

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83079	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 1 di 58	Rev. 0

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

Attraversamento in subalveo del TORRENTE ALBULA

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

0	Emissione	Caccavo	Caffarelli	Sciosci	Ott '18
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83079	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 2 di 58	Rev. 0

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	Oggetto della relazione	4
1.2	Scopo e descrizione dell'elaborato	4
1.3	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	12
4.1	Generalità	12
4.2	Considerazioni specifiche preliminari	12
4.3	Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino	12
4.4	Regionalizzazione delle portate	13
4.4.1	<u>Premessa</u>	13
4.4.2	<u>Metodologia di Elaborazione - Sintesi</u>	14
4.4.3	<u>Risultati delle elaborazioni</u>	14
4.4.4	<u>Risultati riferiti al caso specifico</u>	15
4.5	Portata di progetto	15
4.6	Validazione dei risultati	16
5	STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE	19
5.1	Presupposti e limiti dello studio	19
5.2	Assetto geometrico e modellazione dell'alveo	20
5.3	Risultati della simulazione idraulica	22
5.4	Analisi dei risultati conseguiti	27
6	VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	28
6.1	Generalità	28
6.2	Criteri di calcolo	29
6.3	Stima dei massimi approfondimenti attesi	31
6.4	Considerazione sui risultati conseguiti	32
7	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	33
7.1	Premessa	33
7.2	Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto	33
7.3	Prescrizioni sulla geometria della condotta ed interventi di ripristino	35
8	VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA	36
8.1	Premessa	36

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83079	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 3 di 58	Rev. 0

8.2	Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento	37
8.3	Analisi dei criteri di compatibilità idraulica	38
9	CONCLUSIONI	41
	APPENDICE 1: STUDIO IDRAULICO - METODOLOGIA DI CALCOLO	42
	APPENDICE 2: STUDIO IDRAULICO - REPORT PROGRAMMA HEC RAS	47

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 4 di 58 Rev. 0

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 torrente Albula, nell'ambito del territorio comunale di San Benedetto del Tronto.

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-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 5 di 58	Rev. 0

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 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

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 6 di 58 Rev. 0

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.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		SPC. LA-E-83079 Fg. 7 di 58 Rev. 0

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento da parte del metanodotto in progetto ricade nel tratto medio-basso dello sviluppo del corso d'acqua, nei pressi di una zona industriale- commerciale del territorio di San Benedetto del Tronto.

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, il metanodotto in fase di dismissione è indicato tramite una linea in verde e l'area di attraversamento in esame è indicata mediante un cerchio in colore blu.

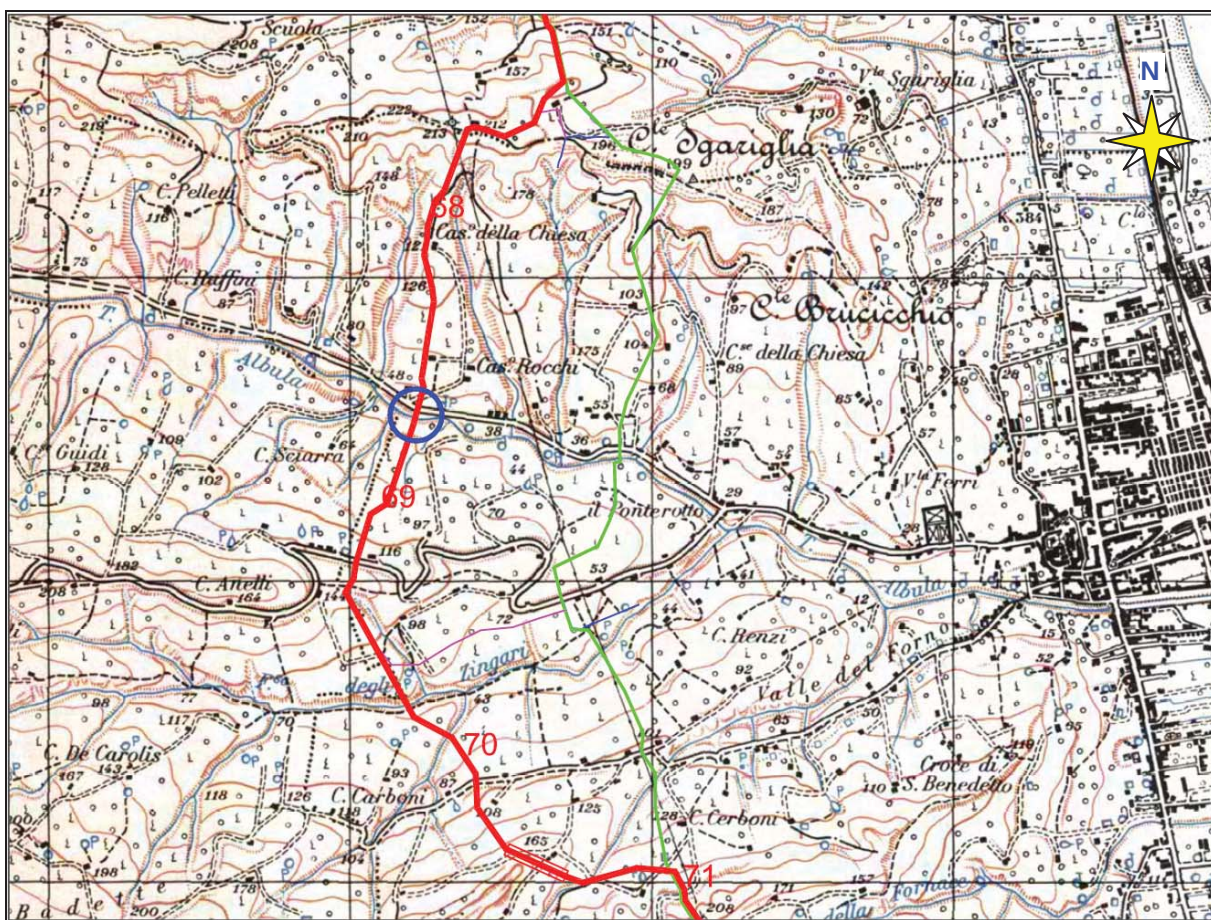


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

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	406140 m E	4756354 m N

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		SPC. LA-E-83079
			Fg. 8 di 58	Rev. 0

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

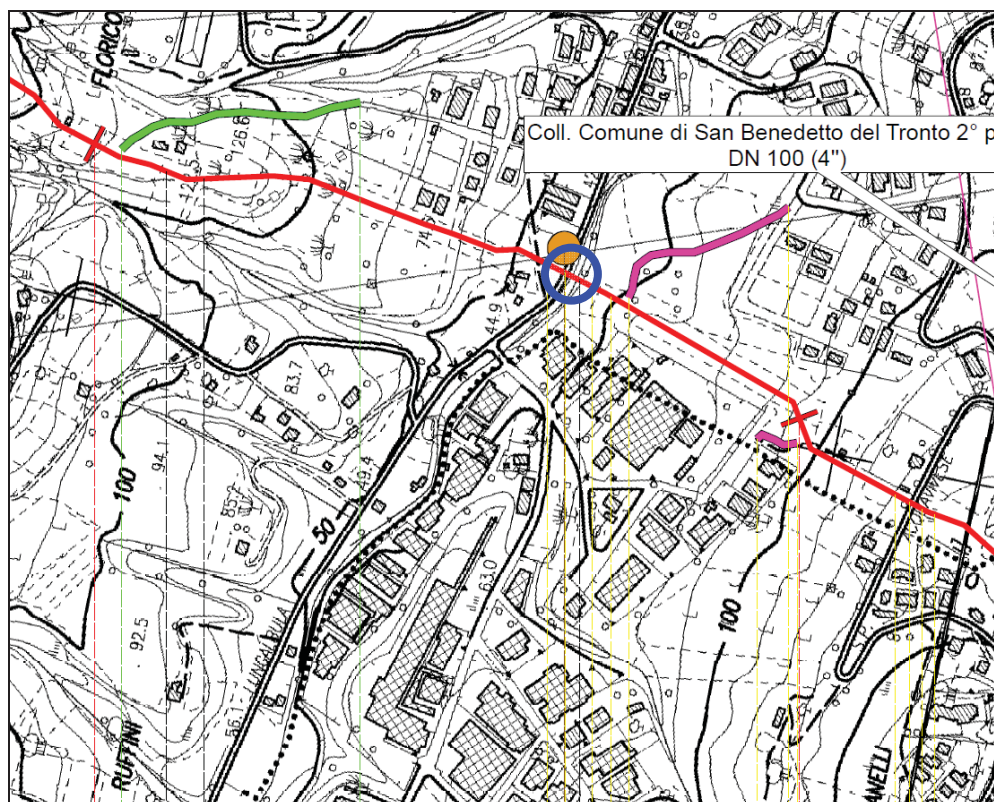


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

Nella figura precedente i tratti in magenta ed in verde rappresentano le impronte delle piste da realizzare, dalla viabilità ordinaria, per il raggiungimento della fascia di lavoro.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 9 di 58 Rev. 0

3 CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME

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

Il torrente Albula rappresenta un corso d'acqua minore il quale, unitamente al torrente Ragnola, si sviluppa nell'interbacino litoraneo tra il fiume Tesino a Nord e il fiume Tronto a Sud.

E' caratterizzato da un bacino imbrifero della superficie complessiva di circa 20 kmq, che si sviluppa in direzione Ovest- Est.

Nasce in prossimità del rilievo di S.Savino (336 m) e dopo uno sviluppo dell'asta principale di circa 9.5 km sfocia in mare immediatamente a Sud del porto di San Benedetto del Tronto.

Gli affluenti sono rappresentati da dei piccoli fossi che si sviluppano lungo i versanti laterali; l'unico tributario significativo è rappresentato dal fosso degli Zingari.

Nella figura seguente è riportato il bacino complessivo del corso d'acqua (in color magenta), 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.

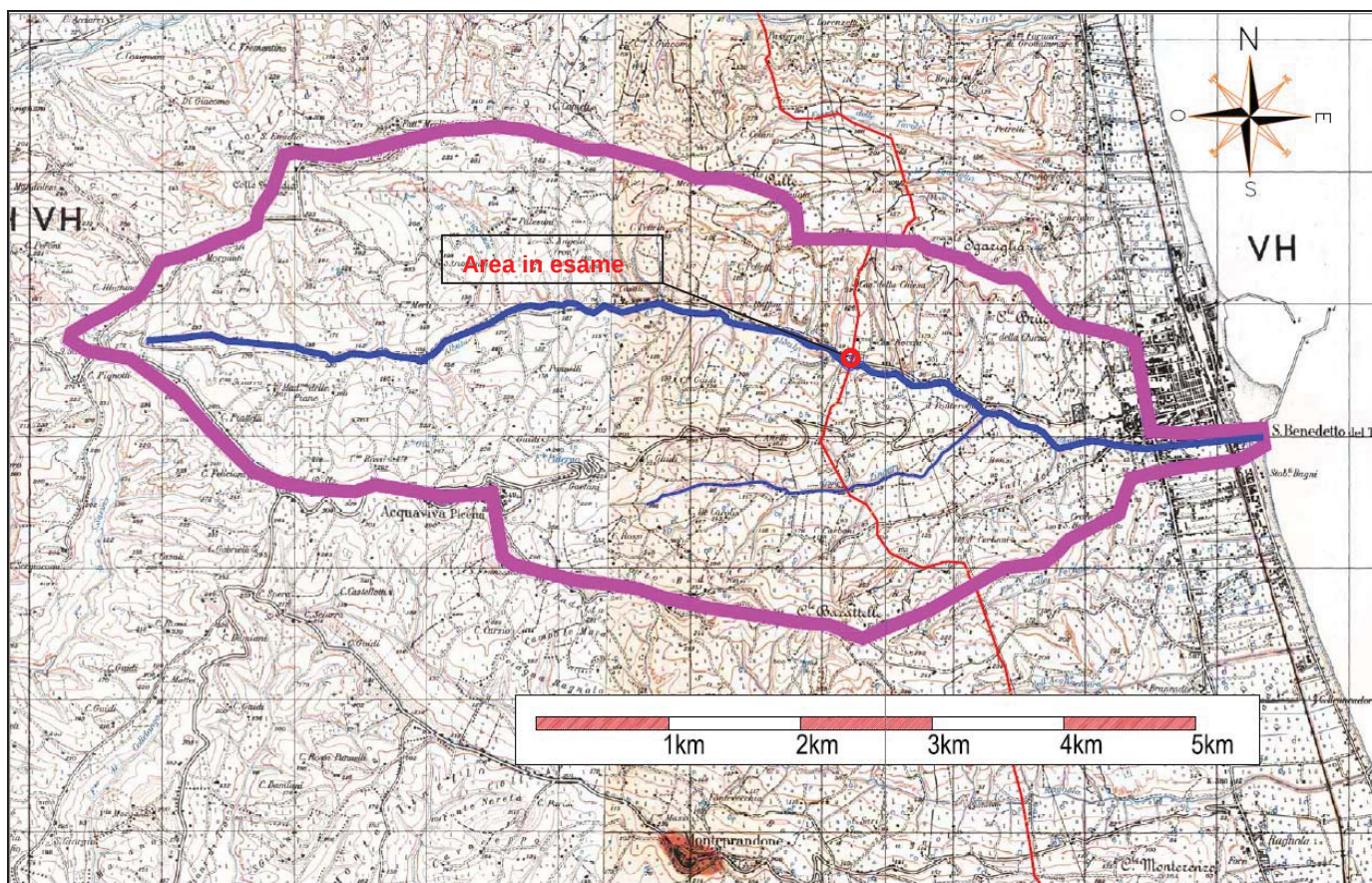


Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua ed indicazione dell'ambito di studio

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 10 di 58 Rev. 0

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 medio- basso dello sviluppo del corso d'acqua.

Nell'intorno dell'attraversamento il corso d'acqua è caratterizzato da un andamento planimetrico moderatamente sinuoso e risulta regimentato in quanto si sviluppa in un ambito antropizzato.

L'alveo presenta una configurazione incisa, con larghezza al fondo di circa 5m e con sponde mediamente acclivi che si elevano di circa 4 metri dal fondo e sono interessate da una folta vegetazione arbustiva ed arborea.

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.

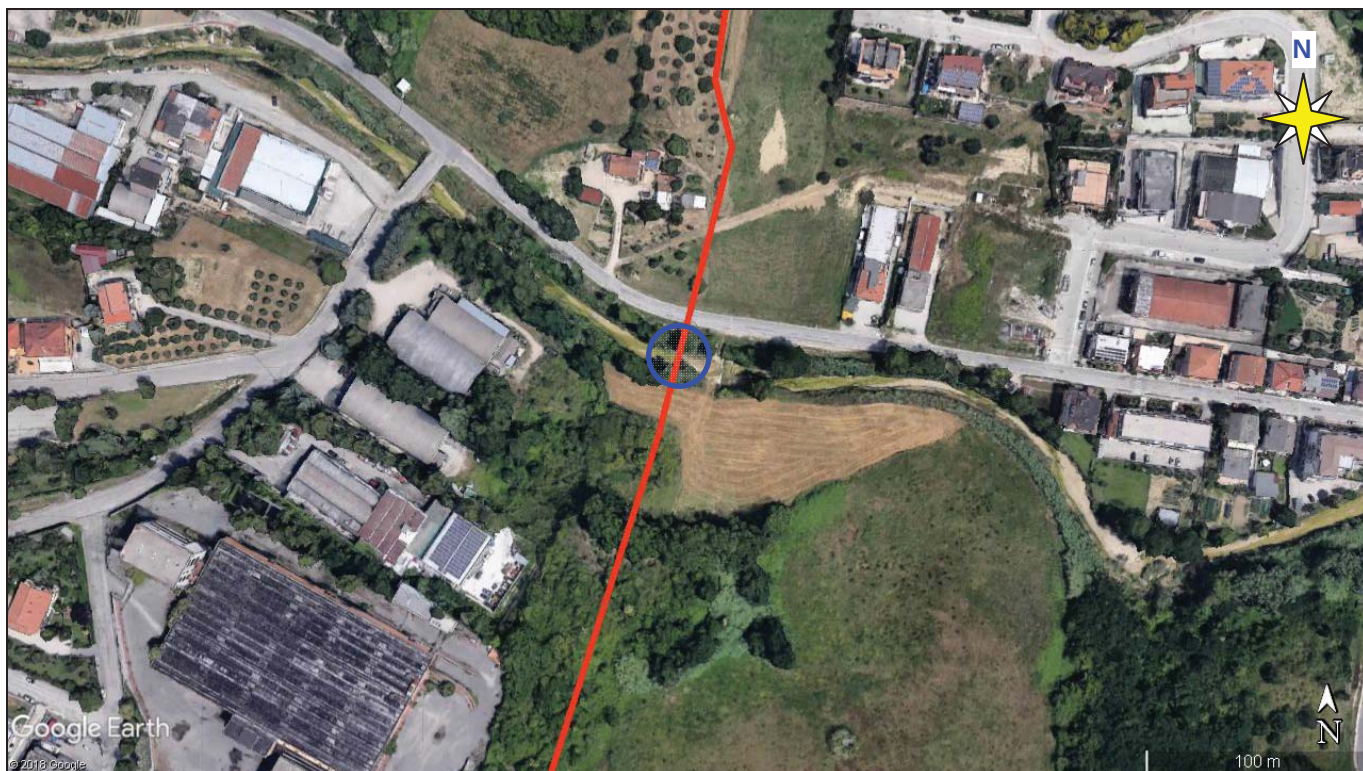


Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento (estratta da google earth)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		SPC. LA-E-83079
			Fg. 11 di 58	Rev. 0

Nella figura seguente è inoltre riportata una foto del corso d'acqua eseguita in prossimità dell'ambito d'interferenza e più esattamente in corrispondenza di un ponticello presente poco a monte dell'attraversamento in progetto.



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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 12 di 58 Rev. 0

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 intermedio 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-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 13 di 58 Rev. 0

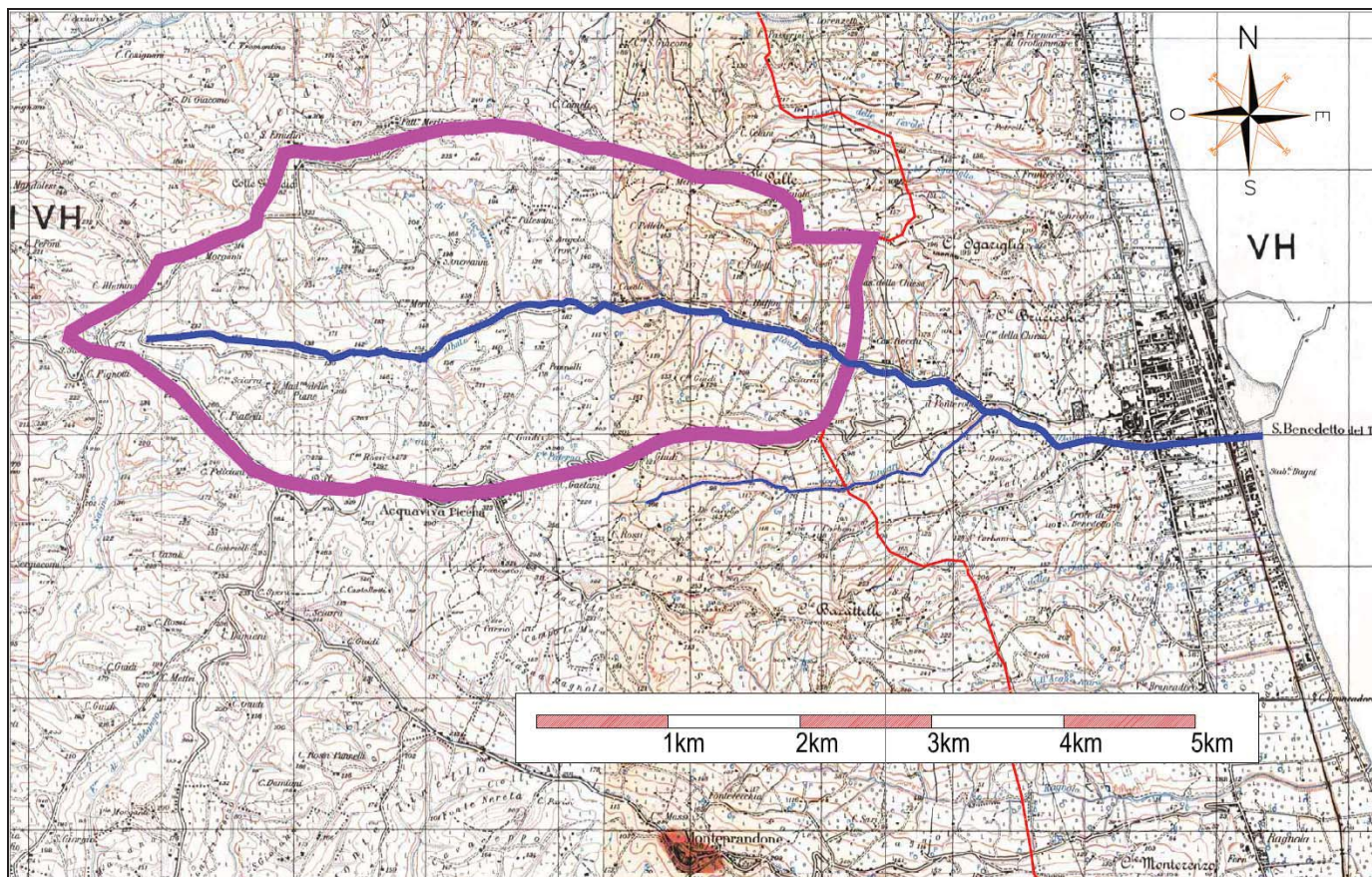


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio

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)
Torrente Albula / Sez. di studio	11.8	6	382	37

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		SPC. LA-E-83079
			Fg. 14 di 58	Rev. 0

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:

- 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 km²).

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 15 di 58 Rev. 0

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

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" (quantili)

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)
Torr. Albula / Sez. di studio	42.925° / 13.866°	11.8	57.5	64.1	66.8	83.3

In aggiunta, poiché nello specifico il bacino sotteso è inferiore a 50 kmq, per la valutazione delle portate si utilizzano anche gli algoritmi illustrati nel sottoparagrafo precedente. I risultati delle elaborazioni sono sintetizzati nella tabella seguente.

Tab.4.4/B: Portate al colmo di piena / Metodo "Regional. Marche" (algoritmi per Sup<50 kmq)

Corso d'acqua / Sezione Studio	Sup. Bacino (kmq)	Portata Indice (mc/s)	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)
Torrente Albula	11.8	17.8	48.6	57.1	66.4	79.9

I risultati di cui alla tabella precedente (Tab.4.4/B) risultano molto prossimi e comunque inferiori nei confronti di quelli valutati con il metodo dei quantili di cui alla Tab.4.4/A.

4.5 Portata di progetto

Dall'analisi di raffronto dei risultati conseguiti con le valutazioni dei quantili e quelli derivanti dagli algoritmi per bacini inferiori a 50 kmq, si evince che i primi determinano risultati di poco superiori.

In tal senso si adotta come portata di progetto quella associata ad un tempo di ritorno (TR) pari a 200 anni, di cui alla Tab. 4.4/A.

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)
T.Albula	Sez. di studio	11.8	66.8	5.66

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 16 di 58	Rev. 0

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:

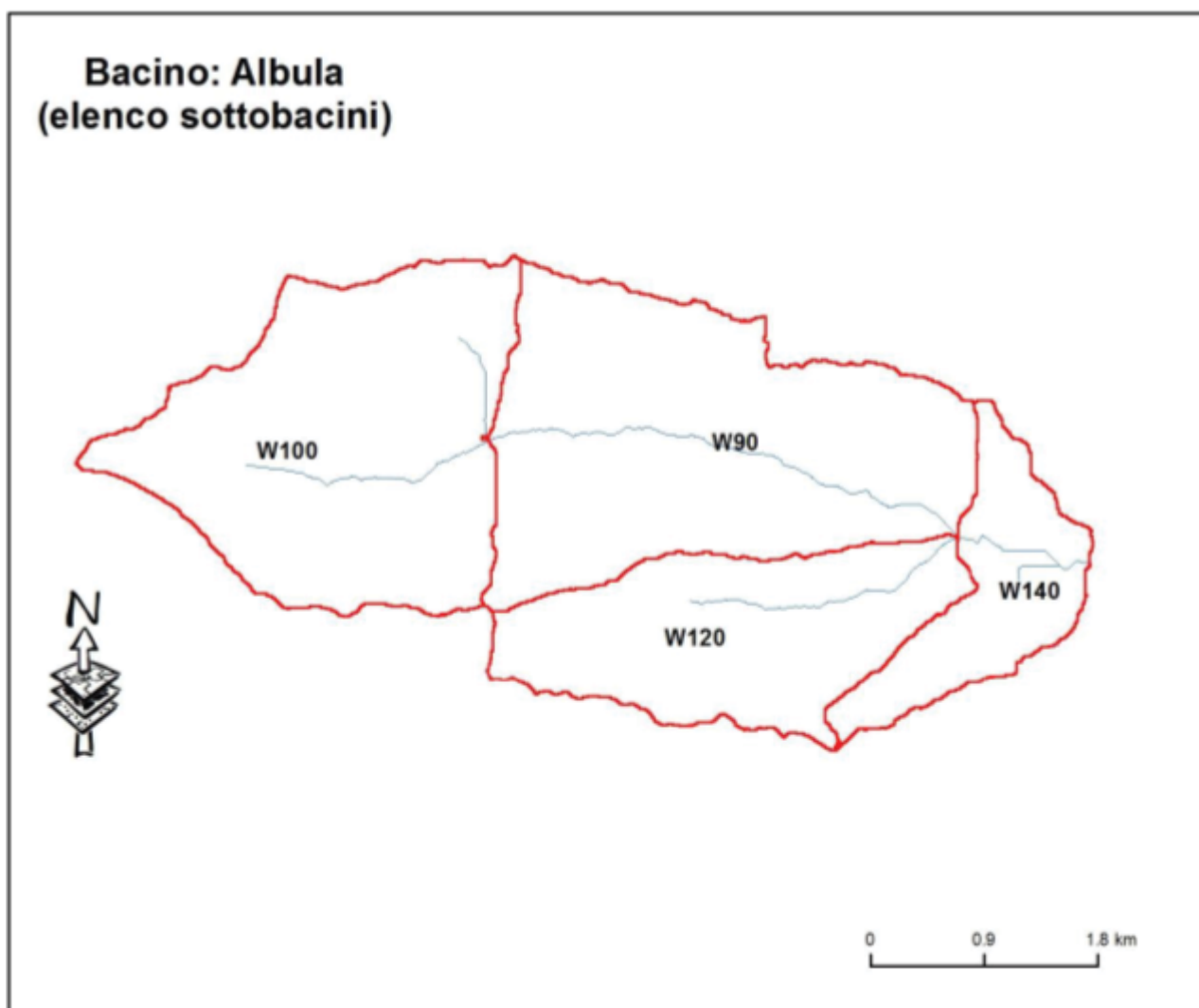


Fig.4.6/A: Studio Università di Camerino - Indicazione dei sottobacini

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 17 di 58	Rev. 0

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.

Il bacino dell'ambito in esame è interessato dai bacino W100 e W90 e pertanto ricade non lontano dalla junction J296 (confluenza fosso degli zingari).

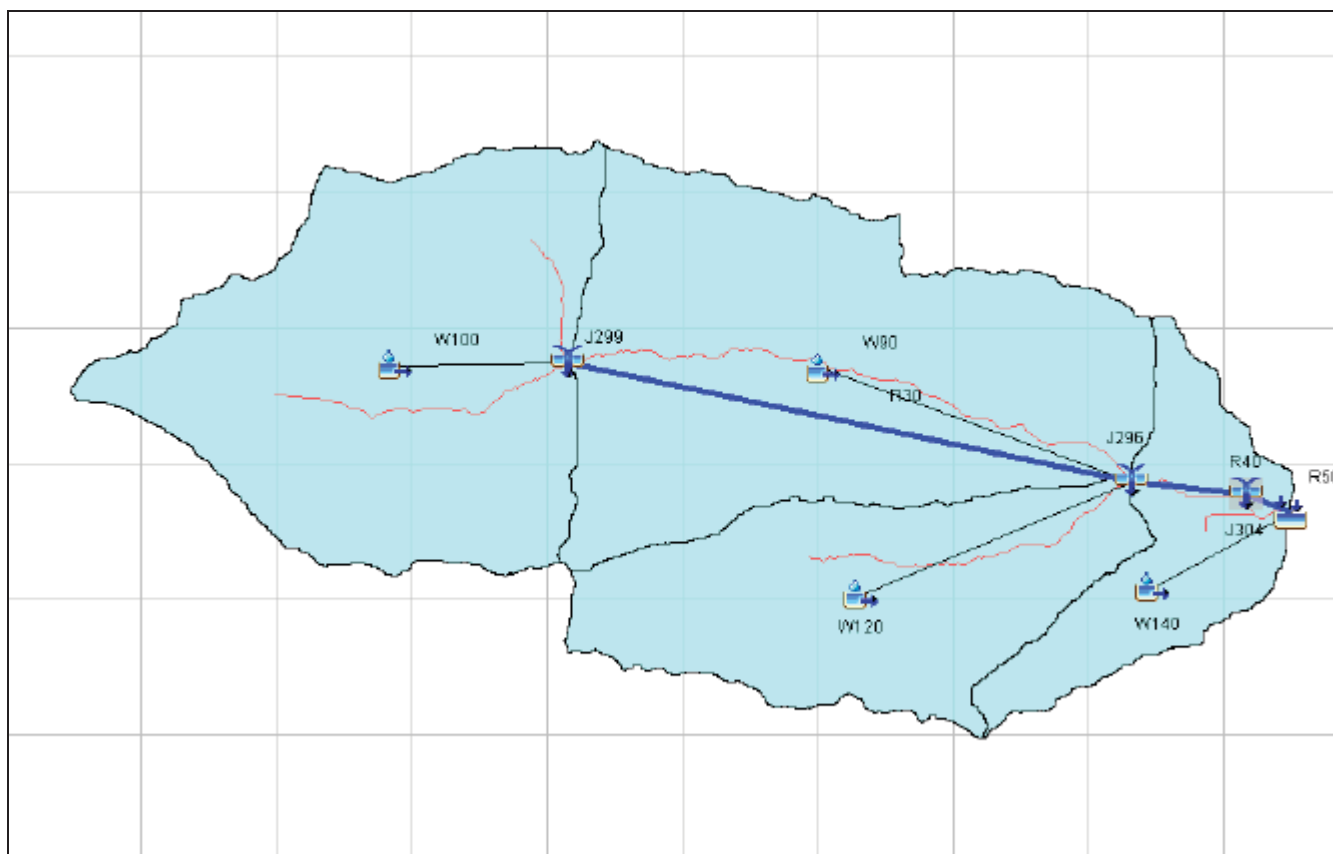


Fig.4.6/B: Indicazioni delle confluenze di studio nel corso d'acqua

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-83079	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 18 di 58	Rev. 0

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

Subbasin Junction	Q_{max50} (HEC- HMS) (m ³ /s)	Q_{max100} (HEC- HMS) (m ³ /s)	Q_{max200} (HEC-HMS) (m ³ /s)
W140	5.5	6.7	7.8
W120	4.8	6.1	7.4
W100	16.2	20.1	24
W90	10.1	12.7	15.2
Outlet1	32.5	40.5	48.5
J296	30.3	37.9	45.3
J299	16.2	20.1	24
J304	30.2	37.8	45.3

Esaminando la tabella precedente, si evince che in corrispondenza della confluenza di riferimento "J296" 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-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 19 di 58 Rev. 0

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-RAS¹, 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.

¹ 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		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 20 di 58 Rev. 0

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 220m.

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		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		SPC. LA-E-83079
			Fg. 21 di 58	Rev. 0

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	60.55	Sezione di monte
RS40	Sez.2	60.55	58.64	
RS30	Sez.3	119.19	40.33	
RS20	Sez.4	159.52	60.70	
RS10	Sez.5	220.22	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.

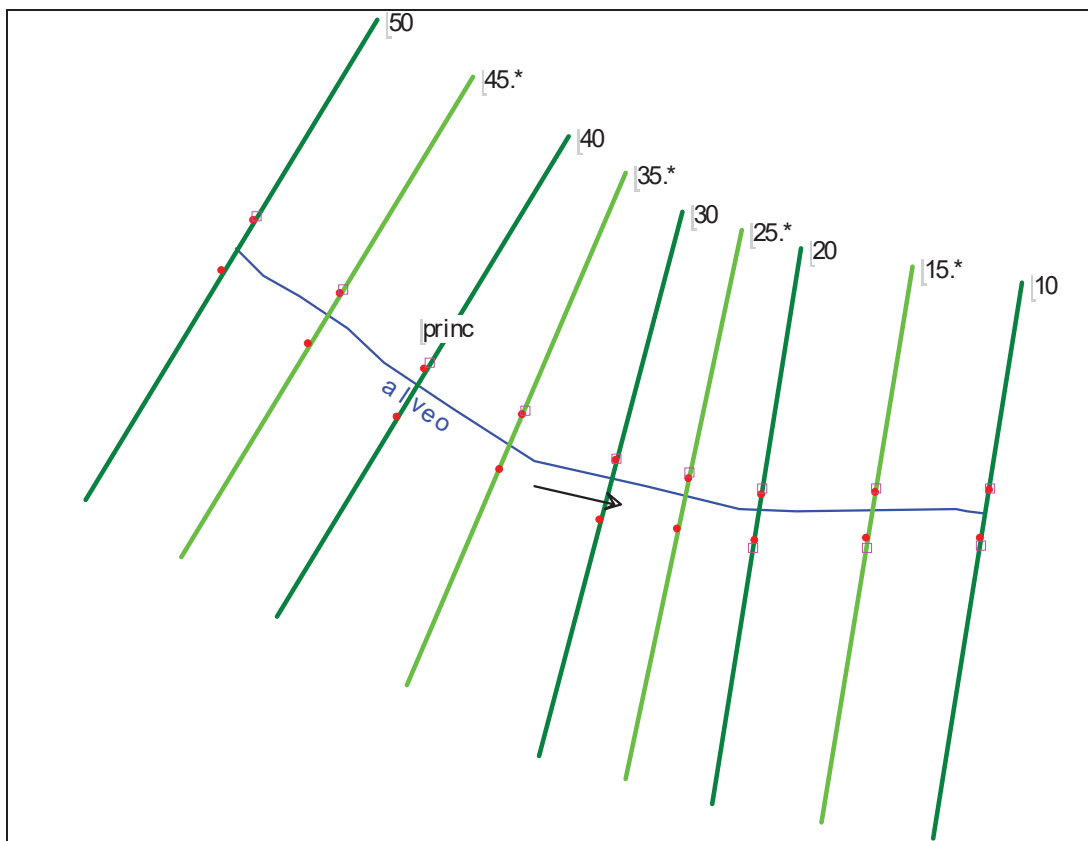


Fig.5.2/B: Modellazione geometrica in Hec-Ras (RS50 a monte e RS10 a valle)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 22 di 58 Rev. 0

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:

- $Q_{200} = 66,8 \text{ mc/s}$

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 condizione 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		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 23 di 58 Rev. 0

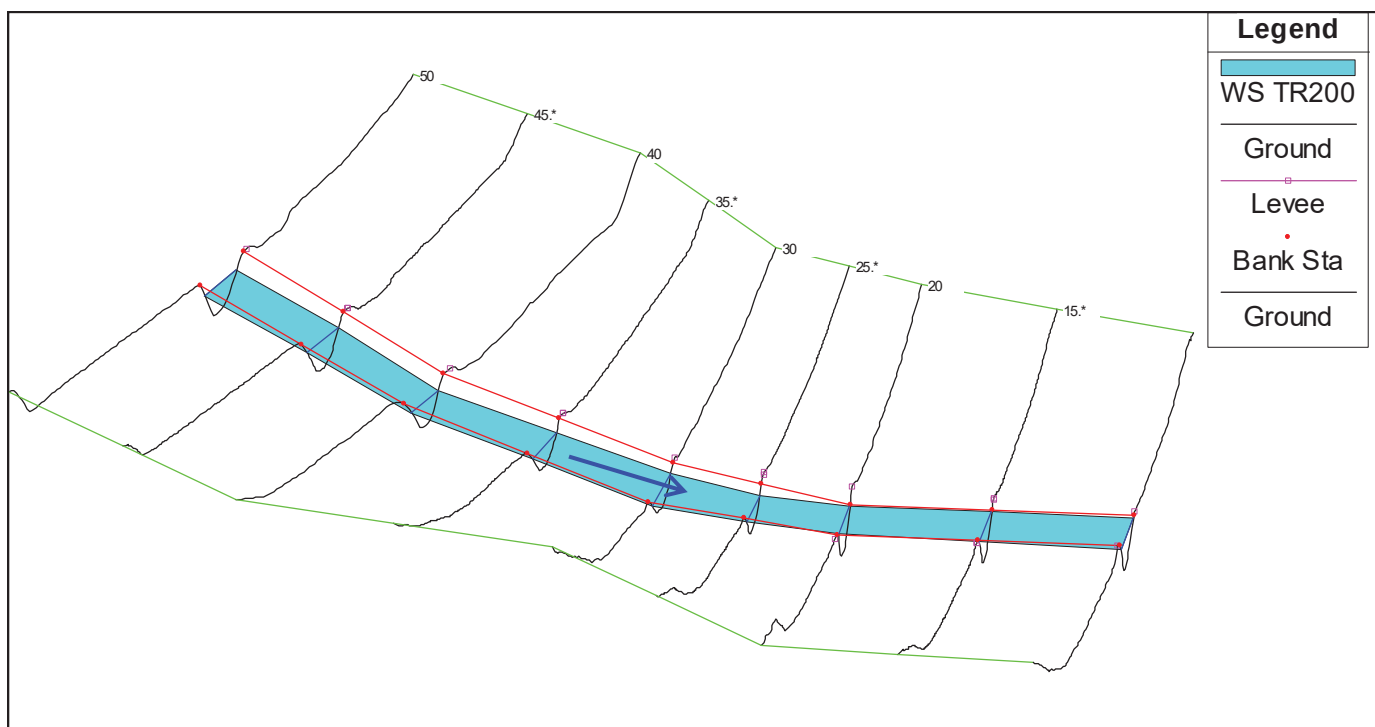


Fig.5.3/A: Schermata di Output del programma – visione prospettica (RS50: monte /RS10: valle)

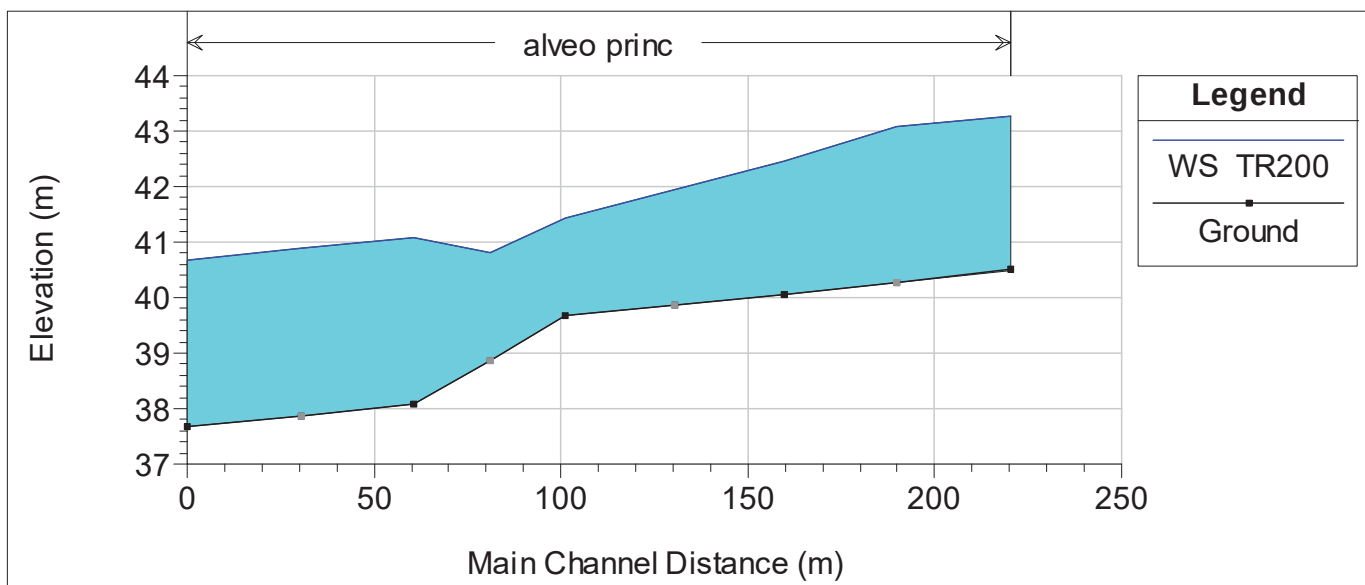


Fig.5.3/B: Schermata di Output del programma – Profilo longitudinale (RS50: monte /RS10: valle)

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 24 di 58 Rev. 0

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	66.8	40.5	43.27	42.83	43.75	0.005967	3.06	21.84	11.69	1.87	95.46	0.71
45.*	66.8	40.28	43.07	42.64	43.56	0.006191	3.1	21.53	11.6	1.86	98.47	0.73
40	66.8	40.06	42.46	42.46	43.27	0.012205	4	16.7	10.23	1.63	170.72	1
35.*	66.8	39.87	41.93	42.1	42.85	0.016078	4.25	15.72	11.41	1.38	200.32	1.16
30	66.8	39.67	41.44	41.63	42.35	0.018096	4.24	15.75	12.89	1.22	205.77	1.22
25.*	66.8	38.87	40.82	41.1	41.95	0.020583	4.7	14.22	10.58	1.34	247.72	1.29
20	66.8	38.07	41.08	40.53	41.56	0.005759	3.05	21.93	10.97	2	94.02	0.69
15.*	66.8	37.87	40.88	40.42	41.37	0.00627	3.09	21.59	11.61	1.86	98.35	0.72
10	66.8	37.67	40.68	40.27	41.18	0.006602	3.13	21.36	11.9	1.79	101.22	0.75

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;

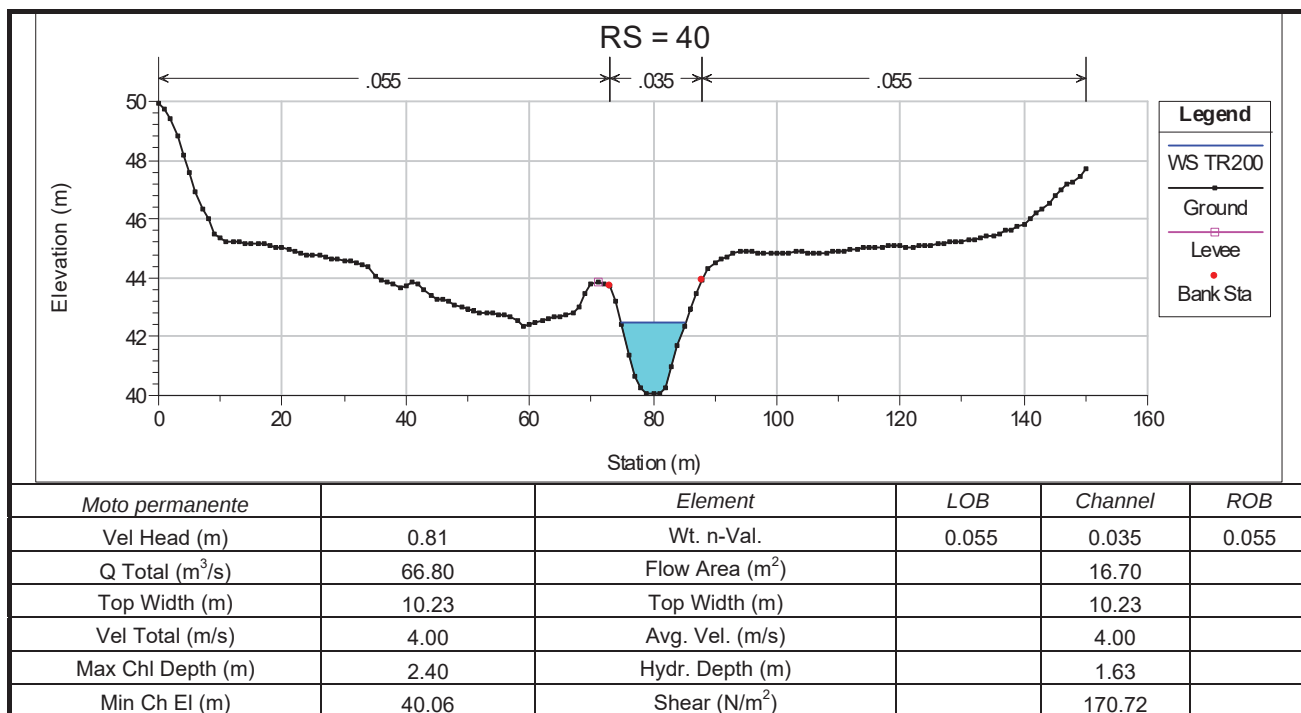
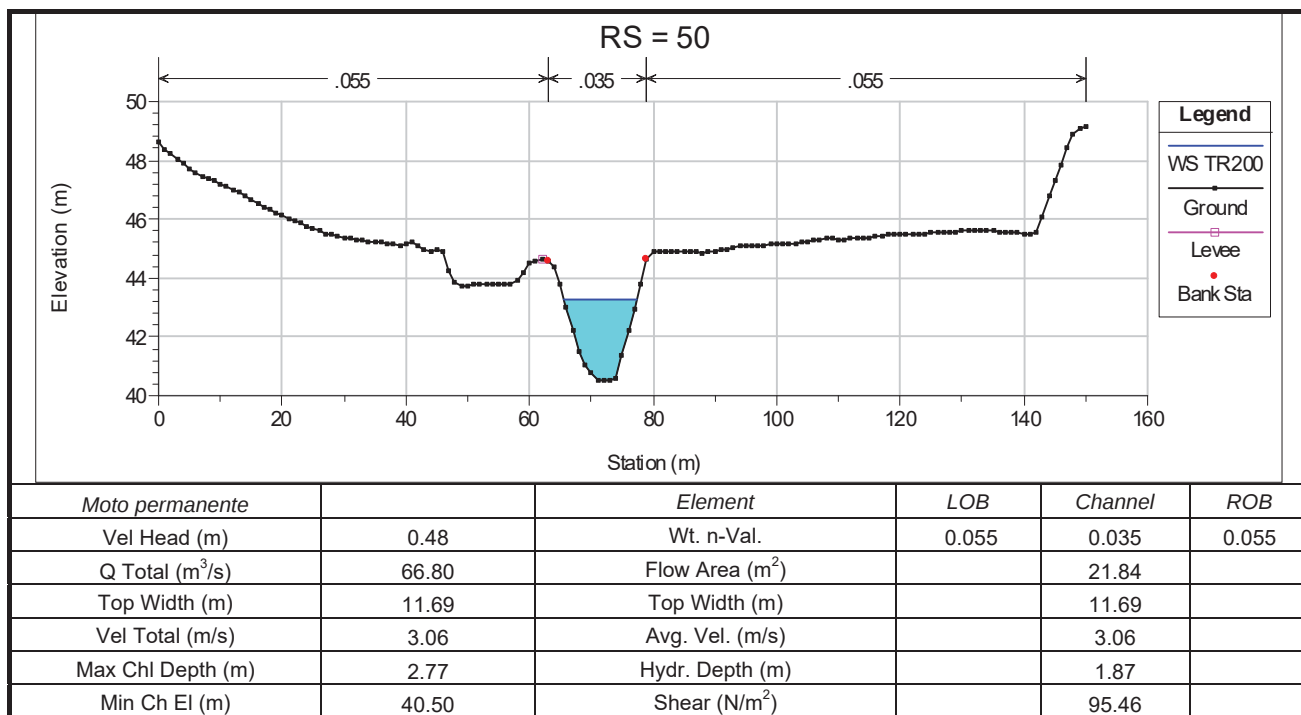
parametri globali di deflusso

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

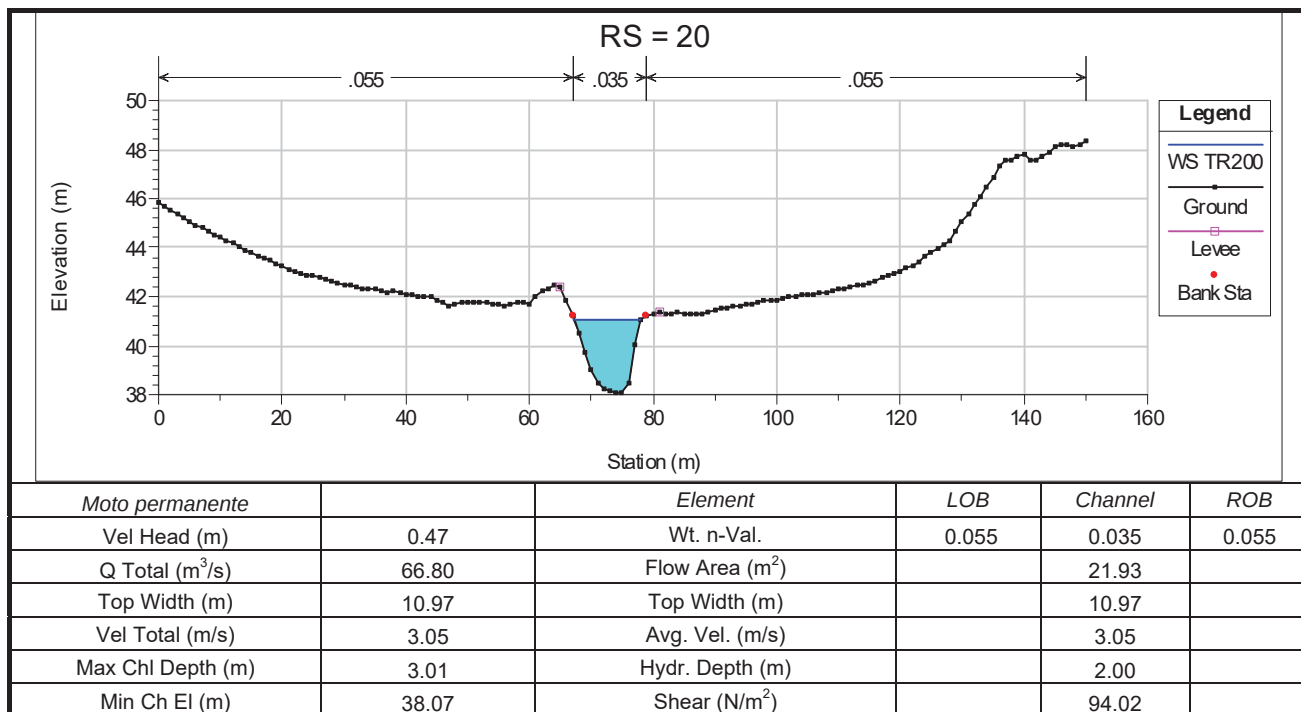
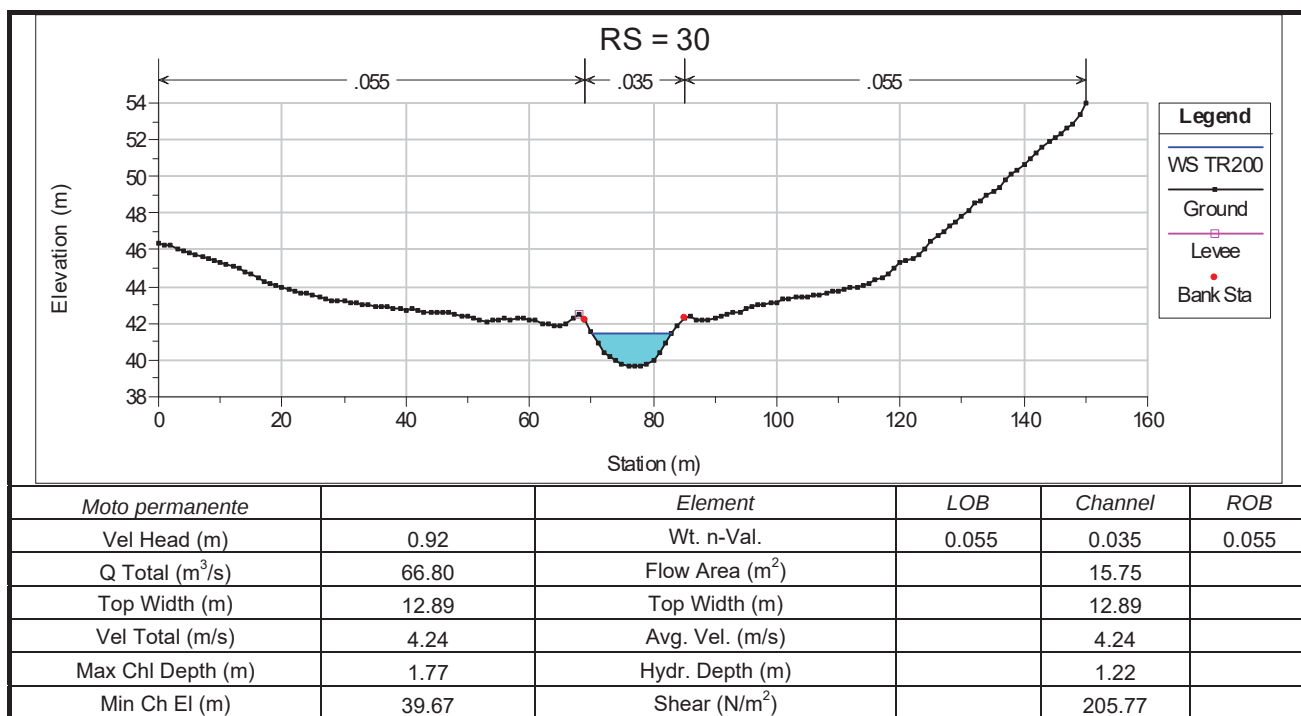
parametri parziali delle componenti di deflusso oltre i limiti di sponda (LeftOB, RightOB) e nell'alveo medio principale (Chan)

- 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;

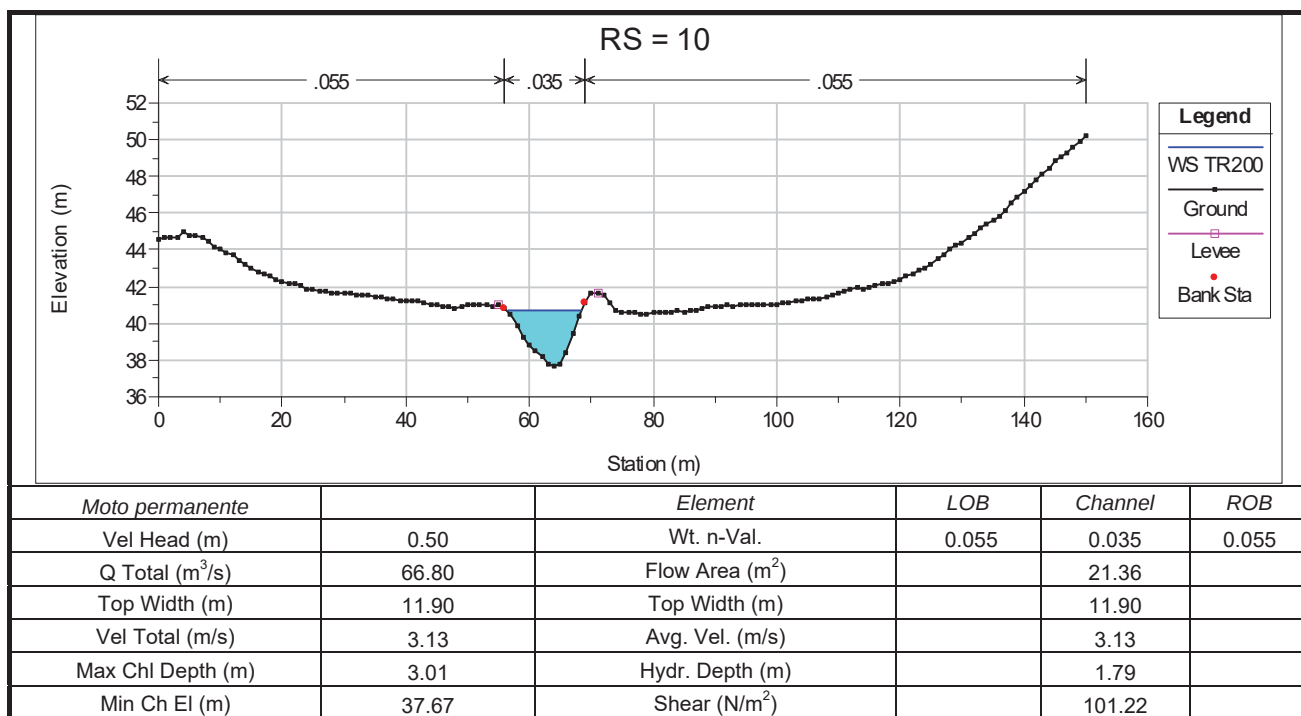
	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83079	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 25 di 58	Rev. 0



	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 26 di 58 Rev. 0



	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 27 di 58 Rev. 0



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 generale in grado di contenere pressappoco la portata di progetto (portata duecentennale), a tal proposito si guardi la Fig.5.3/A. Detti risultati peraltro appaiono in linea 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).

Le velocità di deflusso della corrente risultano generalmente variabili nell'ordine dei 3÷4.5 m/s, con tratti in condizione di corrente veloce ($FR > 1$) e tratti 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-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 28 di 58 Rev. 0

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-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 29 di 58 Rev. 0

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'erosione². 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 Schoklitsh³ 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.

² 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.

³ Schoklitsh A., "Stauration verlandung und kolkbewehr", Springer ed., Vienna, 1935.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 30 di 58 Rev. 0

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 studiate⁴ 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 Italia⁵, 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

- δ è il diametro delle particelle;
- τ_0 è la tensione tangenziale in alveo;
- γ_s è il peso specifico delle particelle (considerato 24 kN/m³);
- γ_w è il peso specifico dell'acqua, considerata, per semplicità, limpida.

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

⁵ 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-83079	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 31 di 58	Rev. 0

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 ³ /s)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Portata specifica (m ³ /s m)	Carico totale (m)	Approfond. Localizzati (m)	Arature di fondo (m)
50	66.8	3.06	11.69	1.87	5.71	2.35	1.28	0.94
45.*	66.8	3.1	11.6	1.86	5.76	2.35	1.28	0.93
40	66.8	4	10.23	1.63	6.53	2.45	1.35	0.82
35.*	66.8	4.25	11.41	1.38	5.85	2.30	1.28	0.69
30	66.8	4.24	12.89	1.22	5.18	2.14	1.20	0.61
25.*	66.8	4.7	10.58	1.34	6.31	2.47	1.35	0.67
20	66.8	3.05	10.97	2	6.09	2.47	1.33	1.00
15.*	66.8	3.09	11.61	1.86	5.75	2.35	1.28	0.93
10	66.8	3.13	11.9	1.79	5.61	2.29	1.26	0.90

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 ²)	Diametro limite clasti trasportati (m)
50	95.46	0.11
45.*	98.47	0.12
40	170.72	0.20
35.*	200.32	0.24
30	205.77	0.24
25.*	227.72	0.27
20	94.02	0.11
15.*	98.35	0.12
10	101.22	0.12

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83079	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 32 di 58	Rev. 0

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 alveo si attestano intorno a valori di poco inferiori a **1.5 m.**

La corrente, nel tratto in esame, inoltre risulta potenzialmente in grado di movimentare clasti del diametro dell'ordine dei 25 cm.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 33 di 58 Rev. 0

7 METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

7.1 Premessa

La definizione del progetto dell'attraversamento in esame è stata effettuata in riferimento a valutazioni di tipo geomorfologico, geotecnico ed idraulico, condotte nell'ambito specifico d'intervento.

In particolare, in considerazione delle caratteristiche del corso d'acqua e dei risultati delle valutazioni conseguite, sono state definite le scelte progettuali inerenti ai punti qui di seguito elencati:

- la metodologia costruttiva per la realizzazione dell'opera;
- La geometria di posa "in subalveo", con particolare riferimento alla quota di posa in subalveo;
- le caratteristiche tipologiche e dimensionali delle opere di difesa idraulica.

7.2 Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto

La scelta del sistema di posa in subalveo della condotta in attraversamenti di corsi d'acqua deve essere effettuata in modo da garantire la massima sicurezza dal punto di vista idraulico e geotecnico, sia nella fase operativa che a lungo termine, tanto per la condotta in progetto quanto per la configurazione d'alveo del corso d'acqua (fondo, sponde ed eventuali manufatti esistenti).

Nello specifico, l'insieme delle caratteristiche morfologiche, geologiche, geometriche ed idrauliche dell'ambito d'interferenza ha condotto all'individuazione del sistema di posa in subalveo della pipeline mediante la metodologia degli "scavi a cielo aperto".

Infatti, in attraversamenti, come quello in esame, che non necessitano dell'applicazione di differenti metodologie (per presenza di infrastrutture prossime alle sponde quali argini, strade, ferrovie e sottoservizi significativi), la posa di una condotta mediante scavi e successivi rinterri è il sistema più frequentemente utilizzato. Ciò in considerazione della sua versatilità costruttiva, della semplicità nell'organizzazione delle fasi di lavoro e della possibilità di adattare la geometria della condotta a quella della sezione di attraversamento. Inoltre, ostacoli incontrati nelle fasi di scavo, o variazioni di progetto in corso d'opera, generalmente non sono tali da inficiarne la fattibilità o la corretta esecuzione.

La metodologia esecutiva consiste sostanzialmente nelle seguenti fasi:

- nello scavo di una trincea lungo il profilo d'attraversamento fino al raggiungimento delle quote di posa;
- nel successivo alloggiamento della colonna di condotta (precedentemente preassemblata fuori dall'ambito fluviale) nel fondo-scavo;
- infine nel rinterro degli scavi, con il medesimo materiale di scavo (precedentemente accantonato), per il ripristino morfologico dell'area, ivi comprese la realizzazione e/o ripristino di eventuali opere di protezione idraulica.

In relazione alle specifiche caratteristiche idrauliche del corso d'acqua, al periodo climatico di esecuzione, ai volumi di deflusso attesi nel corso delle operazioni esecutive ed alla durata delle stesse, la sequenza operativa dei lavori può essere articolata con uno dei seguenti modi:

- lavori in continuità con quelli di linea; tale procedura riguarda l'attraversamento di corsi d'acqua "poco importanti" (in relazione all'aspetto idraulico, alla morfologia dei terreni e a rischi di tipo operativo) o caratterizzati da periodi di "secca" o di magra, anche se di breve durata; in tali condizioni i lavori di scavo, posa e rinterro

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83079	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 34 di 58	Rev. 0

della condotta vengono effettuati in continuità con quelli lungo la linea; in genere si tratta di torrenti, o canali, caratterizzati da modesti valori di portata, che pertanto non necessitano di una specifica struttura atta a consentirne il minimo deflusso, che può essere garantito mediante dispositivi ordinari;

- lavori per “fasi chiuse”; tale procedura prevede che si completi ogni fase prima dell’inizio della successiva; eseguendo in progressione scavo, posa della condotta e rinterri; questa sequenza viene adottata ogni qualvolta è necessario garantire lo smaltimento di un’eventuale portata non trascurabile, che dovesse manifestarsi durante la costruzione.

Preliminarmente alla fase di scavo verranno in generale realizzati dei by-pass, costituiti da tomboni e/o da argini, ture ecc., per consentire il normale deflusso delle acque.

Per i corsi d’acqua ampi e/o con deflusso significativo di acqua, i lavori verranno eseguiti per tratti successivi. In questo caso anche gli interventi temporanei di deviazione del flusso verranno adattati nel corso dei lavori, con lo scopo di operare sempre nelle condizioni favorevoli.

Al termine dei lavori, tutte le eventuali opere di deviazione e di regimentazione temporanea del deflusso idraulico verranno rimosse e sarà integralmente ripristinata la configurazione dell’alveo preesistente.

Si precisa inoltre che durante le fasi operative i mezzi ed il personale presenti in alveo saranno quelli strettamente necessari per l’esecuzione dei lavori, con deposito dei materiali e delle attrezzature fuori dall’ambito fluviale. Ciò con lo scopo di agevolare il rapido allontanamento dei mezzi e del personale dall’ambito fluviale in caso di manifestazione di un evento di piena significativo. In ogni caso le procedure di sicurezza connesse a sistemi di preallertamento e alle disposizioni operative in caso di manifestazione di eventi di piena verranno stabilite nel PSC.

I tempi operativi saranno quelli strettamente necessari per lo svolgimento dei lavori, individuando il periodo d’intervento in considerazione delle peculiarità idrologiche stagionali del corso d’acqua.

Si pone in evidenza infine che al completamento dei lavori necessari per dare l’opera finita, si ristabilirà l’originale conformazione plano-altimetrica delle aree interessate, senza alcuna modificazione della sezione idrica offerta al deflusso di piena. In tal modo, l’intervento in progetto non apporterà alterazioni alle condizioni geometriche ed idrauliche dell’alveo. Considerata inoltre la natura dei lavori, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza dei terreni e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della capacità di laminazione naturale dell’alveo e della portata naturalmente rilasciata a valle: l’opera risulta ininfluente sulle condizioni di smaltimento delle portate del corso d’acqua

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 35 di 58 Rev. 0

7.3 Prescrizioni sulla geometria della condotta ed interventi di ripristino

Le configurazioni di attraversamento in subalveo, allo stato attuale, sono state già progettualmente definite esclusivamente relativamente agli attraversamenti dei corsi d'acqua principali.

Nel caso in esame si sta analizzando un attraversamento relativo ad un torrente, il quale seppur caratterizzato da una significativa importanza, non rappresenta un corso d'acqua principale della Regione Marche e pertanto, per quanto detto, non è stato ancora definito il profilo di subalveo della condotta.

A tal proposito nel presente elaborato si stabiliscono i requisiti minimi da dover rispettare nella fase di progetto dell'attraversamento specifico.

Copertura di progetto

Relativamente al profilo di posa della condotta in progetto in subalveo dell'attraversamento in esame, in considerazione dei risultati delle stime dei fenomeni erosivi precedentemente riportati e delle condizioni peculiari rilevate nel contesto d'intervento, si prescrive una copertura minima in alveo 3 m (riferita alla profondità della generatrice superiore del tubo nei confronti della quota minima di fondo alveo).

Detta profondità di posa delle condotta, unitamente alle tipologie di opere di presidio d'alveo previste, assicurano la sicurezza dell'infrastruttura lineare per tutto il periodo d'esercizio nei confronti dei potenziali processi erosivi.

Interventi di ripristino

Le opere di difesa idraulica da realizzare nell'ambito fluviale in esame:

- Protezioni spondali in massi naturali e/o in legname da realizzare lungo le sponde dell'alveo del corso d'acqua per tutta la fascia interessata dai lavori. Nel caso specifico si ritiene che le opere debbano avere uno sviluppo longitudinale non inferiore ai 25m per ciascun lato;

Detti interventi assicureranno dunque il ripristino della configurazione morfologica d'alveo preesistente ed un'efficace funzione di stabilizzazione locale dell'alveo stesso (presidio idraulico spondale nei confronti dei potenziali fenomeni erosivi in concomitanza ad eventi di piena).

Le opere peraltro presentano caratteristiche tipologiche ottimali al fine di inserirsi nel contesto naturale esistente.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 36 di 58 Rev. 0

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.

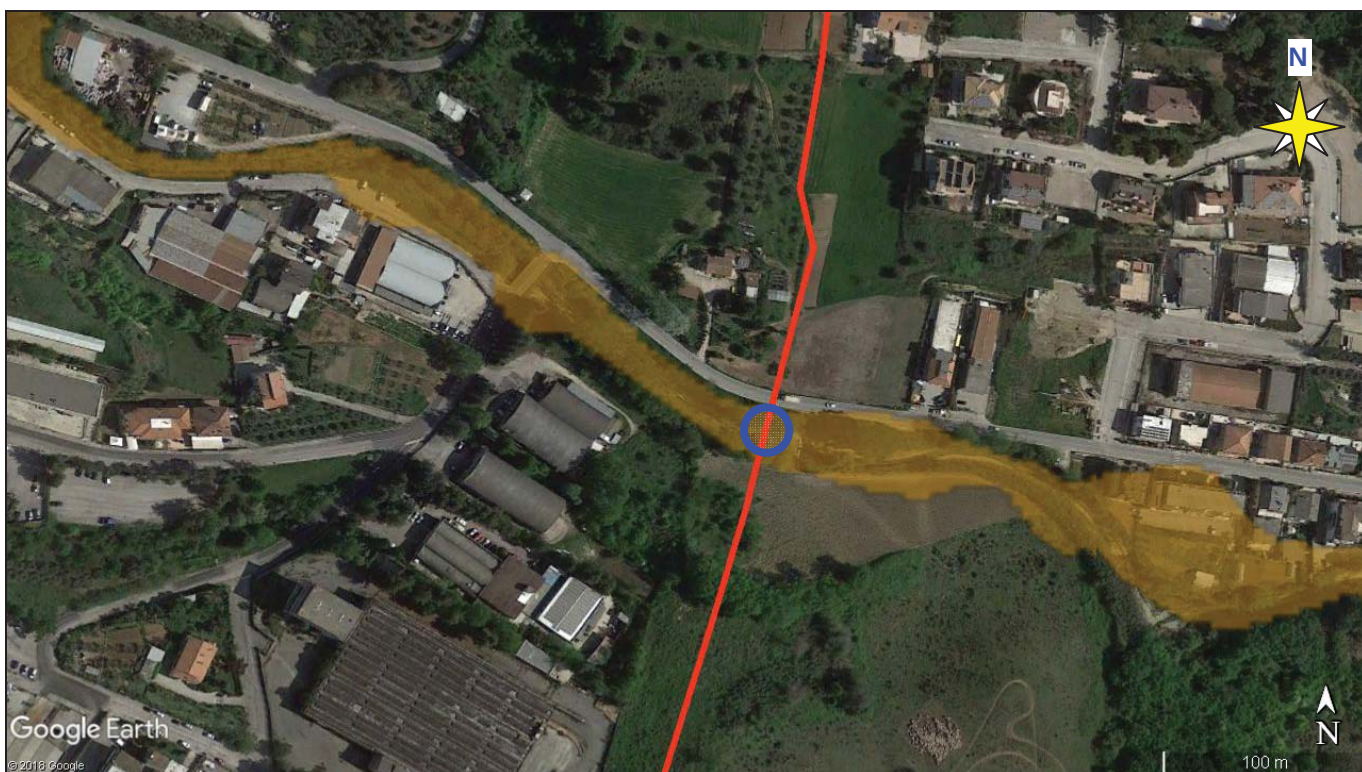
L'Art.9 disciplina gli interventi consentiti nelle aree inondabili.

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		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 37 di 58 Rev. 0

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 38 di 58 Rev. 0

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

Quindi, entrando più in dettaglio in merito agli aspetti connessi alla specifica interferenza idraulica in corrispondenza dell'alveo del corso d'acqua, 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 dell'alveo, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, verrà mantenuta praticamente invariata nei confronti della situazione preesistente. Le opere complementari (previste con tecniche di ingegneria naturalistica) sono infatti unicamente finalizzate al ripristino della configurazione originaria dell'alveo, oltre che al presidio idraulico dell'infrastruttura nei confronti di potenziali fenomeni erosivi in ambito locale da parte della corrente;
- La configurazione geometrica della pipeline 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.).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 39 di 58 Rev. 0

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 ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), 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 condotta 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 inciso, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, essendo questa localizzata in subalveo ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento, e garantendo con la realizzazione d'opere di ripristino le preesistenti caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.

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

Gli interventi previsti non costituiscono elementi d'interferenza con il regime idraulico naturale del corso d'acqua (quali restringimenti e/o modifiche dell'assetto longitudinale), in quanto le opere sono finalizzate al ripristino della configurazione originaria dell'alveo ed al presidio idraulico nei confronti di potenziali fenomeni erosivi. Le caratteristiche tipologiche delle opere previste si inseriscono perfettamente nel contesto naturale esistente.

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

Essendo l'opera del tutto interrata non saranno indotti effetti particolarmente impattanti con il contesto naturale della regione fluviale che possano pregiudicare in maniera "irreversibile" l'attuale assetto paesaggistico. Condizioni d'impatto sono limitate alle sole fasi di costruzione e per questo destinate a scomparire nel tempo, con la ricostituzione delle componenti naturalistiche ed ambientali.

Infine, relativamente ai brevissimi tratti di metanodotto ricadenti esternamente all'ambito di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua, ma comunque collocati all'interno della regione fluviale, si evidenzia quanto segue.

Queste interferenze riguardano porzioni di territorio che rappresentano delle aree di laminazione e/o di invaso del corso d'acqua in occasione di piene eccezionali ed in quanto tali, risultano degli ambiti di assoluta sicurezza per la condotta nei confronti dei processi di dinamica fluviale.

A tal proposito si mette in evidenza che l'intervento prevede il completo interrimento della tubazione (alla profondità di almeno 1,5 m nei confronti del piano campagna, salvo tratti a copertura maggiorata progettualmente stabiliti) e l'integrale ripristino morfologico e vegetazionale delle aree interessate dai lavori.

In detti ambiti non sono previste modifiche circa lo stato dei luoghi, trasformazioni del territorio e/o cambiamenti di destinazione d'uso dei fondi. Le uniche strutture visibili risulteranno essere le paline ed i cartelli indicatori e pertanto non si introdurranno interferenze idrauliche significative per la laminazione delle piene del corso d'acqua e/o riduzione della capacità di invaso, né tantomeno alterazioni all'eventuale deflusso in occasione delle piene eccezionali.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 40 di 58 Rev. 0

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-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 41 di 58 Rev. 0

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 torrente ALBULA, nell'ambito del territorio comunale di San Benedetto del Tronto.

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, è stata prevista l'adozione di un sistema di attraversamento mediante "scavi a cielo aperto", con posizionamento della condotta in progetto con coperture di sicurezza adeguatamente cautelative nei confronti dei potenziali processi erosivi.

In aggiunta sono state previste delle opere di protezione idraulica dell'alveo, con lo scopo di ripristinare la configurazione d'alveo esistente prima dell'inizio dei lavori. Gli interventi di progetto assicurano dunque il ripristino della configurazione d'alveo preesistente e garantiscono inoltre le adeguate condizioni di sicurezza della condotta, per tutto il periodo di esercizio.

Le opere previste non costituiscono elementi di interferenza con il regime idraulico naturale del corso d'acqua e non determinano delle variazioni significative all'assetto plano-altimetrico preesistente del corso d'acqua (quali restringimenti e/o modifiche dell'assetto longitudinale). Le stesse opere sono state scelte con caratteristiche tipologiche ottimali al fine di inserirsi nel contesto naturale esistente.

Nell'analisi delle interferenze tra la linea in progetto con le aree di pericolosità idraulica censite dal PAI, si rileva che in corrispondenza dell'ambito di attraversamento fluviale in esame, il metanodotto in progetto interferisce con un'area inondabile del corso d'acqua a Rischio idraulico elevato (R3), alla quale è associato un livello di pericolosità "elevata – molto elevata".

In tal senso, nel presente studio di compatibilità, 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 attraversamento possano essere ritenute COMPATIBILI con le disposizioni contenute nelle Norme del Piano.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 42 di 58	Rev. 0

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 addotte 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);
- Λ , coefficiente di attrito di Chezy ($m^{1/2}/s$);

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 43 di 58 Rev. 0

- g , accelerazione di gravità (m/s^2);
- h , altezza del pelo libero rispetto ad un livello di riferimento orizzontale (m);
- Q , portata (m^3/s);
- R , raggio idraulico (m);
- α , coefficiente di distribuzione della quantità di moto;
- q , portata laterale addotta (m^2/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),
- α_2 e α_1 i coefficienti di Coriolis di ragguaglio delle potenze cinetiche,
- g l'accelerazione di gravità,
- ΔH 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		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 44 di 58 Rev. 0

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-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 45 di 58 Rev. 0

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 ΔH ; 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		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 46 di 58 Rev. 0

- 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 1 rispettivamente le sezioni di monte e di valle del tratto considerato, si esprime come

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

dove:

- il primo ed il quinto termine rappresentano le spinte idrodinamiche dovute alle quantità di moto (con β coefficiente di ragguglio 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.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83079	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 47 di 58	Rev. 0

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
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  XXXXXX      XXXX      X      X      X      XXXXX

```

PROJECT DATA

Project Title: Albula
Project File : Albula.prj
Run Date and Time: 12/08/2018 08:51:19

Project in SI units

PLAN DATA

Plan Title: Plan 01
Plan File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\9Albula\Albula.p01

Geometry Title: Albula
Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\9Albula\Albula.g01

Flow Title : Albula
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\9Albula\Albula.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: Albula
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\9Albula\Albula.f01

Flow Data (m3/s)

River	Reach	RS	TR200
-------	-------	----	-------

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83079	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 48 di 58	Rev. 0

alveo princ 50 66.8

Boundary Conditions

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
alveo	princ	TR200	Normal S = 0.0072	Normal S = 0.0066

GEOMETRY DATA

Geometry Title: Albula

Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\9Albula\Albula.g01

CROSS SECTION

RIVER: alveo

REACH: princ RS: 50

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num= 151							
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	48.6	1	48.38	2	48.24	3	48.06	4	47.89
5	47.72	6	47.57	7	47.48	8	47.38	9	47.32
10	47.21	11	47.13	12	47.02	13	46.91	14	46.81
15	46.69	16	46.56	17	46.43	18	46.37	19	46.24
20	46.17	21	46.04	22	45.97	23	45.87	24	45.75
25	45.69	26	45.62	27	45.51	28	45.48	29	45.45
30	45.37	31	45.35	32	45.3	33	45.29	34	45.23
35	45.23	36	45.21	37	45.19	38	45.16	39	45.13
40	45.17	41	45.2	42	45.09	43	44.94	44	44.93
45	44.97	46	44.87	47	44.25	48	43.84	49	43.72
50	43.74	51	43.77	52	43.8	53	43.8	54	43.79
55	43.77	56	43.77	57	43.8	58	43.89	59	44.19
60	44.5	61	44.6	62	44.64	63	44.59	64	44.35
65	43.81	66	43	67	42.19	68	41.49	69	41.04
70	40.8	71	40.53	72	40.5	73	40.52	74	40.61
75	41.35	76	42.21	77	42.96	78	43.82	79	44.63
80	44.87	81	44.89	82	44.9	83	44.92	84	44.92
85	44.92	86	44.87	87	44.87	88	44.85	89	44.88
90	44.92	91	44.94	92	44.98	93	45.05	94	45.08
95	45.12	96	45.11	97	45.1	98	45.11	99	45.14
100	45.15	101	45.17	102	45.16	103	45.19	104	45.21
105	45.24	106	45.27	107	45.28	108	45.33	109	45.35
110	45.29	111	45.32	112	45.35	113	45.35	114	45.37
115	45.35	116	45.44	117	45.45	118	45.52	119	45.51
120	45.5	121	45.47	122	45.48	123	45.51	124	45.52
125	45.54	126	45.55	127	45.56	128	45.57	129	45.58
130	45.59	131	45.6	132	45.61	133	45.63	134	45.63
135	45.61	136	45.58	137	45.58	138	45.57	139	45.53
140	45.49	141	45.52	142	45.57	143	46.08	144	46.77
145	47.33	146	47.87	147	48.42	148	48.92	149	49.09
150	49.18								

Manning's n Values

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.055	63	.035	79	.055

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff Contr.	Expan.
63	79	30.275	30.275	30.275	.1	.3
Left Levee	Station=	62	Elevation=	44.64		

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	43.75	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.48	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	43.27	Reach Len. (m)	30.27	30.27	30.27

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 49 di 58 Rev. 0

Crit W.S. (m)	42.83	Flow Area (m2)	21.84	
E.G. Slope (m/m)	0.005967	Area (m2)	21.84	
Q Total (m3/s)	66.80	Flow (m3/s)	66.80	
Top Width (m)	11.69	Top Width (m)	11.69	
Vel Total (m/s)	3.06	Avg. Vel. (m/s)	3.06	
Max Chl Dpth (m)	2.77	Hydr. Depth (m)	1.87	
Conv. Total (m3/s)	864.8	Conv. (m3/s)	864.8	
Length Wtd. (m)	30.27	Wetted Per. (m)	13.39	
Min Ch El (m)	40.50	Shear (N/m2)	95.46	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	2968.43
Frctn Loss (m)	0.18	Cum Volume (1000 m3)	4.15	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	2.51	

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ

RS: 45.*

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num=		295					
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	49.275	.932	49.075	1.079	49.032	1.863	48.834	2.159	48.726
2.795	48.482	3.238	48.288	3.726	48.077	4.317	47.833	4.658	47.693
5.397	47.385	5.589	47.307	6.476	46.969	6.521	46.953	7.452	46.744
7.556	46.713	8.384	46.462	8.635	46.426	9.315	46.341	9.714	46.304
10.247	46.243	10.794	46.212	11.178	46.196	11.873	46.166	12.11	46.153
12.952	46.101	13.041	46.095	13.973	46.048	14.032	46.045	14.904	46.005
15.111	45.993	15.836	45.945	16.19	45.915	16.767	45.865	17.27	45.816
17.699	45.774	18.349	45.725	18.63	45.712	19.429	45.669	19.562	45.657
20.493	45.571	20.508	45.57	21.425	45.52	21.587	45.51	22.356	45.439
22.667	45.413	23.288	45.38	23.746	45.36	24.219	45.333	24.825	45.292
25.151	45.267	25.905	45.209	26.082	45.2	26.984	45.151	27.014	45.149
27.945	45.104	28.063	45.099	28.877	45.049	29.143	45.029	29.808	45.006
30.222	44.982	30.74	44.953	31.302	44.921	31.671	44.891	32.381	44.747
32.603	44.708	33.46	44.645	33.534	44.638	34.466	44.592	34.54	44.586
35.397	44.541	35.619	44.527	36.329	44.465	36.698	44.459	37.26	44.465
37.778	44.507	38.192	44.536	38.857	44.505	39.123	44.493	39.937	44.398
40.055	44.383	40.986	44.275	41.016	44.273	41.918	44.212	42.095	44.209
42.849	44.219	43.175	44.206	43.781	44.178	44.254	44.165	44.712	44.122
45.333	44.063	45.644	44.028	46.413	43.946	46.575	43.939	47.492	43.905
47.507	43.905	48.438	43.903	48.571	43.904	49.37	43.858	49.651	43.84
50.301	43.643	50.73	43.513	51.233	43.41	51.81	43.297	52.164	43.275
52.889	43.216	53.096	43.212	53.968	43.154	54.027	43.151	54.959	43.069
55.048	43.071	55.89	43.097	56.127	43.114	56.822	43.155	57.206	43.159
57.753	43.162	58.286	43.183	58.685	43.196	59.365	43.212	59.616	43.22
60.444	43.224	60.548	43.226	61.479	43.269	61.524	43.272	62.411	43.347
62.603	43.377	63.342	43.563	63.683	43.688	64.274	43.91	64.762	44.059
65.205	44.151	65.841	44.204	66.137	44.22	66.921	44.231	67.068	44.227
68	44.15	68.833	43.857	69.25	43.635	69.667	43.372	70.5	42.71
71.333	41.955	71.75	41.605	72.167	41.31	73	40.845	73.833	40.605
74.25	40.478	74.667	40.372	75.5	40.28	76	40.28	76.938	40.294
77.071	40.311	77.875	40.439	78.143	40.55	78.812	41.031	79.214	41.326
79.75	41.75	80.286	42.145	80.688	42.421	81.357	42.866	81.625	43.057
82.429	43.616	82.562	43.706	83.5	44.27	84.437	44.56	84.573	44.586
85.373	44.681	85.645	44.711	86.31	44.746	86.718	44.769	87.246	44.8
87.79	44.825	88.183	44.843	88.863	44.875	89.12	44.886	89.935	44.898
90.056	44.896	90.993	44.9	91.008	44.9	91.93	44.869	92.081	44.867
92.866	44.862	93.153	44.861	93.803	44.881	94.226	44.89	94.739	44.888
95.298	44.892	95.676	44.9	96.371	44.926	96.613	44.937	97.444	44.958
97.549	44.96	98.486	44.985	98.516	44.985	99.423	44.988	99.589	44.989
100.359	44.989	100.661	44.992	101.296	44.98	101.734	44.977	102.232	44.992
102.806	45.003	103.169	45.003	103.879	45.008	104.106	45.009	104.952	45
105.042	45.001	105.979	45.029	106.024	45.03	106.915	45.052	107.097	45.058
107.852	45.077	108.169	45.085	108.789	45.107	109.242	45.117	109.725	45.125
110.315	45.146	110.662	45.161	111.387	45.183	111.599	45.184	112.46	45.152
112.535	45.15	113.472	45.165	113.532	45.166	114.408	45.192	114.605	45.195
115.345	45.205	115.677	45.214	116.282	45.226	116.75	45.225	117.218	45.222
117.823	45.254	118.155	45.261	118.895	45.244	119.092	45.246	119.968	45.283

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 50 di 58 Rev. 0

120.028	45.287	120.965	45.317	121.04	45.32	121.901	45.307	122.113	45.302
122.838	45.283	123.185	45.282	123.775	45.299	124.258	45.318	124.711	45.331
125.331	45.343	125.648	45.352	126.403	45.378	126.585	45.383	127.476	45.405
127.521	45.405	128.458	45.41	128.548	45.41	129.394	45.435	129.621	45.441
130.331	45.448	130.694	45.452	131.268	45.474	131.766	45.493	132.204	45.505
132.839	45.523	133.141	45.526	133.911	45.538	134.077	45.545	134.984	45.57
135.014	45.571	135.951	45.596	136.056	45.598	136.887	45.593	137.129	45.595
137.824	45.631	138.202	45.648	138.761	45.674	139.274	45.689	139.697	45.719
140.347	45.766	140.634	45.781	141.419	45.853	141.57	45.867	142.492	45.965
142.507	45.966	143.444	46.309	143.565	46.365	144.38	46.745	144.637	46.847
145.317	47.113	145.71	47.263	146.254	47.471	146.782	47.675	147.19	47.816
147.855	48.027	148.127	48.12	148.927	48.253	149.063	48.281	150	48.435

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val
0 .055 68 .035 83.5 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
68 83.5 30.275 30.275 30.275 .1 .3
Left Levee Station= 66.5 Elevation= 44.235

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	43.56	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.49	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	43.07	Reach Len. (m)	30.27	30.27	30.27
Crit W.S. (m)	42.64	Flow Area (m2)		21.53	
E.G. Slope (m/m)	0.006191	Area (m2)		21.53	
Q Total (m3/s)	66.80	Flow (m3/s)		66.80	
Top Width (m)	11.60	Top Width (m)		11.60	
Vel Total (m/s)	3.10	Avg. Vel. (m/s)		3.10	
Max Chl Dpth (m)	2.79	Hydr. Depth (m)		1.86	
Conv. Total (m3/s)	849.0	Conv. (m3/s)		849.0	
Length Wtd. (m)	30.27	Wetted Per. (m)		13.27	
Min Ch El (m)	40.28	Shear (N/m2)		98.47	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	3183.88	0.00
Frctn Loss (m)	0.26	Cum Volume (1000 m3)		3.49	
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)		2.16	

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 40

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num=	151						
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	49.95	1	49.74	2	49.39	3	48.83	4	48.17
5	47.55	6	46.92	7	46.34	8	46	9	45.52
10	45.34	11	45.22	12	45.21	13	45.2	14	45.18
15	45.18	16	45.18	17	45.16	18	45.11	19	45.04
20	45.01	21	44.96	22	44.9	23	44.86	24	44.8
25	44.76	26	44.74	27	44.7	28	44.66	29	44.61
30	44.58	31	44.56	32	44.52	33	44.44	34	44.36
35	44.05	36	43.93	37	43.88	38	43.79	39	43.68
40	43.7	41	43.85	42	43.78	43	43.58	44	43.39
45	43.29	46	43.28	47	43.17	48	43.09	49	43.01
50	42.94	51	42.88	52	42.84	53	42.82	54	42.79
55	42.76	56	42.75	57	42.7	58	42.56	59	42.37
60	42.4	61	42.51	62	42.53	63	42.61	64	42.67
65	42.68	66	42.74	67	42.82	68	43.03	69	43.46
70	43.76	71	43.83	72	43.82	73	43.71	74	43.19
75	42.42	76	41.37	77	40.65	78	40.29	79	40.06
80	40.06	81	40.07	82	40.29	83	40.99	84	41.72
85	42.35	86	42.94	87	43.49	88	43.91	89	44.3
90	44.53	91	44.63	92	44.73	93	44.83	94	44.92
95	44.93	96	44.88	97	44.83	98	44.85	99	44.82
100	44.82	101	44.84	102	44.85	103	44.87	104	44.88
105	44.83	106	44.86	107	44.85	108	44.84	109	44.87

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 51 di 58 Rev. 0

110	44.9	111	44.92	112	44.96	113	44.98	114	45.02
115	45.01	116	45.01	117	45.04	118	45.07	119	45.09
120	45.1	121	45.04	122	45.05	123	45.13	124	45.11
125	45.09	126	45.14	127	45.17	128	45.22	129	45.26
130	45.26	131	45.31	132	45.32	133	45.39	134	45.44
135	45.45	136	45.51	137	45.59	138	45.61	139	45.72
140	45.83	141	46.03	142	46.19	143	46.36	144	46.56
145	46.77	146	46.97	147	47.17	148	47.28	149	47.44
150	47.69								

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 73 .035 88 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
73 88 29.32 29.32 29.32 .1 .3
Left Levee Station= 71 Elevation= 43.83

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	43.27	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.81	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	42.46	Reach Len. (m)	29.32	29.32	29.32
Crit W.S. (m)	42.46	Flow Area (m2)		16.70	
E.G. Slope (m/m)	0.012205	Area (m2)		16.70	
Q Total (m3/s)	66.80	Flow (m3/s)		66.80	
Top Width (m)	10.23	Top Width (m)		10.23	
Vel Total (m/s)	4.00	Avg. Vel. (m/s)		4.00	
Max Chl Dpth (m)	2.40	Hydr. Depth (m)		1.63	
Conv. Total (m3/s)	604.7	Conv. (m3/s)		604.7	
Length Wtd. (m)	29.32	Wetted Per. (m)		11.71	
Min Ch El (m)	40.06	Shear (N/m2)		170.72	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	3399.33	0.00
Frctn Loss (m)	0.35	Cum Volume (1000 m3)		2.92	
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)		1.83	

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 35.*

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num=	289						
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	48.175	.973	48.023	1.029	48.01	1.945	47.805	2.058	47.768
2.918	47.462	3.087	47.393	3.89	47.065	4.116	46.978	4.863	46.715
5.145	46.614	5.836	46.343	6.174	46.219	6.808	45.99	7.203	45.896
7.781	45.764	8.232	45.629	8.753	45.477	9.261	45.408	9.726	45.347
10.29	45.29	10.699	45.237	11.319	45.192	11.671	45.178	12.348	45.152
12.644	45.131	13.377	45.077	13.616	45.056	14.406	44.995	14.589	44.983
15.435	44.925	15.562	44.913	16.464	44.821	16.534	44.815	17.493	44.715
17.507	44.714	18.479	44.618	18.522	44.614	19.452	44.541	19.551	44.532
20.425	44.463	20.58	44.45	21.397	44.389	21.609	44.376	22.37	44.334
22.638	44.317	23.342	44.254	23.667	44.228	24.315	44.193	24.696	44.176
25.288	44.147	25.725	44.121	26.26	44.081	26.754	44.045	27.233	44.019
27.783	43.986	28.205	43.963	28.812	43.936	29.178	43.925	29.841	43.908
30.151	43.896	30.87	43.86	31.123	43.849	31.899	43.798	32.096	43.787
32.928	43.741	33.068	43.732	33.957	43.568	34.041	43.553	34.986	43.467
35.014	43.464	35.986	43.421	36.014	43.419	36.959	43.361	37.043	43.355
37.932	43.288	38.072	43.286	38.904	43.275	39.101	43.285	39.877	43.326
40.13	43.311	40.849	43.271	41.159	43.233	41.822	43.168	42.188	43.134
42.795	43.054	43.217	43.018	43.767	42.979	44.246	42.968	44.74	42.958
45.275	42.92	45.712	42.897	46.304	42.876	46.685	42.849	47.333	42.803
47.658	42.787	48.362	42.755	48.63	42.742	49.391	42.712	49.603	42.695
50.42	42.638	50.575	42.63	51.449	42.591	51.548	42.587	52.478	42.541
52.521	42.537	53.493	42.461	53.507	42.46	54.466	42.441	54.536	42.438
55.438	42.441	55.565	42.436	56.411	42.391	56.594	42.377	57.384	42.312
57.623	42.319	58.356	42.319	58.652	42.332	59.329	42.377	59.681	42.384
60.301	42.39	60.71	42.407	61.274	42.425	61.739	42.434	62.247	42.435

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 52 di 58 Rev. 0

62.768	42.423	63.219	42.383	63.797	42.348	64.192	42.352	64.826	42.366
65.164	42.377	65.855	42.445	66.137	42.475	66.884	42.64	67.11	42.7
67.913	42.859	68.082	42.911	68.942	43.076	69.055	43.088	69.971	43.145
70.027	43.137	71	42.94	71.875	42.42	72.167	42.252	72.75	41.853
73.333	41.487	73.625	41.269	74.5	40.765	75.375	40.405	75.667	40.283
76.25	40.13	76.833	40.017	77.125	39.976	78	39.865	78.5	39.865
79.5	39.895	80.5	40.035	81.5	40.495	82.5	41.08	83.5	41.645
84.5	42.185	85.5	42.7	86.5	43.085	87.477	43.356	87.524	43.359
88.454	43.354	88.548	43.363	89.431	43.388	89.573	43.4	90.408	43.471
90.597	43.487	91.385	43.553	91.621	43.582	92.362	43.668	92.645	43.692
93.338	43.723	93.669	43.737	94.315	43.744	94.694	43.747	95.292	43.75
95.718	43.768	96.269	43.81	96.742	43.839	97.246	43.858	97.766	43.879
98.223	43.905	98.79	43.92	99.2	43.934	99.815	43.962	100.177	43.977
100.839	44	101.154	44.013	101.863	44.064	102.131	44.081	102.887	44.116
103.108	44.12	103.911	44.116	104.085	44.123	104.935	44.144	105.062	44.144
105.96	44.158	106.038	44.16	106.984	44.189	107.015	44.19	107.992	44.225
108.008	44.226	108.969	44.274	109.032	44.277	109.946	44.314	110.056	44.319
110.923	44.367	111.081	44.38	111.9	44.438	112.105	44.443	112.877	44.47
113.129	44.485	113.854	44.511	114.153	44.525	114.831	44.56	115.177	44.58
115.808	44.624	116.202	44.66	116.785	44.714	117.226	44.747	117.762	44.785
118.25	44.848	118.738	44.907	119.274	44.995	119.715	45.052	120.298	45.119
120.692	45.177	121.323	45.212	121.669	45.244	122.347	45.308	122.646	45.322
123.371	45.393	123.623	45.418	124.395	45.556	124.6	45.6	125.419	45.771
125.577	45.802	126.444	45.939	126.554	45.958	127.468	46.092	127.531	46.101
128.492	46.258	128.508	46.26	129.485	46.39	129.516	46.395	130.462	46.578
130.54	46.592	131.438	46.734	131.565	46.758	132.415	46.944	132.589	46.966
133.392	47.06	133.613	47.098	134.369	47.214	134.637	47.251	135.346	47.366
135.661	47.409	136.323	47.506	136.685	47.581	137.3	47.691	137.71	47.758
138.277	47.875	138.734	47.961	139.254	48.058	139.758	48.175	140.231	48.306
140.782	48.447	141.208	48.548	141.806	48.681	142.185	48.766	142.831	48.932
143.162	49.022	143.855	49.175	144.138	49.239	144.879	49.41	145.115	49.463
145.903	49.621	146.092	49.658	146.927	49.868	147.069	49.898	147.952	50.067
148.046	50.087	148.976	50.417	149.023	50.436	150	50.825		

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 71 .035 86.5 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
71 86.5 29.32 29.32 29.32 .1 .3
Left Levee Station= 69.5 Elevation= 43.15

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	42.85	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.92	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	41.93	Reach Len. (m)	29.32	29.32	29.32
Crit W.S. (m)	42.10	Flow Area (m2)		15.72	
E.G. Slope (m/m)	0.016078	Area (m2)		15.72	
Q Total (m3/s)	66.80	Flow (m3/s)		66.80	
Top Width (m)	11.41	Top Width (m)		11.41	
Vel Total (m/s)	4.25	Avg. Vel. (m/s)		4.25	
Max Chl Dpth (m)	2.07	Hydr. Depth (m)		1.38	
Conv. Total (m3/s)	526.8	Conv. (m3/s)		526.8	
Length Wtd. (m)	29.32	Wetted Per. (m)		12.37	
Min Ch El (m)	39.87	Shear (N/m2)		200.32	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	3327.51	0.00
Frctn Loss (m)	0.41	Cum Volume (1000 m3)		2.44	
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)		1.51	

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 30

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 151					
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev					
0 46.4 1 46.3 2 46.21 3 46.07 4 45.93					

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 53 di 58 Rev. 0

5	45.86	6	45.72	7	45.59	8	45.48	9	45.39
10	45.31	11	45.17	12	45.1	13	44.97	14	44.81
15	44.67	16	44.48	17	44.32	18	44.19	19	44.06
20	43.95	21	43.86	22	43.79	23	43.67	24	43.6
25	43.52	26	43.41	27	43.34	28	43.28	29	43.25
30	43.19	31	43.14	32	43.11	33	43.06	34	43
35	42.96	36	42.93	37	42.89	38	42.84	39	42.79
40	42.75	41	42.76	42	42.69	43	42.65	44	42.62
45	42.63	46	42.57	47	42.55	48	42.53	49	42.43
50	42.36	51	42.29	52	42.16	53	42.13	54	42.19
55	42.23	56	42.26	57	42.23	58	42.25	59	42.25
60	42.23	61	42.17	62	41.98	63	41.94	64	41.92
65	41.92	66	42.01	67	42.33	68	42.47	69	42.17
70	41.52	71	40.9	72	40.38	73	40.16	74	39.98
75	39.79	76	39.72	77	39.67	78	39.72	79	39.78
80	40	81	40.44	82	40.94	83	41.43	84	41.91
85	42.26	86	42.43	87	42.2	88	42.16	89	42.23
90	42.3	91	42.44	92	42.52	93	42.59	94	42.65
95	42.78	96	42.88	97	42.99	98	43.04	99	43.11
100	43.17	101	43.29	102	43.37	103	43.41	104	43.43
105	43.47	106	43.54	107	43.58	108	43.65	109	43.71
110	43.78	111	43.9	112	43.93	113	44.01	114	44.11
115	44.22	116	44.37	117	44.49	118	44.72	119	45.03
120	45.31	121	45.41	122	45.52	123	45.73	124	46.1
125	46.46	126	46.74	127	46.98	128	47.26	129	47.52
130	47.85	131	48.15	132	48.51	133	48.69	134	48.98
135	49.24	136	49.45	137	49.78	138	50.08	139	50.34
140	50.69	141	51	142	51.28	143	51.62	144	51.86
145	52.11	146	52.31	147	52.61	148	52.88	149	53.42
150	53.96								

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.055	69	.035	85	.055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.

69	85	20.165	20.165	20.165	.1	.3
----	----	--------	--------	--------	----	----

Left Levee Station= 68 Elevation= 42.47

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	42.35	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.92	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	41.44	Reach Len. (m)	20.16	20.16	20.16
Crit W.S. (m)	41.63	Flow Area (m2)		15.75	
E.G. Slope (m/m)	0.018096	Area (m2)		15.75	
Q Total (m3/s)	66.80	Flow (m3/s)		66.80	
Top Width (m)	12.89	Top Width (m)		12.89	
Vel Total (m/s)	4.24	Avg. Vel. (m/s)		4.24	
Max Chl Dpth (m)	1.77	Hydr. Depth (m)		1.22	
Conv. Total (m3/s)	496.6	Conv. (m3/s)		496.6	
Length Wtd. (m)	20.16	Wetted Per. (m)		13.58	
Min Ch El (m)	39.67	Shear (N/m2)		205.77	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	3255.69	0.00
Frctn Loss (m)	0.50	Cum Volume (1000 m3)		1.98	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		1.15	

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 25.*

INPUT

Description:

Station	Elevation	Data	num=	287						
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	
0	46.12	.986	45.992	1.015	45.989	1.971	45.86	2.03	45.851	
2.957	45.73	3.045	45.719	3.942	45.584	4.06	45.571	4.928	45.48	
5.075	45.46	5.913	45.334	6.09	45.308	6.899	45.207	7.104	45.184	
7.884	45.098	8.119	45.074	8.87	44.981	9.134	44.949	9.855	44.888	

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 54 di 58 Rev. 0

10.149	44.854	10.841	44.757	11.164	44.724	11.826	44.654	12.179	44.607
12.812	44.524	13.194	44.469	13.797	44.381	14.209	44.326	14.783	44.251
15.224	44.182	15.768	44.095	16.239	44.027	16.754	43.962	17.254	43.907
17.739	43.851	18.269	43.79	18.725	43.738	19.284	43.679	19.71	43.628
20.299	43.563	20.696	43.525	21.313	43.473	21.681	43.446	22.328	43.381
22.667	43.342	23.343	43.281	23.652	43.262	24.358	43.216	24.638	43.199
25.373	43.144	25.623	43.123	26.388	43.073	26.609	43.054	27.403	42.991
27.594	42.979	28.418	42.942	28.58	42.934	29.433	42.874	29.565	42.865
30.448	42.813	30.551	42.809	31.463	42.786	31.536	42.784	32.478	42.741
32.522	42.738	33.493	42.665	33.507	42.665	34.493	42.63	34.507	42.63
35.478	42.61	35.522	42.609	36.464	42.576	36.537	42.573	37.449	42.519
37.552	42.512	38.435	42.503	38.567	42.502	39.42	42.456	39.582	42.451
40.406	42.427	40.597	42.413	41.391	42.381	41.612	42.376	42.377	42.345
42.627	42.336	43.362	42.325	43.642	42.326	44.348	42.323	44.657	42.311
45.333	42.247	45.672	42.222	46.319	42.17	46.687	42.141	47.304	42.105
47.701	42.065	48.29	42.047	48.716	42.04	49.275	42.034	49.731	42.029
50.261	42.01	50.746	41.978	51.246	41.955	51.761	41.957	52.232	41.943
52.776	41.952	53.217	41.965	53.791	41.977	54.203	41.975	54.806	41.969
55.188	41.975	55.821	41.965	56.174	41.951	56.836	41.942	57.159	41.958
57.851	41.985	58.145	41.988	58.866	41.988	59.13	41.986	59.881	41.967
60.116	41.955	60.896	41.865	61.101	41.871	61.91	41.959	62.087	41.978
62.925	42.076	63.072	42.079	63.94	42.1	64.058	42.11	64.955	42.231
65.043	42.233	65.97	42.365	66.029	42.358	66.985	42.153	67.014	42.146
68	41.68	69	41.02	70	40.33	71	39.685	72	39.32
73	39.105	74	38.99	75	38.91	76	38.87	76.75	39.003
77.5	39.14	78.25	39.635	79	40.24	79.75	40.745	80.5	41.245
81.25	41.533	82	41.755	82.958	41.873	83.046	41.88	83.915	41.789
84.092	41.763	84.873	41.715	85.138	41.718	85.831	41.763	86.185	41.784
86.789	41.82	87.231	41.823	87.746	41.845	88.277	41.866	88.704	41.871
89.323	41.905	89.662	41.921	90.369	41.956	90.62	41.967	91.415	42.007
91.577	42.02	92.462	42.117	92.535	42.124	93.493	42.204	93.508	42.205
94.451	42.26	94.554	42.267	95.408	42.3	95.6	42.31	96.366	42.356
96.646	42.372	97.324	42.409	97.692	42.43	98.282	42.479	98.738	42.515
99.239	42.544	99.785	42.585	100.197	42.608	100.831	42.63	101.155	42.638
101.877	42.645	102.113	42.65	102.923	42.678	103.07	42.685	103.969	42.762
104.028	42.766	104.986	42.789	105.015	42.792	105.944	42.871	106.062	42.874
106.901	42.889	107.108	42.898	107.859	42.935	108.154	42.948	108.817	42.993
109.2	43.027	109.775	43.053	110.246	43.07	110.732	43.099	111.292	43.143
111.69	43.179	112.338	43.22	112.648	43.241	113.385	43.295	113.606	43.316
114.431	43.401	114.563	43.413	115.477	43.479	115.521	43.485	116.479	43.62
116.523	43.628	117.437	43.815	117.569	43.843	118.394	44.005	118.615	44.049
119.352	44.13	119.662	44.158	120.31	44.219	120.708	44.257	121.268	44.336
121.754	44.415	122.225	44.528	122.8	44.663	123.183	44.751	123.846	44.927
124.141	44.994	124.892	45.162	125.099	45.204	125.938	45.383	126.056	45.411
126.985	45.608	127.014	45.614	127.972	45.793	128.031	45.805	128.93	46.022
129.077	46.077	129.887	46.366	130.123	46.453	130.845	46.739	131.169	46.849
131.803	47.01	132.215	47.116	132.761	47.286	133.262	47.441	133.718	47.577
134.308	47.77	134.676	47.882	135.354	48.109	135.634	48.219	136.4	48.504
136.592	48.572	137.446	48.811	137.549	48.838	138.492	48.97	138.507	48.972
139.465	49.188	139.538	49.202	140.423	49.361	140.585	49.366	141.38	49.381
141.631	49.422	142.338	49.555	142.677	49.635	143.296	49.751	143.723	49.831
144.254	49.933	144.769	50.052	145.211	50.142	145.815	50.244	146.169	50.321
146.862	50.413	147.127	50.444	147.908	50.521	148.085	50.561	148.954	50.812
149.042	50.838	150	51.15						

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .055 68 .035 82 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
68 82 20.165 20.165 20.165 .1 .3
Left Levee Station= 66.5 Elevation= 42.445

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	41.95	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.12	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	40.82	Reach Len. (m)	20.16	20.16	20.16
Crit W.S. (m)	41.10	Flow Area (m2)		14.22	
E.G. Slope (m/m)	0.020583	Area (m2)		14.22	
Q Total (m3/s)	66.80	Flow (m3/s)		66.80	

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 55 di 58	Rev. 0

Top Width (m)	10.58	Top Width (m)	10.58
Vel Total (m/s)	4.70	Avg. Vel. (m/s)	4.70
Max Chl Dpth (m)	1.95	Hydr. Depth (m)	1.34
Conv. Total (m3/s)	465.6	Conv. (m3/s)	465.6
Length Wtd. (m)	20.16	Wetted Per. (m)	11.58
Min Ch El (m)	38.87	Shear (N/m2)	247.72
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68
Frctn Loss (m)	0.39	Cum Volume (1000 m3)	3183.88
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	1.68
			0.92

CROSS SECTION

RIVER: alveo

REACH: princ RS: 20

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num= 151							
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	45.84	1	45.68	2	45.5	3	45.38	4	45.22
5	45.08	6	44.92	7	44.8	8	44.69	9	44.53
10	44.44	11	44.3	12	44.16	13	44.03	14	43.9
15	43.78	16	43.65	17	43.56	18	43.46	19	43.36
20	43.23	21	43.13	22	43.05	23	42.94	24	42.89
25	42.85	26	42.79	27	42.69	28	42.63	29	42.55
30	42.48	31	42.46	32	42.42	33	42.33	34	42.3
35	42.29	36	42.26	37	42.19	38	42.22	39	42.15
40	42.08	41	42.07	42	42.03	43	42.03	44	42.01
45	41.88	46	41.74	47	41.64	48	41.68	49	41.73
50	41.73	51	41.77	52	41.74	53	41.74	54	41.69
55	41.69	56	41.64	57	41.72	58	41.74	59	41.75
60	41.71	61	41.97	62	42.23	63	42.28	64	42.46
65	42.42	66	41.84	67	41.19	68	40.52	69	39.76
70	38.99	71	38.48	72	38.23	73	38.19	74	38.1
75	38.07	76	38.5	77	40.04	78	41.06	79	41.25
80	41.33	81	41.34	82	41.26	83	41.32	84	41.37
85	41.32	86	41.27	87	41.3	88	41.33	89	41.37
90	41.46	91	41.53	92	41.54	93	41.57	94	41.62
95	41.67	96	41.72	97	41.76	98	41.83	99	41.86
100	41.86	101	41.89	102	41.99	103	42	104	42.1
105	42.08	106	42.11	107	42.13	108	42.19	109	42.23
110	42.31	111	42.34	112	42.38	113	42.44	114	42.47
115	42.53	116	42.64	117	42.76	118	42.88	119	42.96
120	43.04	121	43.16	122	43.27	123	43.45	124	43.62
125	43.81	126	43.96	127	44.08	128	44.24	129	44.65
130	45.08	131	45.4	132	45.73	133	46.06	134	46.45
135	46.9	136	47.31	137	47.57	138	47.6	139	47.71
140	47.77	141	47.55	142	47.6	143	47.74	144	47.88
145	48.09	146	48.23	147	48.21	148	48.15	149	48.21
150	48.34								

Manning's n Values		num= 3	
Sta	n Val	Sta	n Val
0	.055	67	.035
		79	.055

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff Contr.	Expan.
	67	79		30.35	30.35	.1	.3
Left Levee	Station=		65	Elevation=	42.42		
Right Levee	Station=		81	Elevation=	41.34		

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	41.56	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.47	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	41.08	Reach Len. (m)	30.35	30.35	30.35
Crit W.S. (m)	40.53	Flow Area (m2)		21.93	
E.G. Slope (m/m)	0.005759	Area (m2)		21.93	
Q Total (m3/s)	66.80	Flow (m3/s)		66.80	
Top Width (m)	10.97	Top Width (m)		10.97	
Vel Total (m/s)	3.05	Avg. Vel. (m/s)		3.05	

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 56 di 58	Rev. 0

Max Chl Dpth (m)	3.01	Hydr. Depth (m)	2.00		
Conv. Total (m3/s)	880.3	Conv. (m3/s)	880.3		
Length Wtd. (m)	30.35	Wetted Per. (m)	13.17		
Min Ch El (m)	38.07	Shear (N/m2)	94.02		
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	3112.07	3878.11
Frctn Loss (m)	0.18	Cum Volume (1000 m3)		1.31	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		0.70	

CROSS SECTION

RIVER: alveo

REACH: princ

RS: 15.*

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num= 290									
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	45.225	.918	45.183	1.098	45.172	1.836	45.11	2.196	45.091		
2.754	45.047	3.295	44.993	3.672	45.015	4.393	45.065	4.59	45.027		
5.491	44.841	5.507	44.84	6.425	44.776	6.589	44.765	7.343	44.693		
7.688	44.65	8.261	44.535	8.786	44.449	9.179	44.38	9.884	44.236		
10.097	44.206	10.982	44.083	11.015	44.078	11.933	43.954	12.08	43.935		
12.851	43.827	13.179	43.784	13.769	43.681	14.277	43.589	14.687	43.513		
15.375	43.401	15.604	43.367	16.473	43.233	16.522	43.226	17.44	43.11		
17.571	43.091	18.358	42.967	18.67	42.923	19.276	42.865	19.768	42.824		
20.194	42.78	20.866	42.7	21.112	42.673	21.964	42.607	22.03	42.602		
22.948	42.536	23.062	42.526	23.866	42.474	24.161	42.449	24.784	42.384		
25.259	42.344	25.701	42.304	26.357	42.236	26.619	42.214	27.455	42.148		
27.537	42.143	28.455	42.108	28.554	42.103	29.373	42.066	29.652	42.046		
30.291	42.003	30.75	41.988	31.209	41.98	31.848	41.977	32.127	41.974		
32.946	41.957	33.045	41.954	33.963	41.906	34.045	41.906	34.881	41.905		
35.143	41.89	35.799	41.856	36.241	41.833	36.716	41.806	37.339	41.792		
37.634	41.787	38.438	41.763	38.552	41.757	39.47	41.736	39.536	41.734		
40.388	41.702	40.634	41.678	41.306	41.609	41.732	41.562	42.224	41.509		
42.83	41.457	43.142	41.44	43.929	41.457	44.06	41.459	44.978	41.475		
45.027	41.475	45.896	41.479	46.125	41.485	46.813	41.466	47.223	41.438		
47.731	41.411	48.321	41.39	48.649	41.384	49.42	41.349	49.567	41.34		
50.485	41.311	50.518	41.309	51.403	41.261	51.616	41.264	52.321	41.289		
52.714	41.289	53.239	41.312	53.812	41.333	54.157	41.343	54.911	41.344		
55.075	41.342	55.993	41.485	56.009	41.487	56.91	41.627	57.107	41.635		
57.828	41.639	58.205	41.667	58.746	41.715	59.304	41.698	59.664	41.703		
60.402	41.497	60.582	41.424	61.5	41.015	62.5	40.505	63.5	39.835		
64.5	39.14	65.5	38.655	66.5	38.36	67.5	38.17	68.5	37.96		
69.5	37.87	70.4	38.077	70.625	38.209	71.3	38.937	71.75	39.487		
72.2	39.934	72.875	40.607	73.1	40.749	74	41.21	74.938	41.485		
75.07	41.493	75.877	41.514	76.141	41.491	76.815	41.405	77.211	41.297		
77.753	41.185	78.282	41.087	78.691	41.01	79.352	40.983	79.63	40.959		
80.423	40.953	80.568	40.952	81.493	40.915	81.506	40.915	82.444	40.898		
82.563	40.901	83.383	40.916	83.634	40.927	84.321	40.958	84.704	40.973		
85.259	41.008	85.775	41.03	86.198	41.044	86.845	41.072	87.136	41.076		
87.915	41.097	88.074	41.102	88.986	41.105	89.012	41.106	89.951	41.148		
90.056	41.152	90.889	41.184	91.127	41.199	91.827	41.241	92.197	41.27		
92.765	41.311	93.268	41.333	93.704	41.359	94.338	41.387	94.642	41.394		
95.408	41.413	95.58	41.415	96.479	41.401	96.519	41.401	97.457	41.444		
97.549	41.446	98.395	41.5	98.62	41.506	99.333	41.498	99.69	41.506		
100.272	41.542	100.761	41.57	101.21	41.571	101.831	41.565	102.148	41.569		
102.901	41.584	103.086	41.587	103.972	41.604	104.025	41.606	104.963	41.653		
105.042	41.659	105.901	41.721	106.113	41.731	106.84	41.777	107.183	41.803		
107.778	41.833	108.254	41.827	108.716	41.824	109.324	41.858	109.654	41.879		
110.394	41.943	110.593	41.958	111.465	42.003	111.531	42.007	112.469	42.083		
112.535	42.089	113.407	42.185	113.606	42.206	114.346	42.286	114.676	42.316		
115.284	42.369	115.746	42.39	116.222	42.403	116.817	42.444	117.16	42.468		
117.887	42.549	118.099	42.577	118.958	42.662	119.037	42.669	119.975	42.692		
120.028	42.699	120.914	42.839	121.099	42.869	121.852	42.985	122.169	43.034		
122.79	43.135	123.239	43.216	123.728	43.294	124.31	43.381	124.667	43.43		
125.38	43.535	125.605	43.572	126.451	43.725	126.543	43.753	127.481	44.082		
127.521	44.094	128.42	44.375	128.592	44.434	129.358	44.655	129.662	44.737		
130.296	44.913	130.732	45.022	131.235	45.147	131.803	45.305	132.173	45.417		
132.873	45.653	133.111	45.74	133.944	46.044	134.049	46.08	134.988	46.365		

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 57 di 58 Rev. 0

135.014	46.372	135.926	46.551	136.085	46.595	136.864	46.731	137.155	46.781
137.802	46.918	138.225	47.026	138.741	47.144	139.296	47.255	139.679	47.281
140.366	47.335	140.617	47.386	141.437	47.523	141.556	47.548	142.494	47.779
142.507	47.782	143.432	48.005	143.577	48.037	144.37	48.238	144.648	48.323
145.309	48.503	145.718	48.585	146.247	48.65	146.789	48.714	147.185	48.754
147.859	48.832	148.123	48.877	148.93	49.016	149.062	49.043	150	49.28

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.055	61.5	.035	74	.055

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	61.5	74		30.35	30.35		.1	.3
Left Levee	Station=		60	Elevation=		41.73		
Right Levee	Station=		76	Elevation=		41.515		

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	41.37	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.49	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	40.88	Reach Len. (m)	30.35	30.35	30.35
Crit W.S. (m)	40.42	Flow Area (m2)		21.59	
E.G. Slope (m/m)	0.006270	Area (m2)		21.59	
Q Total (m3/s)	66.80	Flow (m3/s)		66.80	
Top Width (m)	11.61	Top Width (m)		11.61	
Vel Total (m/s)	3.09	Avg. Vel. (m/s)		3.09	
Max Chl Dpth (m)	3.02	Hydr. Depth (m)		1.86	
Conv. Total (m3/s)	843.6	Conv. (m3/s)		843.6	
Length Wtd. (m)	30.35	Wetted Per. (m)		13.49	
Min Ch El (m)	37.87	Shear (N/m2)		98.35	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	2872.67	3638.72
Frctn Loss (m)	0.20	Cum Volume (1000 m3)		0.65	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		0.36	

CROSS SECTION

RIVER: alveo
REACH: princ RS: 10

INPUT

Description:

Station	Elevation	Data	num=	151					
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	44.61	1	44.7	2	44.73	3	44.7	4	45.02
5	44.76	6	44.75	7	44.67	8	44.42	9	44.14
10	44	11	43.86	12	43.71	13	43.47	14	43.22
15	43	16	42.84	17	42.65	18	42.56	19	42.43
20	42.32	21	42.21	22	42.14	23	42.03	24	41.9
25	41.81	26	41.75	27	41.7	28	41.66	29	41.66
30	41.65	31	41.62	32	41.58	33	41.55	34	41.51
35	41.49	36	41.44	37	41.38	38	41.31	39	41.24
40	41.24	41	41.22	42	41.23	43	41.12	44	41.04
45	41	46	40.93	47	40.87	48	40.85	49	40.92
50	40.97	51	41	52	41.03	53	40.98	54	40.96
55	41.04	56	40.84	57	40.49	58	39.91	59	39.29
60	38.83	61	38.49	62	38.15	63	37.82	64	37.67
65	37.74	66	38.45	67	39.42	68	40.4	69	41.17
70	41.65	71	41.69	72	41.52	73	41.08	74	40.68
75	40.56	76	40.59	77	40.56	78	40.5	79	40.51
80	40.56	81	40.6	82	40.6	83	40.62	84	40.66
85	40.64	86	40.68	87	40.71	88	40.78	89	40.88
90	40.93	91	40.95	92	40.97	93	40.94	94	41
95	41.03	96	41	97	41.03	98	41.05	99	41.05
100	41.06	101	41.08	102	41.12	103	41.22	104	41.27
105	41.34	106	41.29	107	41.36	108	41.47	109	41.54
110	41.64	111	41.75	112	41.85	113	41.91	114	41.89
115	41.95	116	42.09	117	42.17	118	42.12	119	42.26
120	42.4	121	42.54	122	42.71	123	42.86	124	43.03
125	43.23	126	43.53	127	43.74	128	44	129	44.23

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83079
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 58 di 58 Rev. 0

130	44.41	131	44.64	132	44.93	133	45.22	134	45.43
135	45.57	136	45.87	137	46.17	138	46.55	139	46.87
140	47.21	141	47.48	142	47.82	143	48.15	144	48.44
145	48.83	146	49.08	147	49.32	148	49.59	149	49.86
150	50.22								

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.055	56	.035	69	.055

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff Contr.	Expan.
	56	69		0	0	.1	.3
Left Levee		Station=	55	Elevation=	41.04		
Right Levee		Station=	71	Elevation=	41.69		

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	41.18	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.50	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	40.68	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	40.27	Flow Area (m2)		21.36	
E.G. Slope (m/m)	0.006602	Area (m2)		21.36	
Q Total (m3/s)	66.80	Flow (m3/s)		66.80	
Top Width (m)	11.90	Top Width (m)		11.90	
Vel Total (m/s)	3.13	Avg. Vel. (m/s)		3.13	
Max Chl Dpth (m)	3.01	Hydr. Depth (m)		1.79	
Conv. Total (m3/s)	822.1	Conv. (m3/s)		822.1	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		13.66	
Min Ch El (m)	37.67	Shear (N/m2)		101.22	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	2633.28	3399.33
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			