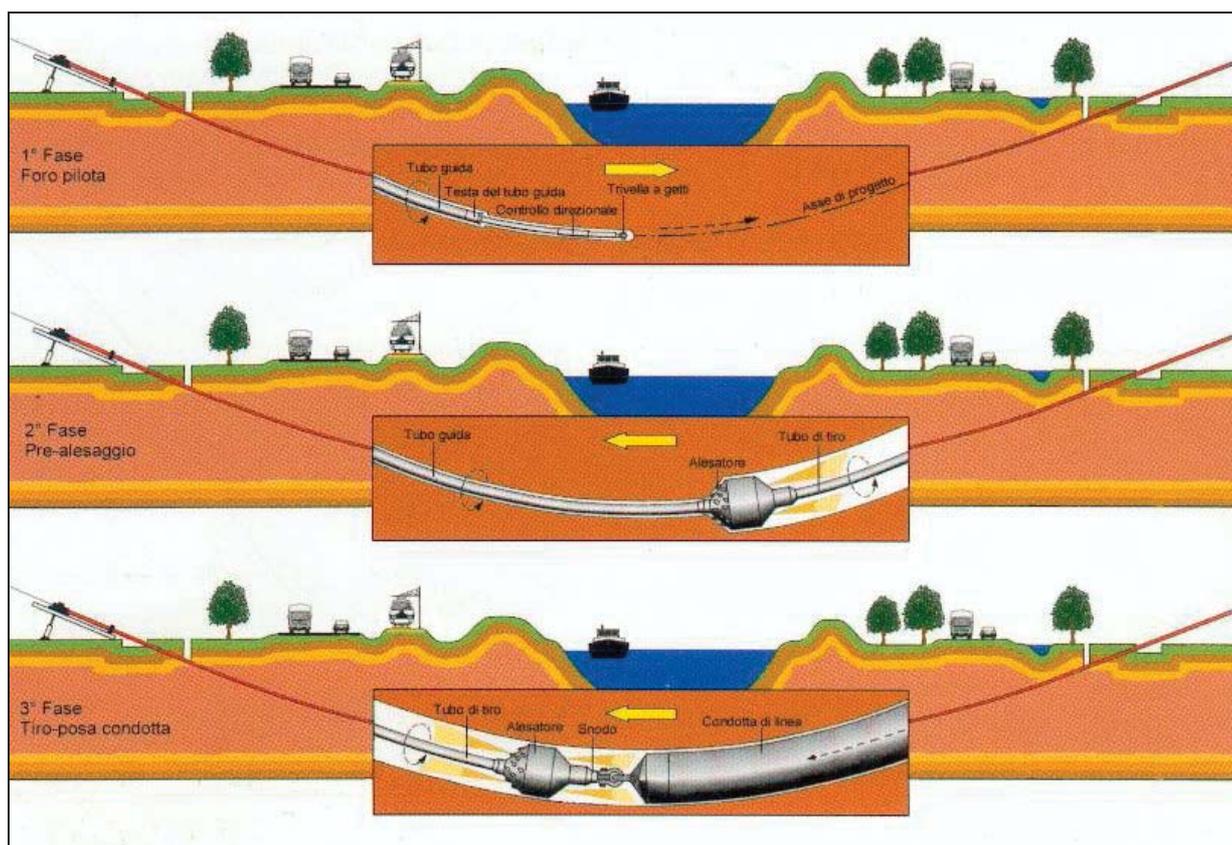
In generale il procedimento impiegato negli attraversamenti mediante l'impiego della metodologia "Trivellazione Orizzontale Controllata" è composto da tre fasi.

La *prima fase* consiste nella trivellazione di un foro pilota (di piccolo diametro) lungo un profilo direzionale prestabilito.

La *seconda fase* implica l'allargamento (pre-alesaggio) del foro pilota, con lo scopo di incrementare il diametro del foro precedentemente eseguito. Il numero dei pre-alesaggi dipende dal diametro della condotta da posare. In taluni casi, per la posa di piccole condotte non risulta necessario eseguire la fase di pre-alesaggio, quindi dopo la realizzazione del foro pilota, si passa direttamente all'esecuzione della condotta tiro-posa della condotta.

La *terza fase* (denominata tiro-posa della condotta) viene eseguita al termine della fase di alesatura (oppure contemporaneamente a questa) e consiste nel tiro- posa della condotta da installare entro il perforo opportunamente allargato a partire dall'estremità opposta alla posizione del RIG di perforazione.

Nella figura seguente è riportato uno schema grafico illustrativo delle fasi di lavoro.



T.O.C.- Fasi di lavoro

### Esecuzione del foro pilota

Il foro pilota viene realizzato facendo avanzare la batteria di aste pilota (di piccolo diametro) con in testa una lancia a getti di fango bentonitico che consente il taglio del terreno (jetting).

Nelle fasi di esecuzione del foro pilota, così come nelle successive fasi di alesaggio e di varo della condotta, sarà previsto il monitoraggio in continuo della pressione del

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 38 di 67

fango di perforazione al fine di eliminare ogni possibile interferenza tra le operazioni di trivellazione ed il sistema fisico circostante.

Al fine di minimizzare le interferenze con l'ambiente esterno e con le falde acquifere (a carattere esclusivamente fisico e comunque di entità molto limitata) si prevederà l'utilizzo di acqua e bentonite (numero CAS 1302-78-9).

Questi accorgimenti consentiranno la saturazione di eventuali microfessurazioni che dovessero formarsi nell'intorno dell'asse di trivellazione, garantendo che durante l'esecuzione dell'attraversamento non si verifichi la formazione di vie preferenziali di filtrazione lungo l'asse di trivellazione.

I cambi di direzione necessari sono ottenuti ruotando le aste di perforazione in modo tale che la direzione della deviazione coincida con quella desiderata (asse trivellazione).

Il tracciato del foro pilota sarà controllato durante la trivellazione da frequenti letture dell'inclinazione e dell'azimut all'estremità della testa di perforazione.

Ad intervalli regolari la perforazione del foro pilota viene interrotta per consentire l'inserimento di un tubo guida (*wash pipe*) mediante movimento di rotazione ed avanzamento; il tubo guida riduce l'attrito tra asta e terreno, permette di orientare l'asta senza difficoltà e facilita il trasporto verso la superficie dei materiali di scavo; esso, inoltre, serve a mantenere aperto il foro qualora sia necessario ritirare l'asta pilota.

Il foro pilota sarà completato quando sia l'asta pilota che il tubo guida fuoriusciranno alla superficie sul lato opposto al Rig. La testa di perforazione sull'asta pilota viene rimossa e l'asta stessa viene quindi ritirata, lasciando il tubo guida lungo il profilo di progetto.

A titolo di esempio nelle figure seguenti si riportano delle foto inerenti alle fasi di esecuzione del foro pilota.



*Attravers. F. Po con met. 30" – "Rig", durante la realizzazione del foro pilota*

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 39 di 67



*Attraversamento F. Po con met. 30" – fase di uscita dell'asta pilota*

#### Alesaggio del foro e tiro-posa della condotta

In base ai riscontri ottenuti durante la perforazione del foro pilota ed in base alle caratteristiche dei terreni attraversati, verrà deciso se effettuare contemporaneamente l'alesaggio ed il tiro della condotta oppure eseguire ulteriori alesaggi.

Questa fase consisterà nell'allargamento del foro pilota per mezzo di un alesatore. Tale operazione potrà essere eseguita prima del tiro-posa della condotta o contemporaneamente ad esso.

Nel caso di prealesatura, la fresa ed i relativi accessori verranno fissati al tubo guida nel punto di uscita. Quindi la fresa verrà fatta ruotare e contemporaneamente tirata dal rig di perforazione, allargando in questo modo il foro pilota. Contestualmente all'avanzamento della testa fresante, dietro di essa verranno assemblate nuove aste di tubo guida per garantire la continuità di collegamento all'interno del foro.

Durante le fasi di trivellazione, di prealesatura e di tiro-posa, verrà impiegato del fango bentonitico. Questo fango, opportunamente dosato in base al tipo di terreno, avrà molteplici funzioni quali ridurre gli attriti nelle fasi di scavo, trasportare alla superficie i materiali di scavo, mantenere aperto il foro, lubrificare la condotta nella fase di tiro-posa e garantirne il galleggiamento.

L'insieme del cantiere di perforazione è costituito dal rig vero e proprio, dall'unità di produzione dell'energia, dalla cabina di comando, dall'unità fanghi, dall'unità approvvigionamento idrico, dall'unità officina e ricambi, dalla trivella, dalle aste pilota, dalle aste di tubo guida, dalle attrezzature di alesaggio e tiro-posa e da una gru di servizio.

Tutte queste attrezzature saranno assemblate ed immagazzinate in container in modo da essere facilmente trasportabili su strada "in sagoma".

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 40 di 67

#### Montaggio della condotta

Dal lato opposto a quello dove sarà posizionato il Rig verrà eseguito la prefabbricazione della colonna di varo.

Ove le dimensioni del cantiere e le attrezzature a disposizione lo consentano, la colonna di varo verrà preferibilmente assemblata in un'unica soluzione per evitare tempi di arresto, per saldature ed operazioni di controllo e rivestimento dei giunti, durante la fase di tiro-posa.

A saldatura completata verranno eseguiti i controlli non distruttivi delle saldature (radiografie) e successivamente si provvederà al rivestimento dei giunti di saldatura.

La colonna, prima del tiro-posa, verrà precollaudata idraulicamente.

Per l'esecuzione del tiro-posa verrà predisposta una linea di scorrimento della colonna (rulli, carrelli o sostentamento con mezzi d'opera).

A titolo di esempio nella figura seguente si riporta una foto di una colonna preassemblata, prima del varo.



*Attrav. F. Po con met. 30" – Colonna della pipeline preassemblata sulla pista di varo*

Durante il varo, l'ingresso della condotta nel foro verrà facilitato, facendole assumere una catenaria predeterminata in base all'angolo d'ingresso nel terreno, al diametro ed al materiale della condotta; ciò permetterà di evitare sollecitazioni potenzialmente dannose sulla condotta da varare.

Al fine di ridurre al massimo le sollecitazioni indotte alla tubazione, durante la fase di tiro-posa, dovranno essere rigorosamente rispettati i valori di raggio minimo di curvatura elastica della tubazione.

Al termine dei lavori verrà redatto un elaborato riportante l'esatto posizionamento della condotta così come realmente posta in opera.

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> <b>000</b>	<b>COMMESSA</b> <b>023081</b>
	<b>LOCALITÀ</b> Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 41 di 67	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Ripristino dell'area di attraversamento

Al termine dei lavori, effettuati i collegamenti della sezione in tunnel con la tubazione di linea alle due estremità della trivellazione, si procede alle operazioni di recupero ambientale dei luoghi. Smobilitato il cantiere di trivellazione, si passa ai movimenti terra per il ripristino morfologico del piano di campagna.

Vengono dunque rinterrate le buche e risistemata la pista di varo. Successivamente si effettua il livellamento superficiale, riportando lo strato di humus accantonato al momento dell'inizio lavori.

Infine, in funzione della natura e della sensibilità ambientale dei luoghi, si procede ai ripristini mediante interventi di rinaturalizzazione per il completo recupero ambientale dell'area.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 42 di 67	Rev. 1

## 8 VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA

### 8.1 Premessa

#### Generalità

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'ex Autorità di Bacino delle Marche è stato approvato con Deliberazione di Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004 pubblicata sul supplemento n. 5 al BUR n. 15 del 13/02/2004.

Successivamente con DCI n. 68 del 08/08/2016 e' stato approvato, in prima adozione, l'Aggiornamento 2016 al PAI. Con DGR n. 982 del 08/08/2016 sono state approvate le misure di misure di salvaguardia, in attesa della definitiva approvazione dell'Aggiornamento.

I due atti sono pubblicati nel Bollettino Ufficiale della Regione Marche dell'8 settembre 2016. Gli elaborati tecnici dell'aggiornamento sono stati approvati con Decreto n. 49 del 27/07/2016 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino regionale (B.U.R. Marche n. 124 del 16/11/2016), successivamente rettificato con i Decreti n. 55 del 26/09/2016 (B.U.R. Marche n. 17 del 10/02/2017) e n. 61 del 24/10/2016

Si precisa che dal 17 febbraio 2017, con la pubblicazione nella G.U.R.I. n. 27 del 2 febbraio 2017, entra in vigore il DM 25/10/2016 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), da tale data sono sopresse su tutto il territorio nazionale, le Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali e il trasferimento delle competenze alle Autorità di bacino distrettuali. Con l'entrata in vigore del DM 25/10/2016 gli aggiornamenti dei PAI vengono gestiti dalle Autorità di Bacino Distrettuale. Nello specifico l'Autorità di bacino distrettuale di riferimento risulta essere Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale.

#### Norme di Attuazione PAI - Sintesi dei contenuti

Ai sensi dell'Art.6, comma 1, lettera a) delle Norme di Attuazione (di seguito denominate anche N.A), nell'ambito del PAI vengono individuate le fasce di territorio inondabili assimilabili a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni dei principali corsi d'acqua dei bacini regionali.

Dette fasce sono state definitive su base storico- geomorfologica sono comunque associate ad un unico livello di pericolosità "elevata – molto elevata".

Inoltre ai sensi dell'Art.8 delle N.A. vengono individuati i tronchi omogenei per la fascia inondabile. In particolare la fascia fluviale è suddivisa in tronchi distinti in base ai livelli di rischio:

- R4- Aree Inondabili a Rischio molto elevato;
- R3- Aree Inondabili a Rischio elevato;
- R2- Aree Inondabili a Rischio medio;
- R1- Aree Inondabili a Rischio moderato.

L'Art.9 disciplina gli interventi consentiti nelle aree inondabili.

In particolare, ai sensi dell'Art.9, comma1, lettera i), le N.A. consentono nell'ambito delle aree inondabili la realizzazione ed ampliamento di infrastrutture tecnologiche o viarie, pubbliche o di interesse pubblico, nonché delle relative strutture accessorie; tali opere, di cui il soggetto attuatore dà comunque preventiva comunicazione all'Autorità di bacino contestualmente alla richiesta del parere previsto nella presente lettera, sono condizionate ad uno studio da parte del soggetto attuatore in cui siano valutate eventuali soluzioni alternative, la sostenibilità economica e la compatibilità con la pericolosità delle aree, previo parere vincolante della Autorità idraulica competente che nelle more di specifica direttiva da parte dell'Autorità può sottoporre alla stessa l'istanza.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 43 di 67

## 8.2 Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento

Nella figura seguente è riportato uno stralcio di una foto aerea dal quale si può individuare l'ambito d'interferenza tra il metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in colore rosso) con l'alveo del fiume (indicato con un cerchio in arancione) e più in generale con le aree inondabili del corso d'acqua stesso (riportate mediante campiture a varia colorazione).



## BACINI DI RILIEVO REGIONALE ( REGIONE MARCHE)

### Titolo II - Piano per l'assetto Idraulico

-  R1 - Aree Inondabili a Rischio moderato ( Art. 8, comma 1)
-  R2 - Aree Inondabili a Rischio medio ( Art. 8, comma 1)
-  R3 - Aree Inondabili a Rischio elevato ( Art. 8, comma 1)
-  R4 - Aree Inondabili a Rischio molto elevato ( Art. 8, comma 1)

Tutte le aree perimetrate sono associate ad un unico livello di pericolosità elevata / molto elevata. ( Art. 8, comma 1)

*Fig.8.2/A: Interferenze tra metanodotto in progetto con le Aree inondabili del corso d'acqua*

Dall'analisi della figura precedente si rileva che il metanodotto in progetto in corrispondenza dell'ambito di attraversamento del corso d'acqua interferisce nel lato in sinistra idrografica con un'area inondabile a Rischio idraulico medio (R2) e nel lato in

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 44 di 67	Rev. 1

destra con un'area inondabile a Rischio idraulico elevato (R3).

Dalla stessa Fig.8.2/A si può anche rilevare che sia l'alveo del corso d'acqua che le aree di inondazione nell'intorno dell'alveo stesso verranno superati in subalveo mediante trivellazione (il cui sviluppo longitudinale è indicato mediante una campitura in giallo a cavallo della condotta).

### 8.3 Analisi dei criteri di compatibilità idraulica

#### Considerazioni di carattere generale

Il metanodotto in progetto rappresenta un'infrastruttura lineare di interesse pubblico. In tal senso, in riferimento alle Norme di Attuazione del Piano (Art.9, comma 1, lettera i), risulta tra le tipologie di opere per le quali è consentito l'interferenza con le fasce inondabili individuate nella cartografia del PAI.

L'interferenza specifica con le aree di pericolosità idraulica del corso d'acqua è stata determinata da considerazioni a più ampia scala che riguardano l'intera direttrice di tracciato dell'opera, per la quale sono state attentamente valutate varie alternative di progetto. In particolare si sottolinea che in ogni caso non è risultato possibile evitare l'interessamento di aree di pericolosità idraulica di pertinenza del corso d'acqua in esame, in quanto il tracciato del metanodotto ha un andamento prevalente Nord-Sud, mentre il corso d'acqua ha un andamento Ovest-Est.

A tal proposito si mette in evidenza che il metanodotto in progetto risulta un'opera completamente interrata ed essendo costituita da tubazioni in acciaio saldate rivestite in polietilene, non presenta alcun problema operativo e di sicurezza in caso di innalzamento della falda e allagamento dell'area.

La costruzione dell'infrastruttura lineare inoltre non determina alcuna forma di trasformazione del territorio. Inoltre, non sono previsti cambiamenti di destinazioni d'uso del suolo, né azioni di esproprio; ma unicamente una servitù di una stretta fascia a cavallo dell'asse della tubazione, lasciando dunque inalterate le possibilità di sfruttamento agricolo dei fondi.

Pertanto, in ragione di quanto esposto, si ritiene che la costruzione dell'opera non determini alcun mutamento significativo sulle condizioni idrologiche ed idrauliche dell'ambito fluviale interessato dall'interferenza.

Infine, in considerazione della tipologia di opera (tubazione interrata) non è previsto alcun incremento del carico insediativo nell'area d'intervento.

#### Considerazioni specifiche

In precedenza è stato evidenziato che l'alveo del corso d'acqua e le relative aree di esondazione verranno attraversati in trivellazione, ad elevate profondità di posa. Pertanto, alla luce della metodologia operativa individuata e delle scelte progettuali, si evidenzia quanto segue:

- L'attraversamento fluviale avviene in "subalveo" e prevede una profondità di posa della condotta di sufficiente garanzia nei confronti d'eventuali fenomeni di erosione di fondo (anche localizzati e/o temporanei) che si possono produrre anche in concomitanza di piene eccezionali, cosicché è da escludere qualsiasi interferenza tra tubazione e flusso della corrente;
- La configurazione morfologica d'alveo verrà mantenuta inalterata nei confronti della situazione originaria. Essendo i lavori previsti in trivellazione non si prevedono lavori in superficie nell'ambito dell'alveo del corso d'acqua;
- La tecnica costruttiva di posa della condotta (in trivellazione), unitamente alla geometria in progetto (elevate coperture in subalveo), consentono inoltre in

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 45 di 67

generale di escludere interferenze con il regime idraulico del corso d'acqua anche nella fase costruttiva dell'opera;

- La configurazione geometrica della linea nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è stata stabilita anche in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua e sono tali da non precludere la possibilità di effettuare interventi futuri in alveo, finalizzati ad attenuare o eliminare le condizioni di rischio idraulico (es: risagomature dell'alveo, realizzazione di eventuali opere di regimazione idraulica, ecc.).

In ragione delle scelte progettuali e del sistema d'attraversamento, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni inerenti alle interferenze con la dinamica fluviale del corso d'acqua:

1. *Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena*

Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata, con posa in trivellazione), non sarà determinato dalla costruzione della condotta nessun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.

2. *Riduzione della capacità di laminazione e/o di invaso dell'alveo*

La linea in progetto, essendo completamente interrata, non crea alcun ostacolo al corretto deflusso delle acque e/o all'azione di laminazione delle piene, né contrazioni areali delle fasce d'esondazione e pertanto non sottrae capacità d'invaso.

3. *Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo*

L'opera in progetto non induce alcuna modifica all'assetto morfologico dell'alveo, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, essendo questa localizzata in subalveo ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento.

4. *Interazioni in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua*

Il sistema operativo previsto ha consentito di prevedere il posizionamento della condotta ad elevata profondità di subalveo, quindi ben oltre ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento. La configurazione in subalveo a "corda molle" (con risalite a coperture ordinarie a distanze molto elevate dall'alveo attivo) consente peraltro di essere abbondantemente in sicurezza anche nei confronti di eventuali fenomeni di divagazione laterale dell'alveo attivo del corso d'acqua.

5. *Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale*

Essendo l'opera del tutto interrata, nonché essendo prevista la metodologia costruttiva in trivellazione, non saranno introdotte alterazioni al contesto naturale della regione fluviale.

Alla luce di quanto sopra affermato si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti alle metodologie costruttive ed alla configurazione geometrica della condotta nell'ambito in esame, non determinino alcun incremento dei livelli di pericolosità idraulica e che siano congruenti con i requisiti, le prescrizioni e le finalità stabilite nelle Norme di Attuazione del Piano e pertanto conformi con le relative disposizioni contenute.

In conclusione, si ritiene quindi che l'opera in progetto risulti COMPATIBILE con il contesto idraulico dell'ambito in esame.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 46 di 67	Rev. 1

## 9 CONCLUSIONI

La Snam Rete Gas, nell'ambito del progetto denominato "*Rifacimento metanodotto Ravenna - Chieti, tratto Recanati - Chieti, DN 650 (26") - DP 75bar*", intende realizzare un metanodotto che si sviluppa nell'ambito dei territori delle Marche e dell'Abruzzo, in sostituzione di un tratto di metanodotto in esercizio ed in fase di dismissione.

La suddetta linea in progetto interseca l'alveo del fiume ETE VIVO, nel tratto basso dello sviluppo del corso d'acqua, nell'ambito del territorio di Fermo.

Con lo scopo di individuare le soluzioni tecnico-operative più idonee per l'attraversamento in esame (metodologia costruttiva, profilo di posa in subalveo della condotta, eventuali opere di ripristino) sono state eseguite specifiche valutazioni di tipo geomorfologico, idrologico ed idraulico.

Alla luce dei risultati conseguiti, per il superamento in subalveo del corso d'acqua in esame è stata prevista l'adozione di un sistema di attraversamento in trenchless, mediante la metodologia esecutiva della *Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC)*, ovvero *Horizontal Directional Drilling*.

Detta soluzione operativa consentirà dunque di evitare interferenze tra i lavori di posa del metanodotto con il deflusso naturale del corso d'acqua, nonché eviterà di interrompere la contiguità delle eventuali opere e/o strutture presenti a terra (nello specifico: rilevati arginali).

La geometria della trivellazione è stata configurata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo della condotta, assicurando adeguate profondità al di sotto dell'alveo e dei manufatti a terra e rispettando allo stesso tempo, i raggi di curvatura minimi consentiti alla tubazione ed alla trivellazione stessa.

L'adozione ed il rispetto dei criteri e dei vincoli suddetti, sia quelli propri del sistema di trivellazione che quelli più strettamente dipendenti dalla configurazione geometrica della tubazione, offrono pertanto ottime garanzie della stabilità dell'insieme, a breve ed a lungo termine. Pertanto, si può affermare che la tecnica operativa individuata e la geometria del tunnel garantiscono i necessari livelli di sicurezza sia per il metanodotto che per l'alveo sovrastante.

Nell'analisi delle interferenze tra il metanodotto in progetto con le aree di pericolosità idraulica censite dal PAI, è stato evidenziato che l'intervento di progetto non introduce alterazioni al deflusso della corrente e/o riduzione della capacità di invaso e di laminazione del corso d'acqua e più in generale non determina alcuna modifica significativa allo stato dei luoghi della regione fluviale e non implica trasformazioni del territorio e/o cambiamenti circa l'uso del suolo.

Pertanto si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti lo specifico ambito d'interferenza in esame possano essere ritenute COMPATIBILI con le disposizioni contenute nelle Norme del Piano.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 47 di 67

## APPENDICE 1: STUDIO IDRAULICO - METODOLOGIA DI CALCOLO

### Codice di calcolo

Il codice di calcolo utilizzato per le modellazioni è HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center - River Analysis System, prodotto dal U.S. Army Corp of Engineer, che simula il flusso monodimensionale, stazionario, di fluidi verticalmente omogenei, in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali, sul quale ampi riferimenti bibliografici sono disponibili in letteratura, in relazione sia alle basi teoriche sia allo sviluppo numerico delle equazioni, così come in merito ad esperienze analoghe di applicazione già maturate in Italia e nel mondo nell'ultimo decennio.

Il calcolo del profilo in moto permanente è stato eseguito per mezzo della versione 4.1.0, gennaio 2010.

Il modello HEC-RAS permette di calcolare, per canali naturali od artificiali, il profilo idrico di correnti gradualmente variate ed in condizioni di moto stazionario (sia in regime di corrente lenta che di corrente veloce).

La scelta di operare con un modello che simuli le condizioni di moto permanente, scaturisce dalle seguenti considerazioni:

- la verifica idraulica considera un tratto limitato dell'asta torrentizia nell'intorno del punto di interesse;
- il risultato d'analisi non dipende dallo sviluppo temporale dell'evento di piena, ma solo dal massimo valore di livello idrico raggiunto durante l'evento stesso e dai regimi delle velocità osservate.

Le equazioni di conservazione del volume e della quantità di moto (equazioni di De Saint Venant) risolte nel modello sono derivate sulla base delle seguenti assunzioni:

- il fluido (acqua) è incomprimibile ed omogeneo, cioè senza significativa variazione di densità;
- la pendenza del fondo è contenuta;
- le lunghezze d'onda sono grandi se paragonate all'altezza d'acqua, in modo da poter considerare in ogni punto parallela al fondo la direzione della corrente: è cioè trascurabile la componente verticale dell'accelerazione e su ogni sezione trasversale alla corrente si può assumere una variazione idrostatica della pressione.

Integrando le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto ed introducendo la resistenza idraulica (attrito) e le portate laterali adottate si ottiene:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{\Lambda^2 A \cdot R} = 0$$

dove:

- $A$ , area della sezione bagnata ( $m^2$ );
- $\Lambda$ , coefficiente di attrito di Chezy ( $m^{1/2}/s$ );

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 48 di 67	Rev. 1

- $g$ , accelerazione di gravità (m/s<sup>2</sup>);
- $h$ , altezza del pelo libero rispetto ad un livello di riferimento orizzontale (m);
- $Q$ , portata (m<sup>3</sup>/s);
- $R$ , raggio idraulico (m);
- $\alpha$ , coefficiente di distribuzione della quantità di moto;
- $q$ , portata laterale addotta (m<sup>2</sup>/s).

### Condizioni di moto

Le simulazioni numeriche dell'interazione idrodinamica tra il deflusso di piena e la geometria dell'alveo sono state eseguite, come accennato precedentemente, in condizioni di moto permanente (stazionario), assumendo la portata al colmo definita per mezzo dell'analisi idrologica.

La soluzione stazionaria fornisce condizioni di verifica cautelative e permette di impostare un confronto corretto tra diversi profili idraulici, mantenute fisse le condizioni al contorno.

Si tenga presente che in relazione alla formazione del fenomeno del cappio di piena nelle simulazioni di moto vario non si ha concomitanza tra livelli massimi e portate massime, condizione di verifica cautelativa che è invece garantita dalla semplificazione del moto stazionario.

Nelle ipotesi di condizioni di moto permanente unidimensionale, corrente gradualmente variata (fatta eccezione per le sezioni in cui si risente della presenza di strutture, quali ponti o tombini per attraversamento) e pendenze longitudinali del fondo dell'alveo non eccessive, per un dato tratto fluviale elementare, di lunghezza finita, il modello si basa sulla seguente equazione di conservazione dell'energia tra le generiche sezioni trasversali di monte e di valle, rispettivamente indicate con i pedici 2 e 1

$$Y_2 + Z_2 + \alpha_2 V_2^2 / (2g) = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / (2g) + \Delta H$$

in cui

- $Y_2$  e  $Y_1$  sono le profondità d'acqua,
- $Z_2$  e  $Z_1$  le quote dei punti più depressi delle sezioni trasversali rispetto a un piano di riferimento (superficie livello medio del mare),
- $V_2$  e  $V_1$  le velocità medie (rapporto tra portata e area bagnata della sezione),
- $\alpha_2$  e  $\alpha_1$  i coefficienti di Coriolis di ragguaglio delle potenze cinetiche,
- $g$  l'accelerazione di gravità,
- $\Delta H$  le perdite di carico nel tratto considerato.

Le perdite energetiche per unità di peso che subisce la corrente fluida fra due sezioni trasversali sono espresse come segue:

$$\Delta H = L J_m + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

in cui

- $L$  è la lunghezza del tratto in analisi,
- $J_m$  è un valore medio rappresentativo della cadente (perdita di carico per unità di lunghezza) nel tratto medesimo,
- $C$  è il coefficiente di contrazione o espansione.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 49 di 67

In tal modo, si tiene conto sia delle perdite di carico continue o distribuite, rappresentate dal primo addendo del membro di destra, sia delle perdite di carico localizzate o concentrate, rappresentate dal secondo addendo del membro di destra e dovute alle variazioni di sezione trasversale e/o alla presenza di ostacoli strutturali.

La determinazione della cadente,  $J$ , sezione per sezione avviene tramite l'equazione di moto uniforme di Manning:

$$Q = KJ^{0.5}$$

essendo  $Q$  la portata totale e  $K$  un coefficiente di trasporto, espresso dalla relazione

$$K = AR_i^{2/3}/n$$

in cui  $A$  è l'area bagnata della sezione trasversale,  $R_i$  il raggio idraulico (rapporto tra area e perimetro bagnato),  $n$  il coefficiente di scabrezza.

Il coefficiente di trasporto  $K$  viene valutato separatamente per il canale principale e le golene; il suo valore per l'intera sezione trasversale è la somma delle tre aliquote. La cadente è quindi esprimibile come  $J=(Q/K)^2$ , in ciascuna sezione; il suo valore rappresentativo,  $J_m$ , nel tratto considerato è valutato mediante l'equazione più appropriata, automaticamente selezionata dal programma, a seconda che, nel tratto di volta in volta considerato, l'alveo sia a forte o debole pendenza e la corrente sia lenta o veloce, accelerata o decelerata.

Per ciascun tronco compreso tra due sezioni trasversali si considerano la lunghezza del canale centrale,  $L_c$ , e le lunghezze delle banchine laterali,  $L_{sx}$  e  $L_{dx}$  rispettivamente per la golena sinistra e quella destra. Per la determinazione delle perdite di carico continue, si adopera un valore della lunghezza pari alla media pesata di  $L_c$ ,  $L_{sx}$  e  $L_{dx}$  sulle portate medie riferite anch'esse all'alveo centrale e alle golene ( $Q_{c,m}$ ,  $Q_{sx,m}$  e  $Q_{dx,m}$ ):

$$L = (L_{sx}Q_{sx,m} + L_cQ_{c,m} + L_{dx}Q_{dx,m}) / (Q_{sx,m} + Q_{c,m} + Q_{dx,m})$$

Il coefficiente di Coriolis si esprime in funzione dei coefficienti di trasporto,  $K_i$ , e delle aree bagnate,  $A_i$ , del canale principale e delle golene; ovvero:

$$\alpha = \frac{A^2}{K^3} \sum_i \frac{K_i^3}{A_i^2}$$

### Assetto geometrico

HEC-RAS richiede la schematizzazione del corso d'acqua con tratti successivi di lunghezza variabile individuati alle estremità da sezioni di geometria nota. La posizione delle sezioni trasversali va scelta in modo da descrivere in maniera adeguata il tratto considerato, prevedendo in linea di massima, sezioni più fitte nei tratti dove la geometria trasversale dell'alveo risulta molto variabile e più rade nei tratti in cui la geometria si mantiene piuttosto

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 50 di 67	Rev. 1

uniforme.

Le sezioni trasversali sono suddivise in tre parti, caratterizzate da differenti valori della scabrezza, in cui la velocità si possa ritenere uniformemente distribuita: la parte centrale o canale principale, interessata dalle portate più basse, e le banchine laterali o golene, interessate dalle portate più alte. Il modello è in grado di simulare gli effetti indotti sui livelli dalla presenza di sezioni singolari quali ponti, tombini, stramazzi ed ostruzioni dell'alveo.

Nel caso in oggetto non si è fatto riferimento ad alcuna ramificazione dell'alveo, implementando un modello completamente monodimensionale, che si estende lungo il tracciato del corso d'acqua.

### Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno sono necessarie per stabilire il livello del pelo libero dell'acqua all'estremità del sistema (a monte e/o a valle). In un regime di corrente lenta, la condizione al contorno necessaria è quella di valle (se la corrente è lenta non risente di ciò che accade a monte), mentre nel caso di corrente veloce vale l'opposto. Se invece viene effettuato un calcolo in regime di flusso misto, allora le condizioni al contorno devono essere definite a valle e a monte.

Le condizioni al contorno disponibili sono:

- quota nota del pelo libero;
- altezza critica;
- altezza di moto uniforme;
- scala di deflusso

### Risultati dei calcoli idraulici

La procedura di calcolo per la determinazione della profondità d'acqua in ogni sezione è iterativa: si assegna una condizione iniziale a valle o a monte e si procede verso monte o valle, in dipendenza dalle condizioni di analisi di un profilo di corrente lenta o veloce; si assume una quota della superficie libera,  $WS^I = Y^I + Z^I$ , di primo tentativo nella sezione in cui essa è incognita; si determinano  $K$  e  $V$ ; si calcolano  $J_m$  e  $\Delta H$ ; si ottiene quindi dall'equazione dell'energia un secondo valore della quota dell'acqua,  $WS^{II}$ , che viene posto a confronto con il valore assunto inizialmente; tale ciclo viene ripetuto finché la differenza tra le quote della superficie libera risulta inferiore ad un valore massimo di tolleranza prestabilito dall'operatore. La profondità  $Y$  della corrente viene quindi paragonata con l'altezza critica,  $Y_{cr}$ , per stabilire se il regime di moto è subcritico o supercritico. L'altezza critica è definita come la profondità per cui il carico totale,  $H$ , assume valore minimo.

Si possono presentare situazioni in cui la curva dell'energia, data dalla funzione  $H(WS)$ , presenta più di un minimo (ad esempio in presenza di ampie golene oppure in caso di esondazione oltre gli argini identificati in fase di modellazione geometrica); il codice di calcolo può individuare fino a tre minimi nella curva, tra i quali seleziona il valore minore.

Oltre ai valori di portata e di livello calcolati direttamente dal codice di calcolo il modello fornisce in output anche i valori dell'area, larghezza del pelo libero, della velocità, dell'altezza d'acqua e del numero di Froude per ogni sezione di calcolo.

E' fornita anche la linea del carico totale ottenuta come

$$H = WS + V^2/2g$$

dove

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 51 di 67

- $h$  è il livello idrico (m);
- $V$  la velocità media nella sezione trasversale (m/s).

Note la profondità d'acqua e l'altezza critica in una sezione, si determina se nella data sezione il regime è di corrente lenta o veloce. Se tale regime risulta differire da quanto identificato per la sezione precedente, la profondità d'acqua determinata perde di significato ed alla sezione viene assegnato il valore dell'altezza critica.

Nel caso di passaggio da regime supercritico a subcritico tramite risalto idraulico, la corrente perde il carattere gradualmente variato e l'equazione dell'energia non può essere applicata. In tal caso, il codice di calcolo ricorre all'equazione di conservazione della quantità di moto, che, indicando con  $i$  e  $j$  i pedici 2 e 1 rispettivamente le sezioni di monte e di valle del tratto considerato, si esprime come

$$\frac{\beta_2 Q_2^2}{g A_2} + A_2 Y_{2,b} + \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot i - \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot j - \frac{\beta_1 Q_1^2}{g A_1} - A_1 Y_{1,b} = 0$$

dove:

- il primo ed il quinto termine rappresentano le spinte idrodinamiche dovute alle quantità di moto (con  $\beta$  coefficiente di ragguaglio dei flussi di quantità di moto);
- il secondo e il sesto termine rappresentano le spinte idrostatiche dovute alle pressioni (essendo  $Y_{2,b}$  e  $Y_{1,b}$  gli affondamenti dei baricentri delle sezioni bagnate);
- il terzo termine rappresenta la componente del peso lungo la direzione del moto (con  $i$  pendenza longitudinale del fondo dell'alveo, calcolata in base alle quote medie in ciascuna sezione);
- il quarto termine rappresenta i fattori di resistenza al moto.

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> 000	<b>COMMESSA</b> 023081
	<b>LOCALITÀ</b> <p style="text-align: center;">Regione Marche</p>		<b>SPC. LA-E-83075</b>	
	<b>PROGETTO</b>	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 52 di 67

**APPENDICE 2: STUDIO IDRAULICO - REPORT**

**PROGRAMMA HEC RAS**

HEC-RAS Version 4.1.0 Jan 2010  
U.S. Army Corps of Engineers  
Hydrologic Engineering Center  
609 Second Street  
Davis, California

```

X   X  XXXXXX   XXXX       XXXX       XX       XXXX
X   X  X       X   X       X   X       X   X       X
X   X  X       X           X   X       X   X       X
XXXXXXXX XXXX   X           XXX XXXX   XXXXXX   XXXX
X   X  X       X           X   X       X   X       X
X   X  X       X   X       X   X       X   X       X
X   X  XXXXXX   XXXX       X   X       X   X       XXXXX

```

**PROJECT DATA**

Project Title: EteVivo  
Project File : EteVivo.prj  
Run Date and Time: 13/08/2018 15:03:46

Project in SI units

**PLAN DATA**

Plan Title: Plan 01  
Plan File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\5Etevivo\EteVivo.p01

Geometry Title: EteVivo  
Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\5Etevivo\EteVivo.g01

Flow Title : EteVivo  
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\5Etevivo\EteVivo.f01

**Plan Summary Information:**

Number of: Cross Sections =	9	Multiple Openings =	0
Culverts =	0	Inline Structures =	0
Bridges =	0	Lateral Structures =	0

**Computational Information**

Water surface calculation tolerance =	0.003
Critical depth calculation tolerance =	0.003
Maximum number of iterations =	20
Maximum difference tolerance =	0.1
Flow tolerance factor =	0.001

**Computation Options**

Critical depth computed only where necessary	
Conveyance Calculation Method:	At breaks in n values only
Friction Slope Method:	Average Conveyance
Computational Flow Regime:	Mixed Flow

**FLOW DATA**

Flow Title: EteVivo  
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\5Etevivo\EteVivo.f01

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 53 di 67	Rev. 1

Flow Data (m3/s)

River alveo      Reach princ      RS 50      TR200 395

Boundary Conditions

River alveo      Reach princ      Profile TR200      Upstream Normal S = 0.0035      Downstream Normal S = 0.0035

GEOMETRY DATA

Geometry Title: EteVivo  
Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\5Etevivo\EteVivo.g01

CROSS SECTION

RIVER: alveo  
REACH: princ      RS: 50

INPUT

Description:

Station Elevation Data      num=      247

Sta	Elev								
0	23.93	4	23.89	6	23.99	8	24.02	10	24.01
12	24.05	14	24.07	16	24.05	18	24.01	20	23.99
22	24	24	24	26	24.06	28	24.12	30	24.1
32	24.15	34	24.19	36	24.19	38	24.12	40	24.15
42	24.12	44	24.11	46	24.01	48	24.01	50	23.95
52	23.92	54	23.85	56	23.79	58	23.73	60	23.62
62	23.54	64	23.46	66	23.37	68	23.28	70	23.18
72	23.06	74	22.97	76	22.81	78	22.65	80	22.52
82	22.34	84	22.19	86	22.01	88	21.85	90	21.66
92	21.48	94	21.27	96	21.13	98	20.93	100	20.75
102	20.57	104	20.38	106	20.17	108	19.93	110	19.75
112	19.49	114	19.31	116	19.14	118	18.97	120	18.79
122	18.69	124	18.63	126	18.56	128	18.49	130	18.47
132	18.36	134	18.29	136	18.05	138	17.55	140	16.68
142	15.7	144	15.36	146	15.22	148	15.15	150	15.08
152	15.06	154	15.01	155	14.98	156	14.96	157	15
158	15.06	159	15.17	160	15.25	161	14.78	162	12.57
163	12.07	164	11.73	165	11.14	166	10.52	167	10.16
168	10.13	169	10.15	170	10.12	171	10.07	172	10.04
173	10.05	174	10.08	175	10.09	176	10.06	177	10
178	10	179	10	180	10.11	181	10.33	182	10.5
183	10.55	184	10.57	185	10.67	186	11.13	187	11.83
188	12.44	189	12.98	190	13.61	191	14.28	192	14.95
193	15.31	194	15.54	195	15.58	196	15.59	197	15.49
198	15.12	199	14.54	200	13.89	202	13.56	204	13.62
206	13.57	208	13.53	210	13.48	212	13.45	214	13.47
216	13.48	218	13.49	220	13.46	222	13.46	224	13.45
226	13.44	228	13.42	230	13.4	232	13.44	234	13.4
236	13.4	238	13.41	240	13.41	242	13.33	244	13.33
246	13.26	248	13.26	250	13.25	252	13.26	254	13.27
256	13.23	258	13.19	260	13.21	262	13.2	264	13.27
266	13.3	268	13.28	270	13.31	272	13.34	274	13.38
276	13.47	278	13.46	280	13.51	282	13.52	284	13.54
286	13.65	288	13.67	290	13.76	292	13.81	294	13.92
296	14	298	14.01	300	14.09	302	14.17	304	14.29
306	14.4	308	14.44	310	14.53	312	14.67	314	14.71
316	14.82	318	14.83	320	14.88	322	14.99	324	15.03
326	15.06	328	15.14	330	15.1	332	15.23	334	15.25
336	15.29	338	15.27	340	15.34	342	15.37	344	15.38
346	15.43	348	15.43	350	15.44	352	15.48	354	15.5
356	15.5	358	15.48	360	15.51	362	15.5	364	15.51
366	15.52	368	15.59	370	15.59	372	15.58	374	15.59

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> 000	<b>COMMESSA</b> 023081
	<b>LOCALITÀ</b>	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	<b>PROGETTO</b>	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 54 di 67

376	15.59	378	15.62	380	15.65	382	15.64	384	15.57
386	15.53	388	15.57	390	15.58	392	15.57	394	15.55
396	15.62	398	15.58	400	15.65	402	15.63	404	15.62
406	15.63	408	15.64	410	15.63	412	15.63	414	15.57
416	15.62	418	15.65	420	15.56	422	15.53	424	15.54
426	15.55	428	15.53	430	15.55	432	15.59	434	15.57
436	15.56	438	15.58	440	15.62	442	15.64	444	15.61
446	15.65	450	15.71						

Manning's n Values num= 3  
Sta n Val Sta n Val Sta n Val  
0 .055 160 .035 193 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
160 193 104.755 104.755 104.755 .1 .3  
Right Levee Station= 195 Elevation= 15.58

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	15.32	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.63	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	14.69	Reach Len. (m)	104.75	104.75	104.75
Crit W.S. (m)	13.46	Flow Area (m2)		112.61	
E.G. Slope (m/m)	0.003019	Area (m2)		112.61	
Q Total (m3/s)	395.00	Flow (m3/s)		395.00	
Top Width (m)	30.57	Top Width (m)		30.57	
Vel Total (m/s)	3.51	Avg. Vel. (m/s)		3.51	
Max Chl Dpth (m)	4.69	Hydr. Depth (m)		3.68	
Conv. Total (m3/s)	7189.4	Conv. (m3/s)		7189.4	
Length Wtd. (m)	104.75	Wetted Per. (m)		33.71	
Min Ch El (m)	10.00	Shear (N/m2)		98.88	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	21545.04	0.00	9336.19
Frctn Loss (m)	0.34	Cum Volume (1000 m3)	0.06	96.57	1.71
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.20	31.11	3.10

CROSS SECTION

RIVER: alveo  
REACH: princ RS: 45.\*

INPUT

Description:

Station Elevation Data	num=	499							
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev									
0 22.615 1.914 22.491 3.829 22.417 4.188 22.394 5.743 22.342									
6.281 22.311 7.657 22.21 8.375 22.193 9.571 22.152 10.469 22.101									
11.486 22.055 12.562 22.006 13.4 21.964 14.656 21.924 15.314 21.897									
16.75 21.796 17.229 21.76 18.844 21.682 19.143 21.669 20.938 21.594									
21.057 21.59 22.971 21.535 23.031 21.532 24.886 21.435 25.125 21.431									
26.8 21.429 27.219 21.427 28.714 21.421 29.312 21.425 30.629 21.409									
31.406 21.377 32.543 21.349 33.5 21.337 34.457 21.324 35.594 21.326									
36.371 21.32 37.688 21.317 38.286 21.305 39.781 21.3 40.2 21.308									
41.875 21.351 42.114 21.353 43.969 21.33 44.029 21.33 45.943 21.33									
46.062 21.33 47.857 21.287 48.156 21.275 49.771 21.25 50.25 21.245									
51.686 21.209 52.344 21.205 53.6 21.206 54.438 21.2 55.514 21.182									
56.531 21.17 57.429 21.162 58.625 21.126 59.343 21.105 60.719 21.067									
61.257 21.046 62.812 21.009 63.171 21.003 64.906 20.965 65.086 20.962									
67 20.91 68.914 20.854 69.094 20.848 70.829 20.788 71.188 20.778									
72.743 20.733 73.281 20.717 74.657 20.671 75.375 20.637 76.571 20.589									
77.469 20.554 78.486 20.496 79.562 20.438 80.4 20.393 81.656 20.325									
82.314 20.295 83.75 20.228 84.229 20.199 85.844 20.088 86.143 20.069									
87.938 19.953 88.057 19.945 89.971 19.793 90.031 19.789 91.886 19.679									
92.125 19.664 93.8 19.544 94.219 19.515 95.714 19.416 96.312 19.371									
97.629 19.264 98.406 19.213 99.543 19.157 100.5 19.092 101.457 19.014									
102.594 18.927 103.371 18.872 104.688 18.784 105.286 18.744 106.781 18.602									
107.2 18.561 108.875 18.428 109.114 18.408 110.969 18.242 111.029 18.237									
112.943 18.032 113.062 18.021 114.857 17.883 115.156 17.861 116.771 17.71									
117.25 17.654 118.686 17.513 119.344 17.461 120.6 17.364 121.438 17.291									
122.514 17.196 123.531 17.134 124.429 17.076 125.625 16.975 126.343 16.928									

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ 000</b>	<b>COMMESSA 023081</b>
	<b>LOCALITÀ</b>		<b>Regione Marche</b>	
	<b>PROGETTO</b>	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	<b>Fg. 55 di 67</b>	<b>Rev. 1</b>

127.719	16.866	128.257	16.847	129.812	16.805	130.171	16.794	131.906	16.697
132.086	16.687	134	16.605	135.914	16.556	136.094	16.56	137.829	16.564
138.188	16.556	139.743	16.534	140.281	16.518	141.657	16.421	142.375	16.382
143.571	16.242	144.469	16.123	145.486	15.899	146.562	15.661	147.4	15.454
148.656	15.167	149.314	15.117	150.75	15.015	151.229	15.004	152.844	14.975
153.143	14.975	154.938	14.94	155.057	14.938	156.971	14.911	157.031	14.909
158.886	14.871	159.125	14.876	160.8	14.9	161.219	14.911	162.266	14.937
162.714	14.951	163.312	14.965	164.359	15.021	164.629	15.038	165.406	15.088
166.453	15.182	166.543	15.188	167.5	15.175	168.235	14.688	168.971	13.331
169.062	13.269	169.706	12.817	170.441	12.381	170.625	12.241	171.176	11.877
171.912	11.376	172.188	11.238	172.647	11.026	173.382	10.854	173.75	10.78
174.118	10.672	174.853	10.431	175.312	10.274	175.588	10.201	176.324	10.017
176.875	9.894	177.059	9.877	177.794	9.822	178.438	9.764	178.529	9.764
179.265	9.742	180	9.705	180.5	9.705	181	9.705	181.78	9.766
182.393	9.821	182.56	9.843	183.34	9.91	183.786	9.939	184.12	9.955
184.9	9.983	185.179	10.005	185.68	10.024	186.46	10.063	186.571	10.066
187.24	10.08	187.964	10.09	188.02	10.092	188.8	10.095	189.357	10.097
189.58	10.127	190.36	10.291	190.75	10.358	191.14	10.458	191.92	10.639
192.143	10.699	192.7	10.832	193.48	11.063	193.536	11.079	194.26	11.27
194.929	11.366	195.04	11.385	195.82	11.562	196.321	11.82	196.6	11.967
197.38	12.45	197.714	12.665	198.16	12.952	198.94	13.74	199.107	13.948
199.72	14.644	200.5	15.26	201.44	15.401	201.568	15.418	202.38	15.45
202.636	15.435	203.32	15.383	203.704	15.287	204.26	15.119	204.772	14.923
205.84	14.381	206.14	14.199	206.909	13.837	207.977	13.299	208.021	13.287
209.901	13.161	210.113	13.14	211.781	13.123	212.249	13.142	213.661	13.163
214.385	13.142	215.541	13.109	216.521	13.118	217.421	13.124	218.658	13.107
219.301	13.1	220.794	13.09	221.182	13.092	222.93	13.067	223.062	13.065
224.942	13.1	225.066	13.1	226.822	13.099	227.202	13.101	228.702	13.094
229.339	13.076	230.582	13.05	231.475	13.067	232.462	13.083	233.611	13.074
234.342	13.068	235.747	13.072	236.223	13.073	237.883	13.061	238.103	13.059
239.983	13.095	240.019	13.095	241.863	13.087	242.156	13.099	243.743	13.13
244.292	13.106	245.623	13.06	246.428	13.088	247.503	13.128	248.564	13.096
249.384	13.07	250.7	13.081	251.264	13.074	252.837	13.045	253.144	13.045
254.973	13.079	255.024	13.079	256.904	13.008	257.109	13.007	258.784	13.025
259.245	13.013	260.664	12.972	261.381	12.985	262.545	13.013	263.518	12.997
264.425	12.982	265.654	12.975	266.305	12.964	267.79	12.95	268.185	12.946
269.926	12.935	270.065	12.936	271.945	12.924	272.062	12.924	273.825	12.901
274.198	12.885	275.705	12.85	276.335	12.863	277.586	12.879	278.471	12.89
279.466	12.89	280.607	12.903	281.346	12.92	282.743	12.941	283.226	12.948
284.879	12.938	285.106	12.937	286.986	12.955	287.016	12.955	288.866	12.979
289.152	12.986	290.747	12.986	291.288	12.988	292.627	13.011	293.424	13.02
294.507	13.023	295.56	13.025	296.387	13.029	297.697	13.028	298.267	13.04
299.833	13.097	300.147	13.101	301.969	13.188	302.027	13.191	303.908	13.211
304.105	13.21	305.788	13.19	306.241	13.19	307.668	13.212	308.377	13.243
309.548	13.287	310.514	13.302	311.428	13.302	312.65	13.282	313.308	13.282
314.786	13.338	315.188	13.353	316.922	13.431	317.068	13.439	318.949	13.497
319.058	13.497	320.829	13.496	321.195	13.516	322.709	13.574	323.331	13.58
324.589	13.607	325.467	13.625	326.469	13.658	327.603	13.704	328.349	13.717
329.739	13.726	330.229	13.738	331.875	13.776	332.11	13.776	333.99	13.78
334.012	13.78	335.87	13.812	336.148	13.816	337.75	13.866	338.284	13.877
339.63	13.883	340.42	13.882	341.51	13.878	342.556	13.896	343.39	13.921
344.693	13.948	345.271	13.945	346.829	13.938	347.151	13.95	348.965	14.005
349.031	14.005	350.911	14.024	351.101	14.024	352.791	14.036	353.237	14.034
354.671	14.008	355.374	14.018	356.551	14.059	357.51	14.078	358.432	14.086
359.646	14.105	360.312	14.112	361.782	14.119	362.192	14.125	363.918	14.14
364.072	14.14	365.952	14.165	366.054	14.166	367.832	14.194	368.191	14.198
369.712	14.224	370.327	14.225	371.592	14.221	372.463	14.227	373.473	14.23
374.599	14.254	375.353	14.266	376.735	14.256	377.233	14.258	378.872	14.292
379.113	14.294	380.993	14.305	381.008	14.305	382.873	14.319	383.144	14.331
384.753	14.399	385.28	14.401	386.634	14.427	387.416	14.463	388.514	14.495
389.553	14.531	390.394	14.558	391.689	14.576	392.274	14.586	393.825	14.602
394.154	14.605	395.961	14.696	396.034	14.701	397.914	14.769	398.097	14.773
399.795	14.817	400.233	14.831	401.675	14.862	402.37	14.862	403.555	14.846
404.506	14.87	405.435	14.901	406.642	14.922	407.315	14.946	408.778	15.038
409.195	15.061	410.914	15.079	411.075	15.08	412.955	15.07	413.051	15.073
414.836	15.122	415.187	15.113	416.716	15.105	417.323	15.117	418.596	15.108
419.459	15.089	420.476	15.092	421.595	15.104	422.356	15.096	423.732	15.063
425.176	15.032	425.868	15.023	426.116	15.021	427.997	15.015	429.877	15.049
430.14	15.046	431.757	15.016	432.276	15.019	433.637	15.03	434.412	15.03
435.517	15.014	436.549	15.005	437.397	15.02	438.685	15.045	439.277	15.054
440.821	15.065	442.957	15.02	443.038	15.019	444.918	15.016	445.093	15.017

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83075
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 56 di 67

446.798 15.044 447.23 15.046 449.366 15.055 451.498 15.07 453.378 15.089  
453.638 15.089 455.774 15.101 457.911 15.107 459.019 15.122 460.899 15.154  
462.183 15.153 464.319 15.186 465.599 15.206 466.455 15.21 468.42 15.196  
468.591 15.196 470.3 15.221 473.12 15.247 475 15.295

Manning's n Values num= 3  
Sta n Val Sta n Val  
0 .055 167.5 .035 200.5 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
167.5 200.5 104.755 104.755 104.755 .1 .3  
Right Levee Station= 202.5 Elevation= 15.455

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	14.96	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.70	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	14.26	Reach Len. (m)	104.75	104.75	104.75
Crit W.S. (m)	13.31	Flow Area (m2)		106.44	
E.G. Slope (m/m)	0.003603	Area (m2)		106.44	
Q Total (m3/s)	395.00	Flow (m3/s)		395.00	
Top Width (m)	30.92	Top Width (m)		30.92	
Vel Total (m/s)	3.71	Avg. Vel. (m/s)		3.71	
Max Chl Dpth (m)	4.56	Hydr. Depth (m)		3.44	
Conv. Total (m3/s)	6580.3	Conv. (m3/s)		6580.3	
Length Wtd. (m)	104.75	Wetted Per. (m)		33.44	
Min Ch El (m)	9.71	Shear (N/m2)		112.46	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	22741.99	0.00	9695.27
Frctn Loss (m)	0.32	Cum Volume (1000 m3)	0.06	85.09	1.71
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)	0.20	27.89	3.10

CROSS SECTION

RIVER: alveo  
REACH: princ RS: 40

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 268

Sta	Elev								
0	21.3	2	21.07	4	20.94	6	20.72	8	20.41
10	20.29	12	20.08	14	19.87	16	19.73	18	19.48
20	19.33	22	19.19	24	19.07	26	18.87	28	18.81
30	18.74	32	18.71	34	18.57	36	18.48	38	18.45
40	18.44	42	18.49	44	18.56	46	18.54	48	18.55
50	18.55	52	18.49	54	18.45	56	18.48	58	18.48
60	18.5	62	18.44	64	18.39	66	18.4	68	18.39
70	18.36	72	18.33	74	18.28	76	18.26	78	18.24
80	18.17	82	18.1	84	18.04	86	17.98	88	17.92
90	17.82	92	17.71	94	17.57	96	17.49	98	17.39
100	17.3	102	17.18	104	17.12	106	16.99	108	16.88
110	16.79	112	16.59	114	16.46	116	16.31	118	16.12
120	15.99	122	15.87	124	15.66	126	15.52	128	15.34
130	15.26	132	15.1	134	15.02	136	14.97	138	14.82
140	14.72	142	14.64	144	14.75	146	14.76	148	14.71
150	14.72	152	14.67	154	14.62	156	14.64	158	14.68
160	14.74	162	14.73	164	14.74	166	14.68	168	14.78
170	14.93	172	15.06	174	15.2	175	15.1	176	14.03
177	12.9	178	12.09	179	11.42	180	10.46	181	9.74
182	9.44	183	9.41	184	9.47	185	9.55	186	9.56
187	9.54	188	9.5	189	9.53	190	9.58	191	9.6
192	9.61	193	9.56	194	9.51	195	9.58	196	9.59
197	9.56	198	9.59	199	9.71	200	9.82	201	9.74
202	9.74	203	10.19	204	10.78	205	11.41	206	12.61
207	14.18	208	15.21	209	15.29	210	15.33	211	15.18
212	14.7	214	13.44	216	12.69	218	12.73	220	12.64
222	12.74	224	12.67	226	12.74	228	12.73	230	12.73
232	12.66	234	12.72	236	12.71	238	12.72	240	12.64
242	12.71	244	12.69	246	12.71	248	12.7	250	12.79

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83075
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 57 di 67

252	12.74	254	12.85	256	12.72	258	12.85	260	12.73
262	12.76	264	12.76	266	12.83	268	12.75	270	12.79
272	12.69	274	12.77	276	12.7	278	12.67	280	12.67
282	12.68	284	12.64	286	12.6	288	12.45	290	12.47
292	12.49	294	12.55	296	12.58	298	12.53	300	12.53
302	12.5	304	12.51	306	12.53	308	12.53	310	12.53
312	12.51	314	12.55	316	12.71	318	12.67	320	12.58
322	12.54	324	12.61	326	12.6	328	12.53	330	12.6
332	12.7	334	12.71	336	12.61	338	12.72	340	12.72
342	12.72	344	12.75	346	12.74	348	12.73	350	12.73
352	12.75	354	12.77	356	12.75	358	12.71	360	12.75
362	12.76	364	12.78	366	12.78	368	12.8	370	12.79
372	12.74	374	12.81	376	12.82	378	12.85	380	12.86
382	12.85	384	12.9	386	12.95	388	12.98	390	12.95
392	12.96	394	13.04	396	13.03	398	13.08	400	13.11
402	13.13	404	13.28	406	13.29	408	13.4	410	13.53
412	13.59	414	13.62	416	13.81	418	13.92	420	13.99
422	14.08	424	14.09	426	14.25	428	14.35	430	14.55
432	14.58	434	14.57	436	14.69	438	14.61	440	14.62
442	14.57	444	14.55	446	14.44	448	14.42	450	14.44
452	14.46	454	14.4	456	14.43	458	14.43	460	14.45
462	14.48	464	14.48	466	14.48	468	14.5	470	14.55
473	14.56	475	14.61	477	14.63	479	14.61	481	14.62
483	14.68	485	14.74	487	14.72	490	14.78	493	14.78
495	14.8	498	14.81	500	14.88				

Manning's n Values num= 3  
Sta n Val Sta n Val Sta n Val  
0 .055 175 .035 208 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
175 208 110.505 110.505 110.505 .1 .3  
Right Levee Station= 210 Elevation= 15.33

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	14.60	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.57	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	14.03	Reach Len. (m)	110.50	110.50	110.50
Crit W.S. (m)	12.66	Flow Area (m2)		118.20	
E.G. Slope (m/m)	0.002638	Area (m2)		118.20	
Q Total (m3/s)	395.00	Flow (m3/s)		395.00	
Top Width (m)	30.91	Top Width (m)		30.91	
Vel Total (m/s)	3.34	Avg. Vel. (m/s)		3.34	
Max Chl Dpth (m)	4.62	Hydr. Depth (m)		3.82	
Conv. Total (m3/s)	7690.8	Conv. (m3/s)		7690.8	
Length Wtd. (m)	110.50	Wetted Per. (m)		34.39	
Min Ch El (m)	9.41	Shear (N/m2)		88.90	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	23938.94	0.00	10054.35
Frctn Loss (m)	0.27	Cum Volume (1000 m3)	0.06	73.33	1.71
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	0.20	24.65	3.10

CROSS SECTION

RIVER: alveo  
REACH: princ RS: 35.\*

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 495									
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev									
0 17.555 1.711 17.453 2.406 17.414 3.423 17.378 4.811 17.337									
11.124 16.998 12.029 16.957 12.835 16.905 14.434 16.826 14.547 16.82									
16.258 16.71 16.84 16.675 17.97 16.622 19.246 16.551 19.681 16.517									
26.463 16.254 26.526 16.253 28.238 16.256 28.869 16.251 29.949 16.225									
31.274 16.155 31.661 16.145 33.372 16.154 36.086 16.103 41.929 16.021									
43.303 15.999 43.64 15.998 45.352 15.982 45.709 15.981 47.063 15.982									
50.486 16.015 62.465 15.941 62.549 15.938 64.177 15.886 64.954 15.887									
65.888 15.901 67.36 15.889 67.6 15.885 69.311 15.89 69.766 15.887									

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ 000</b>	<b>COMMESSA 023081</b>
	<b>LOCALITÀ</b>	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	<b>PROGETTO</b>	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 58 di 67

71.022	15.885	72.171	15.897	72.734	15.893	74.445	15.847	74.577	15.845
76.157	15.824	76.983	15.805	77.868	15.797	79.389	15.791	79.579	15.79
81.291	15.801	81.794	15.785	83.002	15.742	84.2	15.746	84.713	15.747
86.425	15.696	86.606	15.696	88.136	15.689	89.011	15.672	89.848	15.662
91.417	15.646	91.559	15.644	96.693	15.543	98.404	15.473	98.634	15.467
100.116	15.432	101.04	15.409	101.827	15.39	103.446	15.323	103.539	15.319
105.25	15.292	105.851	15.286	107.817	15.249	108.257	15.228	109.528	15.166
110.663	15.113	114.663	14.998	115.474	14.971	116.374	14.936	117.88	14.914
118.085	14.911	119.797	14.844	120.286	14.825	121.508	14.77	122.691	14.719
123.22	14.703	124.931	14.642	125.097	14.638	126.642	14.578	127.503	14.537
128.354	14.501	129.909	14.438	130.065	14.432	131.776	14.4	132.314	14.39
133.488	14.341	134.72	14.279	135.199	14.262	136.911	14.206	137.126	14.2
138.622	14.153	139.531	14.12	140.333	14.083	141.937	14.011	142.045	14.007
143.756	13.936	144.343	13.918	145.467	13.887	146.749	13.836	147.179	13.811
148.89	13.732	149.154	13.718	150.602	13.663	151.56	13.624	152.313	13.587
153.966	13.525	154.024	13.524	155.736	13.476	156.371	13.461	157.447	13.419
158.777	13.363	159.159	13.354	160.87	13.33	161.183	13.325	162.581	13.31
163.589	13.3	164.293	13.278	165.994	13.25	167.715	13.229	168.4	13.221
169.427	13.213	170.806	13.19	171.138	13.198	172.85	13.182	173.211	13.213
174.561	13.303	175.617	13.345	176.272	13.363	177.984	13.37	178.023	13.372
179.695	13.463	180.429	13.506	181.406	13.55	182.834	13.623	183.118	13.637
184.829	13.734	185.24	13.753	186.541	13.83	187.646	13.909	188.252	13.955
189.963	14.049	190.051	14.054	191.675	14.155	192.457	14.204	193.386	14.248
194.863	14.314	195.098	14.325	196.809	14.394	197.269	14.408	198.52	14.429
199.674	14.439	200.232	14.462	201.943	14.507	202.08	14.51	203.654	14.559
204.486	14.583	205.366	14.604	206.222	14.657	206.891	14.695	207.077	14.705
207.933	14.73	208.789	14.64	209.297	14.441	209.644	14.281	210.5	14.035
211.235	13.643	211.971	13.211	212.062	13.159	212.706	12.777	213.441	12.366
213.625	12.266	214.176	12.022	214.912	11.711	215.188	11.593	215.647	11.416
216.382	10.919	216.75	10.637	217.118	10.322	217.853	9.896	218.312	9.752
218.588	9.686	219.324	9.507	219.875	9.372	220.059	9.352	220.794	9.262
221.438	9.178	221.529	9.174	222.265	9.142	223	9.125	223.778	9.157
224.4	9.182	224.556	9.189	225.333	9.227	225.8	9.249	226.111	9.256
226.889	9.269	227.2	9.272	227.667	9.272	228.444	9.286	228.6	9.332
229.222	9.511	230	9.875	230.778	10.233	231.4	10.46	231.556	10.518
232.333	10.757	232.8	10.849	233.111	10.907	233.889	10.943	234.2	10.947
234.667	10.952	235.444	10.989	235.6	10.992	236.222	10.989	237	10.985
237.778	10.991	238.4	10.984	238.556	10.989	239.333	11.008	239.8	11.017
240.111	11.016	240.889	11.009	241.2	11.006	241.667	10.995	242.444	10.962
242.6	10.956	243.222	10.947	244	10.955	244.778	10.978	245.4	10.993
245.556	10.996	246.333	11.027	246.8	11.06	247.111	11.061	247.889	11.049
248.2	11.036	248.667	11.03	249.444	11.015	249.6	11.011	250.222	11.095
251	11.21	251.778	11.394	252.4	11.525	252.556	11.56	253.333	11.775
253.8	11.907	254.111	12.058	254.889	12.412	255.2	12.563	255.667	12.852
256.444	13.303	256.6	13.399	257.222	13.664	258	14	258.829	14.053
259.26	14.07	259.658	14.072	260.486	13.981	260.521	13.97	261.315	13.731
261.781	13.548	262.973	13.104	263.042	13.089	264.302	12.834	264.63	12.77
265.562	12.811	266.288	12.849	266.823	12.855	267.945	12.838	268.083	12.844
269.344	12.887	269.603	12.895	270.604	12.874	271.26	12.847	271.865	12.848
272.918	12.853	273.125	12.849	274.385	12.931	274.575	12.936	275.646	12.97
276.233	12.996	276.906	13.011	277.89	13.068	278.167	13.095	279.427	13.313
279.548	13.337	280.688	13.542	281.205	13.522	281.948	13.497	282.863	13.26
283.208	13.162	284.521	12.773	285.729	12.471	286.178	12.389	287.836	12.044
288.25	11.962	289.493	12.115	290.771	12.261	291.151	12.336	292.808	12.713
293.292	12.803	294.466	12.724	295.812	12.7	296.123	12.699	297.781	12.575
298.333	12.577	299.438	12.596	300.854	12.514	301.096	12.501	302.753	12.49
303.375	12.48	304.411	12.464	305.896	12.471	306.068	12.48	307.726	12.486
308.417	12.513	309.384	12.556	310.938	12.558	311.041	12.556	312.699	12.609
313.458	12.599	314.356	12.589	315.979	12.59	316.014	12.59	317.671	12.593
318.5	12.597	319.329	12.6	320.986	12.58	321.021	12.58	322.644	12.55
323.542	12.504	324.301	12.472	325.959	12.485	326.062	12.486	327.616	12.51
328.583	12.538	329.274	12.543	330.932	12.542	331.104	12.537	332.589	12.515
333.625	12.515	334.247	12.516	335.904	12.505	336.146	12.506	337.562	12.507
338.667	12.512	339.219	12.518	340.877	12.528	341.188	12.53	342.534	12.549
343.708	12.558	344.192	12.555	345.849	12.575	346.229	12.593	347.507	12.647
348.75	12.625	349.164	12.618	350.822	12.567	351.271	12.56	352.479	12.54
353.792	12.563	354.137	12.571	355.795	12.573	356.312	12.564	357.452	12.542
358.833	12.574	359.11	12.577	360.767	12.611	361.354	12.607	362.425	12.608
363.875	12.561	364.082	12.557	365.74	12.628	366.396	12.635	367.397	12.631
368.917	12.625	369.055	12.625	370.712	12.64	371.438	12.638	372.37	12.635
373.958	12.63	374.027	12.63	375.685	12.64	376.479	12.65	377.342	12.658

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> 000	<b>COMMESSA</b> 023081
	<b>LOCALITÀ</b>	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	<b>PROGETTO</b>	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 59 di 67

379	12.675	380.658	12.652	381.521	12.635	382.315	12.622	383.973	12.635
384.042	12.635	385.63	12.646	386.562	12.656	387.288	12.66	388.945	12.66
389.083	12.661	390.603	12.676	391.604	12.677	392.26	12.682	393.918	12.673
394.125	12.679	395.575	12.707	396.646	12.708	397.233	12.72	398.89	12.765
399.167	12.771	400.548	12.786	401.688	12.792	402.205	12.793	403.863	12.828
404.208	12.835	405.521	12.871	406.729	12.896	407.178	12.906	408.836	12.914
409.25	12.921	410.493	12.932	411.771	12.971	412.151	12.983	413.808	12.991
414.292	13.002	415.466	13.032	416.812	13.057	417.123	13.064	418.781	13.093
419.333	13.125	420.438	13.177	421.854	13.184	422.096	13.187	423.753	13.259
424.375	13.289	425.411	13.334	426.896	13.367	427.068	13.372	428.726	13.403
429.417	13.45	430.384	13.522	431.938	13.602	432.041	13.605	433.699	13.64
435.356	13.685	435.719	13.686	436.979	13.685	437.014	13.685	438.671	13.778
439.5	13.81	440.329	13.842	441.986	13.955	442.021	13.955	443.644	13.973
444.542	13.972	445.301	13.973	446.959	14.04	447.062	14.038	448.616	14.003
449.583	14.008	450.274	14.01	451.932	13.985	452.104	13.984	456.904	13.91
458.406	13.901	458.562	13.899	460.219	13.923	460.927	13.907	461.877	13.894
463.448	13.914	463.534	13.915	465.192	13.912	465.969	13.915	466.849	13.927
473.479	13.98	473.531	13.981	475.137	14.037	476.052	14.057	477.623	14.063
478.573	14.079	479.281	14.097	485.911	14.188	486.135	14.194	487.568	14.231
488.656	14.233	489.226	14.242	496.219	14.391	498.342	14.44	500	14.51

Manning's n Values num= 3  
Sta n Val Sta n Val Sta n Val  
0 .055 210.5 .035 258 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
210.5 258 110.505 110.505 110.505 .1 .3  
Left Levee Station= 206.89 Elevation= 14.69  
Right Levee Station= 259.26 Elevation= 14.1

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	14.28	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.40	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	13.88	Reach Len. (m)	110.50	110.50	110.50
Crit W.S. (m)	12.68	Flow Area (m2)		141.40	
E.G. Slope (m/m)	0.002325	Area (m2)		141.40	
Q Total (m3/s)	395.00	Flow (m3/s)		395.00	
Top Width (m)	46.94	Top Width (m)		46.94	
Vel Total (m/s)	2.79	Avg. Vel. (m/s)		2.79	
Max Chl Dpth (m)	4.76	Hydr. Depth (m)		3.01	
Conv. Total (m3/s)	8191.3	Conv. (m3/s)		8191.3	
Length Wtd. (m)	110.50	Wetted Per. (m)		48.97	
Min Ch El (m)	9.13	Shear (N/m2)		65.84	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	23938.94	9905.45	12412.82
Frctn Loss (m)	0.29	Cum Volume (1000 m3)	0.06	58.98	1.71
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.20	20.35	3.10

CROSS SECTION

RIVER: alveo  
REACH: princ RS: 30

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 291									
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev									
0 13.81 2 13.77 4 13.74 11 13.72 13 13.66									
15 13.59 17 13.57 19 13.5 21 13.44 23 13.35									
25 13.17 27 13.18 29 13.26 31 13.32 33 13.41									
35 13.47 37 13.43 39 13.49 41 13.49 43 13.45									
45 13.49 47 13.5 49 13.51 51 13.52 53 13.51									
55 13.52 57 13.5 59 13.54 61 13.47 63 13.43									
65 13.44 67 13.45 69 13.38 71 13.39 73 13.39									
75 13.31 77 13.34 79 13.29 81 13.3 83 13.28									
85 13.3 87 13.25 89 13.24 91 13.2 93 13.18									
95 13.21 97 13.11 99 13.14 101 13.06 103 13.08									
105 13.05 107 13.03 109 13.01 111 12.97 113 12.93									
115 12.84 117 12.8 119 12.76 121 12.66 123 12.65									

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> 000	<b>COMMESSA</b> 023081
	<b>LOCALITÀ</b>	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	<b>PROGETTO</b>	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 60 di 67

126	12.66	128	12.57	130	12.49	132	12.48	134	12.48
136	12.42	138	12.44	140	12.37	142	12.3	144	12.24
146	12.16	148	12.12	150	12.05	152	11.99	154	11.99
156	11.99	158	11.96	160	11.94	162	11.94	164	11.92
166	11.9	168	11.85	170	11.84	172	11.79	174	11.78
176	11.75	178	11.71	180	11.71	182	11.67	184	11.65
186	11.62	188	11.63	190	11.63	192	11.63	194	11.68
196	11.71	198	11.74	200	11.74	202	11.63	204	11.85
206	11.98	208	12.03	210	12.21	212	12.4	214	12.61
216	12.84	218	13.03	220	13.26	222	13.42	224	13.59
226	13.76	228	13.92	230	14.05	232	14.15	234	14.22
236	14.24	238	14.24	240	14.23	241	14.29	242	14.34
243	14.34	244	14.11	245	13.39	246	12.97	247	12.69
248	12.33	249	11.99	250	11.7	251	11.43	252	11.19
253	10.94	254	10.26	255	9.45	256	9.05	257	9.04
258	9.02	259	9	260	8.96	261	8.91	262	8.86
263	8.84	264	8.87	265	8.9	266	8.93	267	8.96
268	8.98	269	8.99	270	9.03	271	9.5	272	10.25
273	10.95	274	11.5	275	11.95	276	12.23	277	12.29
278	12.3	279	12.37	280	12.39	281	12.41	282	12.45
283	12.46	284	12.46	285	12.45	286	12.43	287	12.41
288	12.36	289	12.32	290	12.32	291	12.3	292	12.27
293	12.27	294	12.32	295	12.34	296	12.32	297	12.29
298	12.25	299	12.23	300	12.27	301	12.27	302	12.35
303	12.44	304	12.48	305	12.57	306	12.6	307	12.69
308	12.79	309	12.83	310	12.78	311	12.75	312	12.77
313	12.83	314	12.91	315	13.01	316	13.04	317	13.05
318	13.05	319	13	320	12.96	321	13.13	322	13.21
323	13.32	324	13.52	325	13.91	326	14.37	327	14.28
328	13.62	330	12.25	332	11.23	334	11.82	336	12.83
338	12.57	340	12.39	342	12.28	344	12.2	346	12.12
348	12.26	350	12.42	352	12.46	354	12.51	356	12.52
358	12.52	360	12.49	362	12.5	364	12.55	366	12.5
368	12.5	370	12.51	372	12.5	374	12.53	376	12.6
378	12.6	380	12.57	382	12.55	384	12.53	386	12.55
388	12.56	390	12.51	392	12.5	394	12.55	396	12.53
398	12.53	400	12.53	402	12.56	404	12.58	406	12.54
408	12.52	410	12.54	412	12.54	414	12.56	416	12.61
418	12.6	420	12.69	422	12.73	424	12.76	426	12.82
428	12.89	430	12.92	432	12.96	434	13.01	436	13.07
438	13.08	440	13.13	442	13.15	444	13.2	446	13.29
449	13.29	450	13.28	452	13.32	454	13.36	456	13.37
458	13.39	460	13.4	462	13.4	464	13.4	467	13.4
469	13.38	471	13.4	473	13.39	475	13.43	477	13.46
479	13.46	481	13.56	483	13.57	485	13.62	487	13.66
489	13.7	491	13.74	493	13.85	495	13.91	497	13.98
500	14.14								

Manning's n Values num= 3  
Sta n Val Sta n Val Sta n Val  
0 .055 246 .035 308 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
246 308 96.595 96.595 96.595 .1 .3  
Left Levee Station= 242 Elevation= 14.34  
Right Levee Station= 326 Elevation= 14.37

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	13.98	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.35	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
W.S. Elev (m)	13.63	Reach Len. (m)	96.60	96.60	96.60
Crit W.S. (m)	12.89	Flow Area (m2)	0.48	145.55	10.24
E.G. Slope (m/m)	0.002888	Area (m2)	0.48	145.55	10.24
Q Total (m3/s)	395.00	Flow (m3/s)	0.22	387.46	7.32
Top Width (m)	79.60	Top Width (m)	1.33	62.00	16.27
Vel Total (m/s)	2.53	Avg. Vel. (m/s)	0.46	2.66	0.72
Max Chl Dpth (m)	4.79	Hydr. Depth (m)	0.37	2.35	0.63
Conv. Total (m3/s)	7350.4	Conv. (m3/s)	4.2	7210.1	136.2
Length Wtd. (m)	96.60	Wetted Per. (m)	1.49	63.76	16.35
Min Ch El (m)	8.84	Shear (N/m2)	9.22	64.65	17.73

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> 000	<b>COMMESSA</b> 023081
	<b>LOCALITÀ</b>		Regione Marche	
	<b>PROGETTO</b>	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 61 di 67	<b>Rev.</b> 1

Alpha	1.09	Stream Power (N/m s)	23938.94	11586.44	15608.19
Frctn Loss (m)	0.25	Cum Volume (1000 m3)	0.03	43.13	1.14
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.13	14.33	2.20

CROSS SECTION

RIVER: alveo

REACH: princ

RS: 25.\*

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num= 491		Sta Elev		Sta Elev		Sta Elev		Sta Elev	
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	13.425	1.786	13.404	2.272	13.389	3.572	13.351	4.545	13.343		
6.251	13.338	8.93	13.324	10.716	13.292	12.498	13.285	14.288	13.256		
14.77	13.239	16.073	13.19	17.043	13.172	17.859	13.166	19.315	13.148		
19.645	13.14	21.431	13.102	21.587	13.099	23.217	13.063	23.86	13.046		
25.003	13.007	26.132	12.982	26.789	12.954	28.404	12.878	29.468	12.872		
30.677	12.878	31.254	12.89	32.949	12.929	33.04	12.931	34.826	12.975		
35.222	12.973	36.612	12.978	37.494	12.983	38.398	12.982	39.766	12.981		
40.184	12.971	41.97	12.971	42.039	12.97	44.311	12.984	45.542	12.975		
46.583	12.978	47.327	12.973	48.856	12.939	49.113	12.937	50.899	12.938		
51.128	12.942	52.685	12.958	53.4	12.948	54.471	12.932	55.673	12.925		
56.257	12.921	57.945	12.897	58.043	12.895	59.829	12.881	60.217	12.871		
61.615	12.843	62.49	12.84	63.401	12.831	64.762	12.848	65.187	12.859		
66.973	12.879	67.035	12.88	68.759	12.848	69.307	12.828	75.903	12.795		
76.124	12.797	77.688	12.786	78.396	12.767	79.474	12.757	80.669	12.773		
81.26	12.78	82.941	12.78	83.046	12.778	84.832	12.697	85.213	12.686		
86.618	12.679	87.486	12.683	92.03	12.629	93.762	12.597	94.303	12.583		
95.548	12.56	96.575	12.565	97.334	12.557	98.848	12.57	99.12	12.574		
100.906	12.595	101.12	12.594	102.692	12.571	103.392	12.563	104.478	12.555		
105.665	12.53	106.264	12.524	107.937	12.521	108.05	12.518	109.835	12.473		
110.209	12.47	111.621	12.499	112.482	12.507	113.407	12.494	114.754	12.478		
115.193	12.482	116.979	12.46	117.026	12.46	118.765	12.449	119.299	12.438		
120.551	12.414	121.571	12.436	122.337	12.452	123.843	12.432	124.123	12.428		
125.909	12.427	126.116	12.429	127.695	12.446	128.388	12.428	129.481	12.388		
130.661	12.372	131.267	12.37	132.933	12.397	133.053	12.399	134.839	12.338		
135.205	12.328	136.625	12.269	137.478	12.219	138.411	12.183	139.75	12.172		
140.196	12.171	141.982	12.143	143.159	12.099	143.768	12.063	145.431	11.983		
145.554	11.978	147.34	11.941	147.703	11.937	149.126	11.942	149.976	11.93		
150.912	11.92	152.248	11.905	152.698	11.894	154.484	11.87	154.52	11.87		
156.27	11.858	156.793	11.86	158.056	11.841	159.065	11.819	159.842	11.803		
161.337	11.776	161.628	11.771	163.414	11.728	163.61	11.727	165.2	11.712		
165.882	11.702	166.986	11.695	168.154	11.665	168.772	11.645	170.427	11.625		
170.558	11.623	172.343	11.575	172.699	11.57	174.129	11.57	174.972	11.57		
175.915	11.57	177.244	11.577	177.701	11.577	179.487	11.57	179.516	11.57		
181.273	11.577	181.789	11.568	183.059	11.55	184.061	11.556	184.845	11.557		
186.333	11.546	186.631	11.544	188.417	11.536	188.606	11.537	190.203	11.532		
190.878	11.523	191.989	11.518	193.15	11.518	193.775	11.513	195.423	11.5		
195.561	11.5	197.347	11.476	197.695	11.476	199.133	11.471	199.967	11.463		
200.919	11.452	202.24	11.447	202.704	11.45	204.49	11.45	204.512	11.45		
206.276	11.429	206.785	11.425	208.062	11.419	209.057	11.421	209.848	11.42		
211.329	11.398	211.634	11.396	213.42	11.395	213.602	11.389	215.206	11.34		
215.874	11.334	216.992	11.325	218.146	11.325	218.778	11.332	220.419	11.24		
220.564	11.231	222.35	11.503	222.691	11.504	224.136	11.51	224.963	11.496		
225.922	11.475	227.236	11.482	227.708	11.474	229.494	11.46	229.508	11.46		
231.28	11.506	231.78	11.524	233.065	11.547	234.053	11.597	234.851	11.624		
236.325	11.619	236.637	11.627	238.423	11.763	238.598	11.776	240.209	11.897		
240.87	11.964	241.995	12.082	243.142	12.119	243.781	12.142	245.415	12.312		
245.567	12.326	247.353	12.496	247.687	12.537	249.139	12.728	249.959	12.8		
250.925	12.869	252.232	12.955	252.711	12.988	254.497	13.03	256.283	13.132		
256.776	13.157	258.069	13.22	259.049	13.258	259.855	13.283	261.321	13.325		
261.641	13.332	263.427	13.396	263.594	13.4	265.212	13.42	265.866	13.441		
266.998	13.465	268.138	13.464	268.784	13.46	270.411	13.46	270.57	13.46		
272.356	13.471	272.683	13.474	273.819	13.516	274.142	13.527	274.955	13.554		
275.035	13.555	275.928	13.725	276.091	13.762	276.821	13.851	277.228	13.84		
277.714	13.721	278.364	13.486	278.607	13.43	279.5	13.03	280.386	12.582		
280.647	12.46	281.273	12.147	281.794	11.936	282.159	11.791	282.941	11.424		
283.045	11.377	283.932	10.995	284.088	10.939	284.818	10.684	285.235	10.55		

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> 000	<b>COMMESSA</b> 023081
	<b>LOCALITÀ</b>		Regione Marche	
	<b>PROGETTO</b>	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 62 di 67	<b>Rev.</b> 1

285.705	10.406	286.382	10.255	286.591	10.207	287.477	10.016	287.529	10.005
288.364	9.673	288.676	9.548	289.25	9.288	289.824	9.04	290.136	8.96
290.971	8.74	291.023	8.735	291.909	8.696	292.118	8.694	292.795	8.684
293.265	8.659	293.682	8.636	294.412	8.614	294.568	8.607	295.455	8.582
295.559	8.575	296.341	8.523	296.706	8.501	297.227	8.469	297.853	8.434
298.114	8.423	299	8.385	299.611	8.401	300.222	8.417	300.833	8.433
301.444	8.449	301.75	8.455	302.056	8.462	302.667	8.47	303.278	8.493
303.889	8.732	304.5	9.11	305.111	9.462	305.722	9.739	306.333	9.967
306.944	10.109	307.25	10.125	307.556	10.154	308.167	10.187	308.778	10.249
309.389	10.287	310	10.325	310.611	10.496	311.222	10.652	311.833	10.803
312.444	10.949	312.75	11.02	313.056	11.074	313.667	11.182	314.278	11.274
314.889	11.372	315.5	11.49	316.111	11.539	316.722	11.583	317.333	11.642
317.944	11.726	318.25	11.76	318.556	11.792	319.167	11.835	319.778	11.873
320.389	11.907	321	11.95	321.611	12.03	322.222	12.09	322.833	12.19
323.444	12.295	323.75	12.335	324.056	12.381	324.667	12.497	325.278	12.583
325.889	12.699	326.5	12.82	327.404	12.913	327.619	12.924	328.307	12.914
328.739	12.913	329.211	12.882	329.858	12.857	330.115	12.839	330.977	12.799
331.018	12.795	331.922	12.726	332.097	12.715	332.826	12.748	333.216	12.751
333.729	12.776	334.633	12.809	335.455	12.835	335.536	12.836	336.44	12.825
337.344	12.82	337.694	12.858	338.247	12.935	339.151	13.015	339.932	13.098
340.055	13.116	340.958	13.294	341.862	13.568	342.171	13.674	342.766	13.864
343.669	13.877	344.41	13.655	344.573	13.609	346.38	13.077	346.648	13.024
348.188	12.666	348.887	12.814	349.995	13	351.126	13.321	351.802	13.542
353.365	13.503	353.609	13.492	355.417	13.457	357.224	13.456	357.842	13.461
359.031	13.456	360.839	13.449	362.319	13.532	362.646	13.557	364.453	13.704
366.26	13.79	366.797	13.817	368.068	13.895	369.875	13.984	371.274	14.05
371.682	14.071	373.49	14.146	375.297	14.242	375.752	14.271	377.104	14.378
378.911	14.47	380.229	14.555	380.719	14.581	382.526	14.683	384.333	14.775
384.706	14.798	386.141	14.916	387.948	15.084	389.184	15.175	389.755	15.213
391.562	15.319	393.37	15.43	393.661	15.448	395.177	15.555	396.984	15.702
398.139	15.793	398.792	15.845	400.599	15.957	402.406	16.089	402.616	16.108
404.214	16.264	406.021	16.405	407.094	16.495	407.828	16.561	409.635	16.722
411.443	16.899	411.571	16.911	413.25	17.07	415.057	17.211	416.048	17.295
416.865	17.358	418.672	17.52	420.479	17.671	420.526	17.675	422.286	17.834
424.094	18.013	425.003	18.087	425.901	18.155	427.242	18.293	427.708	18.344
429.516	18.513	431.323	18.677	431.719	18.717	433.13	18.863	434.938	19.055
436.197	19.175	436.745	19.227	438.552	19.4	440.359	19.578	440.674	19.61
442.167	19.762	449.396	20.422	449.629	20.446	458.432	21.257	458.584	21.27
460.24	21.397	462.047	21.54	463.061	21.618	463.854	21.675	465.661	21.8
467.469	21.925	467.539	21.93	470.18	22.057	471.987	22.134	472.016	22.135
480.971	22.46	481.023	22.462	482.831	22.568	484.638	22.63	485.448	22.666
486.445	22.715	488.253	22.797	495.482	23.235	497.289	23.363	498.881	23.492
500	23.545								

Manning's n Values num= 3  
Sta n Val Sta n Val Sta n Val  
0 .055 279.5 .035 326.5 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
279.5 326.5 96.595 96.595 96.595 .1 .3  
Left Levee Station= 276.5 Elevation= 13.99  
Right Levee Station= 342.77 Elevation= 13.9

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	13.73	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.39	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
W.S. Elev (m)	13.34	Reach Len. (m)	96.60	96.60	96.60
Crit W.S. (m)	12.15	Flow Area (m2)	0.11	140.79	6.71
E.G. Slope (m/m)	0.002283	Area (m2)	0.11	140.79	6.71
Q Total (m3/s)	395.00	Flow (m3/s)	0.03	391.52	3.46
Top Width (m)	62.30	Top Width (m)	0.69	47.00	14.61
Vel Total (m/s)	2.68	Avg. Vel. (m/s)	0.24	2.78	0.52
Max Chl Dpth (m)	4.95	Hydr. Depth (m)	0.15	3.00	0.46
Conv. Total (m3/s)	8267.6	Conv. (m3/s)	0.5	8194.7	72.4
Length Wtd. (m)	96.60	Wetted Per. (m)	0.76	48.42	14.66
Min Ch El (m)	8.39	Shear (N/m2)	3.16	65.09	10.24
Alpha	1.07	Stream Power (N/m s)	23938.94	13238.23	16411.09
Frctn Loss (m)	0.29	Cum Volume (1000 m3)	0.01	29.30	0.32
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)	0.03	9.07	0.71

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 63 di 67	Rev. 1

CROSS SECTION

RIVER: alveo  
REACH: princ

RS: 20

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 239

Sta	Elev								
0	13.04	2	13.03	4	12.95	7	12.94	10	12.92
12	12.86	14	12.85	16	12.84	18	12.76	20	12.75
22	12.72	24	12.7	26	12.67	28	12.62	30	12.61
33	12.57	35	12.58	37	12.6	39	12.64	41	12.58
43	12.53	45	12.48	47	12.51	51	12.46	53	12.47
55	12.42	57	12.39	59	12.42	61	12.36	63	12.33
65	12.27	67	12.25	69	12.17	71	12.15	73	12.21
75	12.22	77	12.21	79	12.13	81	12.12	83	12.15
85	12.14	87	12.17	89	12.13	91	12.17	93	12.17
95	12.07	97	12.03	99	12.02	101	11.98	103	11.96
105	11.91	107	11.83	109	11.83	111	11.9	113	11.95
115	11.93	117	11.92	119	11.86	121	11.83	123	11.82
125	11.87	127	11.88	129	11.9	131	11.84	133	11.84
135	11.79	137	11.88	139	11.85	141	11.88	143	11.95
145	11.89	147	11.91	149	12	151	11.91	153	11.84
155	11.71	157	11.69	159	11.63	161	11.49	163	11.39
165	11.38	167	11.4	169	11.36	171	11.32	173	11.32
175	11.28	177	11.28	179	11.26	181	11.25	183	11.21
185	11.24	187	11.25	189	11.19	191	11.2	193	11.15
195	11.15	197	11.15	199	11.17	201	11.18	203	11.21
205	11.16	207	11.18	209	11.17	211	11.17	213	11.2
215	11.19	217	11.2	219	11.21	221	11.17	223	11.18
225	11.17	227	11.19	229	11.19	231	11.18	233	11.18
235	11.2	237	11.17	239	11.16	241	11.05	243	11.02
245	11.02	247	10.78	249	11.3	251	11.29	253	11.21
255	11.23	257	11.29	259	11.21	261	11.17	263	11.25
265	11.2	267	11.33	269	11.45	271	11.66	273	11.61
275	11.8	277	11.99	279	12.28	281	12.41	283	12.52
285	12.47	287	12.54	289	12.59	291	12.6	293	12.6
295	12.65	297	12.64	299	12.7	301	12.68	303	12.68
305	12.71	307	12.75	308	12.77	309	13.11	310	13.51
311	13.64	312	13.56	313	13.09	314	12.41	315	11.8
316	11.36	317	10.79	318	10.25	319	9.84	320	9.48
321	9.27	322	9.08	323	8.9	324	8.72	325	8.58
326	8.42	327	8.35	328	8.34	329	8.26	330	8.22
331	8.2	332	8.12	333	8.05	334	7.99	335	7.93
336	7.94	337	7.97	338	7.99	339	8.24	340	9.6
341	10.66	342	11.19	343	11.67	344	12.21	345	12.85
346	13.03	347	13.06	348	12.95	349	12.77	350	12.5
351	12.48	353	12.62	355	12.69	357	12.89	359	13.28
361	13.57	363	13.95	365	14.17	367	14.19	369	14.4
373	14.67	377	14.83	381	15.16	385	15.58	389	16.03
393	16.61	397	17.09	401	17.75	405	18.35	409	19.03
413	19.71	417	20.46	421	21.26	425	22.06	429	22.81
433	23.57	435	23.92	439	24.66	443	25.44	447	26.2
452	27.15	455	27.68	459	28.41	463	29.18	467	29.84
471	30.46	475	30.89	479	31.19	483	31.46	487	31.74
491	32.05	495	32.45	499	32.91	500	32.95		

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.055	313	.035	345	.055

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	313	345		84.76	84.76		.1	.3
Left Levee	Station=			311	Elevation=	13.64		
Right Levee	Station=			347	Elevation=	13.06		

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> 000	<b>COMMESSA</b> 023081
	<b>LOCALITÀ</b>	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	<b>PROGETTO</b>	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 64 di 67

E.G. Elev (m)	13.40	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.77	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	12.62	Reach Len. (m)	84.76	84.76	84.76
Crit W.S. (m)	11.79	Flow Area (m2)		101.33	
E.G. Slope (m/m)	0.004256	Area (m2)		101.33	
Q Total (m3/s)	395.00	Flow (m3/s)		395.00	
Top Width (m)	30.96	Top Width (m)		30.96	
Vel Total (m/s)	3.90	Avg. Vel. (m/s)		3.90	
Max Chl Dpth (m)	4.69	Hydr. Depth (m)		3.27	
Conv. Total (m3/s)	6054.8	Conv. (m3/s)		6054.8	
Length Wtd. (m)	84.76	Wetted Per. (m)		33.50	
Min Ch El (m)	7.93	Shear (N/m2)		126.23	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	23938.94	14890.02	16613.62
Frctn Loss (m)	0.35	Cum Volume (1000 m3)		17.61	
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)		5.30	

CROSS SECTION

RIVER: alveo

REACH: princ

RS: 15.\*

INPUT

Description:

Station Elevation Data

num= 459

Sta	Elev								
0	12.93	1.735	12.923	3.47	12.881	4.722	12.878	6.072	12.873
8.263	12.862	8.674	12.859	10.409	12.825	10.624	12.824	12.144	12.797
12.985	12.783	13.879	12.78	15.346	12.746	15.613	12.741	17.348	12.739
17.707	12.737	19.083	12.722	20.067	12.714	20.818	12.705	22.428	12.681
22.553	12.68	24.288	12.655	24.789	12.654	26.022	12.634	27.15	12.611
28.625	12.603	29.511	12.608	30.359	12.606	31.872	12.609	32.094	12.609
33.829	12.618	34.233	12.608	35.564	12.582	36.593	12.565	37.299	12.545
38.954	12.496	39.034	12.495	40.768	12.506	41.315	12.501	43.676	12.474
44.238	12.469	45.973	12.47	46.037	12.469	47.708	12.441	48.398	12.434
49.442	12.423	50.759	12.431	51.177	12.432	52.912	12.391	53.12	12.388
54.647	12.362	55.48	12.341	56.382	12.329	57.841	12.327	58.117	12.321
59.851	12.255	60.202	12.248	61.586	12.234	62.563	12.247	63.321	12.265
64.924	12.28	65.056	12.277	66.791	12.232	67.285	12.209	68.526	12.172
69.646	12.162	70.26	12.15	71.995	12.135	72.007	12.135	73.73	12.115
74.367	12.116	75.465	12.12	76.728	12.1	77.2	12.092	78.935	12.101
79.089	12.1	80.669	12.087	81.45	12.057	82.404	12.022	83.811	11.994
84.139	11.987	85.874	11.968	86.172	11.962	87.609	11.93	88.533	11.915
89.343	11.9	90.893	11.858	91.078	11.855	92.813	11.815	93.254	11.815
94.548	11.815	95.615	11.837	96.283	11.844	97.976	11.854	98.018	11.855
99.752	11.826	100.337	11.818	101.487	11.815	102.698	11.794	103.222	11.781
104.957	11.751	105.059	11.75	106.692	11.745	107.42	11.755	108.427	11.766
109.78	11.764	110.161	11.765	111.896	11.775	112.141	11.771	113.631	11.732
114.502	11.725	115.366	11.721	116.863	11.693	117.101	11.689	118.835	11.731
119.224	11.727	120.57	11.712	121.585	11.719	122.305	11.725	123.946	11.758
124.04	11.76	125.775	11.726	126.307	11.728	127.51	11.74	128.667	11.775
129.244	11.786	130.979	11.73	131.028	11.729	132.714	11.706	133.389	11.685
134.449	11.632	135.75	11.608	136.184	11.605	137.919	11.575	138.111	11.567
139.653	11.495	140.472	11.466	141.388	11.438	142.833	11.431	143.123	11.429
144.858	11.431	145.193	11.426	146.593	11.413	147.554	11.404	148.327	11.388
149.915	11.375	150.062	11.376	151.797	11.363	152.276	11.365	153.532	11.357
154.637	11.344	155.267	11.34	156.998	11.335	158.736	11.311	159.359	11.315
160.471	11.318	161.72	11.314	162.206	11.313	163.941	11.276	164.08	11.275
165.676	11.277	166.441	11.264	167.411	11.254	168.802	11.26	169.145	11.258
170.88	11.247	171.163	11.247	172.615	11.261	173.524	11.268	174.35	11.263
175.885	11.263	176.085	11.265	177.819	11.24	178.246	11.242	179.554	11.25
180.607	11.247	181.289	11.248	182.967	11.255	183.024	11.255	184.759	11.259
185.328	11.253	186.494	11.248	187.689	11.248	188.228	11.25	189.963	11.255
190.05	11.254	191.698	11.232	192.411	11.232	193.433	11.226	194.772	11.211
195.168	11.208	196.903	11.211	197.133	11.21	198.637	11.213	199.493	11.213
200.372	11.201	201.854	11.185	202.107	11.184	203.842	11.191	204.215	11.187
205.577	11.166	206.576	11.157	207.311	11.149	208.937	11.083	209.046	11.08
210.781	11.073	211.298	11.075	212.516	11.072	213.659	10.991	214.251	10.949
215.986	11.205	216.02	11.205	217.72	11.207	218.38	11.195	219.455	11.17
220.741	11.177	221.19	11.181	222.925	11.215	223.102	11.211	224.66	11.175

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> 000	<b>COMMESSA</b> 023081
	<b>LOCALITÀ</b>		Regione Marche	
	<b>PROGETTO</b>	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 65 di 67	<b>Rev.</b> 1

225.463	11.166	226.395	11.159	227.824	11.198	228.129	11.206	229.864	11.184
230.185	11.197	231.599	11.253	232.546	11.288	233.334	11.317	234.907	11.415
235.069	11.425	236.804	11.404	237.267	11.43	238.538	11.511	239.628	11.58
240.273	11.627	241.989	11.803	242.008	11.805	243.743	11.877	244.35	11.899
245.478	11.933	246.711	11.912	247.212	11.901	248.947	11.921	249.072	11.922
250.682	11.897	251.433	11.877	252.417	11.899	253.793	11.925	254.152	11.967
255.887	12.198	256.154	12.229	257.621	12.2	258.515	12.2	259.356	12.21
260.876	12.191	261.091	12.195	262.826	12.235	263.237	12.249	264.561	12.341
265.598	12.417	266.296	12.46	266.778	12.491	267.163	12.508	267.959	12.691
268.03	12.703	268.898	12.885	269.139	12.898	269.765	12.948	270.32	12.924
270.633	12.887	271.5	12.59	272.341	12.134	272.733	11.938	273.182	11.597
273.967	11.08	274.023	11.046	274.864	10.482	275.2	10.262	275.705	10.018
276.433	9.722	276.545	9.669	277.386	9.295	277.667	9.195	278.227	9.005
278.9	8.784	279.068	8.732	279.909	8.475	280.133	8.406	280.75	8.222
281.367	8.054	281.591	8.031	282.432	7.938	282.6	7.928	283.273	7.911
283.833	7.917	284.114	7.909	284.955	7.852	285.067	7.847	285.795	7.833
286.3	7.829	286.636	7.833	287.477	7.814	287.533	7.813	288.318	7.761
288.767	7.734	289.159	7.71	290	7.66	290.794	7.693	291.35	7.695
291.588	7.698	292.382	7.706	292.7	7.724	293.176	7.749	293.971	7.739
294.05	7.738	294.765	7.786	295.4	7.877	295.559	7.965	296.353	8.53
296.75	8.855	297.147	9.136	297.941	9.653	298.1	9.753	298.735	10.03
299.45	10.247	299.529	10.269	300.324	10.56	300.8	10.768	301.118	10.914
301.912	11.332	302.15	11.486	302.706	11.867	303.5	12.45	304.411	12.789
304.608	12.838	305.323	12.97	305.715	12.981	306.234	12.964	306.823	12.948
307.145	12.929	307.931	12.843	308.057	12.825	309.039	12.627	309.88	12.552
310.146	12.522	311.702	12.409	312.362	12.412	313.525	12.398	314.577	12.444
315.348	12.5	316.793	12.589	317.17	12.628	318.993	12.849	319.008	12.85
320.816	12.978	321.224	12.96	322.639	12.926	323.439	12.98	324.461	13.011
325.655	13.099	326.284	13.118	327.87	13.155	328.107	13.171	329.929	13.703
330.086	13.732	331.752	14.016	333.575	14.211	334.517	14.328	335.398	14.426
337.22	14.599	338.948	14.73	339.043	14.739	340.866	14.926	342.688	15.129
343.379	15.216	344.511	15.369	346.334	15.665	347.81	15.897	348.157	15.953
349.979	16.305	351.802	16.658	352.241	16.741	353.625	17.026	355.447	17.425
356.672	17.676	357.27	17.792	359.093	18.156	360.916	18.52	361.103	18.557
362.738	18.917	364.561	19.303	365.534	19.506	366.384	19.678	368.206	20.026
369.965	20.343	370.029	20.355	371.852	20.675	373.675	20.98	374.395	21.09
375.497	21.26	377.32	21.589	378.826	21.854	379.143	21.912	380.966	22.291
382.788	22.665	383.257	22.771	384.611	23.082	386.434	23.482	387.688	23.733
388.256	23.846	390.079	24.216	391.902	24.59	392.119	24.64	393.725	24.996
395.547	25.385	396.55	25.591	397.37	25.76	399.193	26.177	400.981	26.541
401.015	26.548	403.197	26.959	404.661	27.242	407.628	27.791	408.306	27.92
411.952	28.526	412.059	28.542	415.597	29.073	416.49	29.194	419.243	29.566
422.028	29.95	422.888	30.064	425.352	30.344	426.533	30.482	429.783	30.915
430.179	30.969	433.824	31.431	434.214	31.492	437.47	31.963	438.645	32.142
441.115	32.508	443.076	32.804	444.761	33.022	447.506	33.366	448.406	33.465
451.937	33.837	452.051	33.848	455.697	34.2	456.368	34.272	459.342	34.594
460.799	34.756	461.165	34.798	464.811	35.325	465.23	35.385	468.456	35.881
469.661	36.071	472.101	36.472	474.092	36.787	475.2	36.925		

Manning's n Values num= 3  
Sta n Val Sta n Val Sta n Val  
0 .055 271.5 .035 303.5 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
271.5 303.5 84.76 84.76 84.76 .1 .3  
Left Levee Station= 269 Elevation= 12.97  
Right Levee Station= 306 Elevation= 12.99

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	13.04	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.75	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	12.29	Reach Len. (m)	84.76	84.76	84.76
Crit W.S. (m)	11.42	Flow Area (m2)		102.94	
E.G. Slope (m/m)	0.004032	Area (m2)		102.94	
Q Total (m3/s)	395.00	Flow (m3/s)		395.00	
Top Width (m)	31.22	Top Width (m)		31.22	
Vel Total (m/s)	3.84	Avg. Vel. (m/s)		3.84	
Max Chl Dpth (m)	4.63	Hydr. Depth (m)		3.30	
Conv. Total (m3/s)	6220.8	Conv. (m3/s)		6220.8	
Length Wtd. (m)	84.76	Wetted Per. (m)		33.46	

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83075	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 66 di 67	Rev. 1

Min Ch El (m)	7.66	Shear (N/m2)		121.63	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	22751.56	12879.15	14650.63
Frctn Loss (m)	0.32	Cum Volume (1000 m3)		8.95	
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)		2.67	

CROSS SECTION

RIVER: alveo  
REACH: princ RS: 10

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 226

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	12.82	4	12.81	7	12.8	9	12.79	11	12.72
13	12.72	15	12.73	17	12.72	19	12.69	21	12.69
23	12.63	25	12.64	27	12.62	29	12.59	31	12.58
33	12.51	35	12.5	37	12.48	39	12.47	41	12.46
43	12.45	45	12.42	47	12.38	49	12.4	51	12.33
53	12.31	55	12.34	57	12.23	59	12.2	61	12.12
63	12.08	65	12.06	67	12.03	69	11.99	71	11.95
73	11.91	75	11.86	77	11.8	79	11.8	81	11.8
83	11.76	85	11.71	87	11.71	89	11.67	91	11.67
93	11.65	95	11.65	97	11.61	99	11.59	101	11.58
103	11.57	105	11.57	107	11.56	109	11.58	111	11.55
113	11.58	115	11.52	117	11.52	119	11.49	121	11.48
123	11.46	125	11.47	127	11.43	129	11.45	131	11.42
133	11.42	135	11.41	137	11.38	139	11.36	141	11.35
143	11.37	145	11.34	147	11.36	149	11.32	151	11.32
153	11.32	155	11.34	157	11.31	159	11.3	161	11.3
163	11.29	165	11.25	167	11.23	169	11.24	171	11.19
173	11.18	175	11.15	177	11.11	179	11.13	181	11.12
183	11.11	185	11.13	187	11.13	189	11.14	191	11.14
193	11.16	195	11.17	197	11.18	199	11.19	201	11.2
203	11.24	205	11.33	207	11.35	209	11.34	211	11.3
213	11.16	215	11.25	217	11.81	219	11.73	221	11.7
223	11.81	225	12.1	226	12.22	227	12.3	228	12.25
229	12.26	230	12.09	231	11.75	232	10.77	233	9.95
234	9.55	235	8.98	236	8.45	237	7.96	238	7.49
239	7.45	240	7.49	241	7.44	242	7.45	243	7.51
244	7.45	245	7.39	246	7.45	247	7.45	248	7.45
249	7.52	250	7.49	251	7.45	252	7.53	253	7.86
254	8.36	255	8.77	256	9.15	257	9.32	258	9.62
259	10.03	260	10.55	261	11.26	262	12.05	263	12.58
264	12.89	265	12.92	266	12.96	267	12.91	269	12.62
271	12.24	273	12.14	275	12.24	277	12.3	279	12.42
281	12.44	283	12.04	285	11.97	287	12.06	289	12.13
291	13.02	293	13.53	295	13.81	297	14.15	299	14.43
301	14.64	303	14.88	305	15.15	307	15.47	309	15.89
311	16.29	313	16.81	315	17.33	317	17.84	319	18.4
321	18.91	323	19.44	325	19.97	327	20.5	329	21
331	21.49	333	21.94	335	22.35	337	22.71	339	23.04
341	23.32	343	23.7	345	24.06	347	24.51	349	24.95
351	25.46	353	25.93	355	26.33	357	26.74	359	27.16
361	27.66	363	28.13	365	28.57	367	29.09	369	29.52
373	30.32	377	31.06	381	31.63	385	32.1	389	32.46
393	32.84	397	33.09	401	33.46	405	33.75	409	34.26
413	34.83	417	35.42	421	35.98	425	36.5	429	36.98
433	37.54	435	37.83	439	38.63	443	39.42	447	40.24
450.4	40.9								

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.055	230	.035	262	.055

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff Contr.	Expan.
	230	262		0	0	.1	.3
Left Levee		Station=		227	Elevation=		12.3
Right Levee		Station=		265	Elevation=		12.92

	<b>PROGETTISTA</b>		<b>UNITÀ</b> 000	<b>COMMESSA</b> 023081
	<b>LOCALITÀ</b>	Regione Marche		<b>SPC. LA-E-83075</b>
	<b>PROGETTO</b>	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 67 di 67

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	12.70	Wt. n-Val.		0.035	
Vel Head (m)	0.68	Reach Len. (m)			
W.S. Elev (m)	12.02	Flow Area (m2)		108.24	
Crit W.S. (m)	10.99	Area (m2)		108.24	
E.G. Slope (m/m)	0.003506	Flow (m3/s)		395.00	
Q Total (m3/s)	395.00	Top Width (m)		31.76	
Top Width (m)	31.76	Avg. Vel. (m/s)		3.65	
Vel Total (m/s)	3.65	Hydr. Depth (m)		3.41	
Max Chl Dpth (m)	4.63	Conv. (m3/s)		6670.9	
Conv. Total (m3/s)	6670.9	Wetted Per. (m)		34.17	
Length Wtd. (m)		Shear (N/m2)		108.92	
Min Ch El (m)	7.39	Stream Power (N/m s)	21564.19	10868.28	12687.64
Alpha	1.00	Cum Volume (1000 m3)			
Frctn Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			
C & E Loss (m)					