

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83084
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 1 di 33

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

Attraversamento in subalveo del FOSSO DELL'ACQUA ROSSA

STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO

• **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-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 2 di 33	Rev. 0

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	Oggetto della relazione	4
1.2	Scopo e descrizione dell'elaborato	4
1.3	Elaborato grafico di progetto	5
1.4	Definizioni	5
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	7
3	CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME	9
3.1	Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	9
3.2	Descrizione dell'area d'intervento	10
4	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	11
4.1	Generalità	11
4.2	Considerazioni specifiche preliminari	11
4.3	Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino	11
4.4	Regionalizzazione delle portate	12
4.4.1	<u>Premessa</u>	12
4.4.2	<u>Metodologia di Elaborazione - Sintesi</u>	13
4.4.3	<u>Risultati delle elaborazioni</u>	13
4.4.4	<u>Risultati riferiti al caso specifico</u>	14
4.5	Portata di progetto	14
5	VALUTAZIONI IDRAULICHE	15
5.1	Premessa e metodologia di calcolo	15
5.2	Assetto geometrico e modellazione idraulica	15
5.3	Risultati della simulazione idraulica	17
5.4	Analisi dei risultati conseguiti	19
6	VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	20
6.1	Generalità	20
6.2	Criteri di calcolo	21
6.3	Stima dei massimi approfondimenti attesi	23
6.4	Considerazione sui risultati conseguiti	23
7	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	24
7.1	Premessa	24
7.2	Metodologia operativa: Scavi a cielo aperto	24
7.3	Geometria della condotta ed interventi di ripristino	25
7.4	Compatibilità interventi con l'assetto del corso d'acqua	26
8	CONCLUSIONI	28

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 3 di 33	Rev. 0

APPENDICE 1: STUDIO IDRAULICO - REPORT PROGRAMMA HEC RAS

29

ANNESSO:

- **Elaborato grafico di progetto: LB-B-83409**

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 4 di 33	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 fosso dell'Acqua Rossa, in un ambito di confine tra i territori di Cupra Marittima e di Grottammare.

In corrispondenza del sopracitato attraversamento fluviale, il tracciato del metanodotto in progetto non 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.

1.2 Scopo e descrizione dell'elaborato

Lo scopo del presente elaborato è quello di illustrare 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 di fondo alveo;
- Descrizione delle scelte progettuali inerenti la metodologia costruttiva, la geometria della condotta in subalveo e le eventuali opere di presidio idraulico;

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 5 di 33	Rev. 0

1.3 Elaborato grafico di progetto

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

- **LB-B-83409**
FOSSO DELL'ACQUA ROSSA - Piano Quotato e Profilo altimetrico

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

1.4 Definizioni

Metanodotto

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

Linea o Condotta

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

Tubazione

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

Diametro nominale (DN)

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

Trincea

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

Trenchless

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

Profondità d'interramento o Copertura della tubazione

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83084
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 6 di 33

esecuzione.

Pista di lavoro

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

Alveo

Sede del libero deflusso delle acque, delimitato da cigli di sponda e/o da pareti interne di tratti arginati. Comprende le aree morfologicamente appartenenti al corso d'acqua, in quanto sedimenti 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		SPC. LA-E-83084
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 7 di 33

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento da parte del metanodotto in progetto ricade nel tratto intermedio dello sviluppo del corso d'acqua, in un ambito rurale al confine tra i territori di Cupra Marittima e di Grottammare.

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.

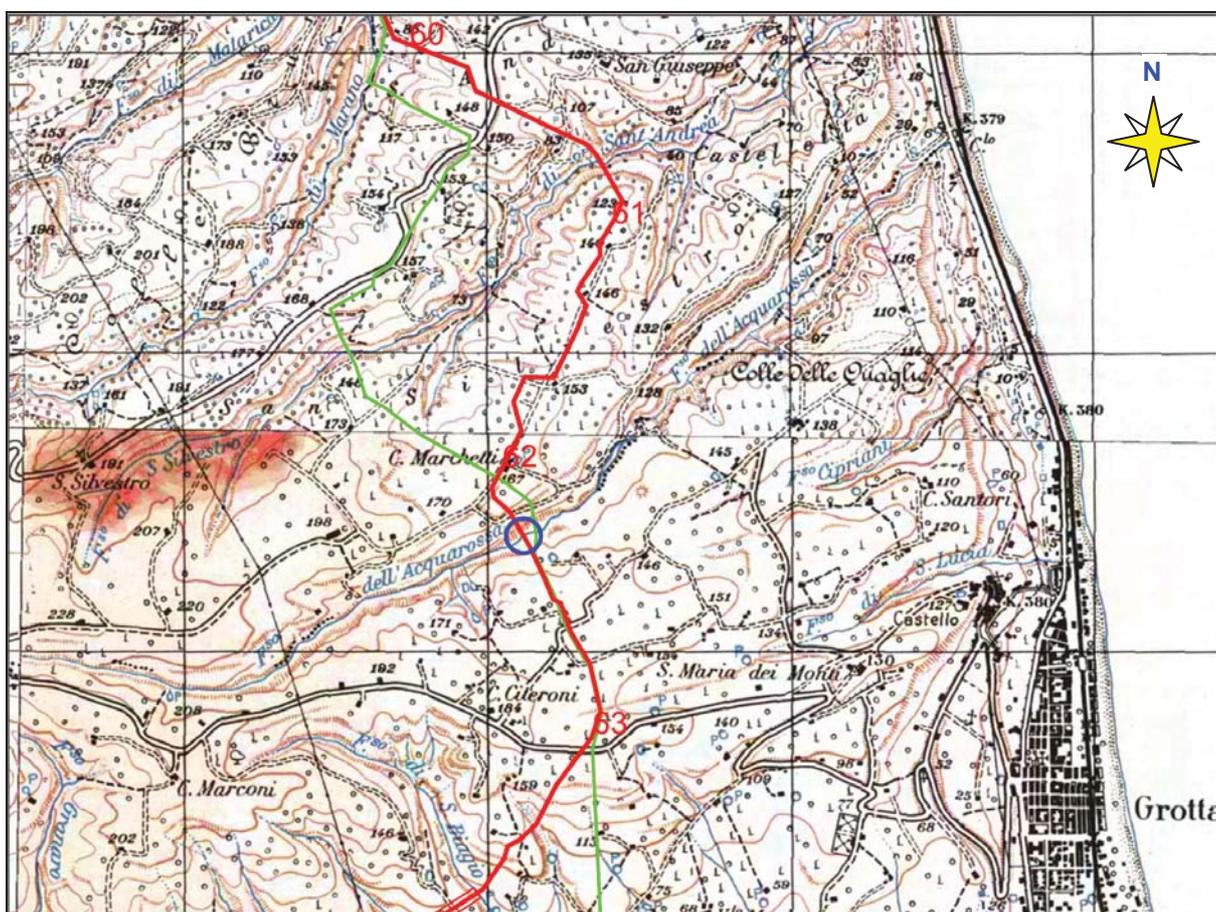


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

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	406047 m E	4761184m N

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 8 di 33	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), il metanodotto in esercizio da dismettere (linea in verde) e l'ambito di attraversamento dell'alveo del corso d'acqua in esame (cerchio in blu).

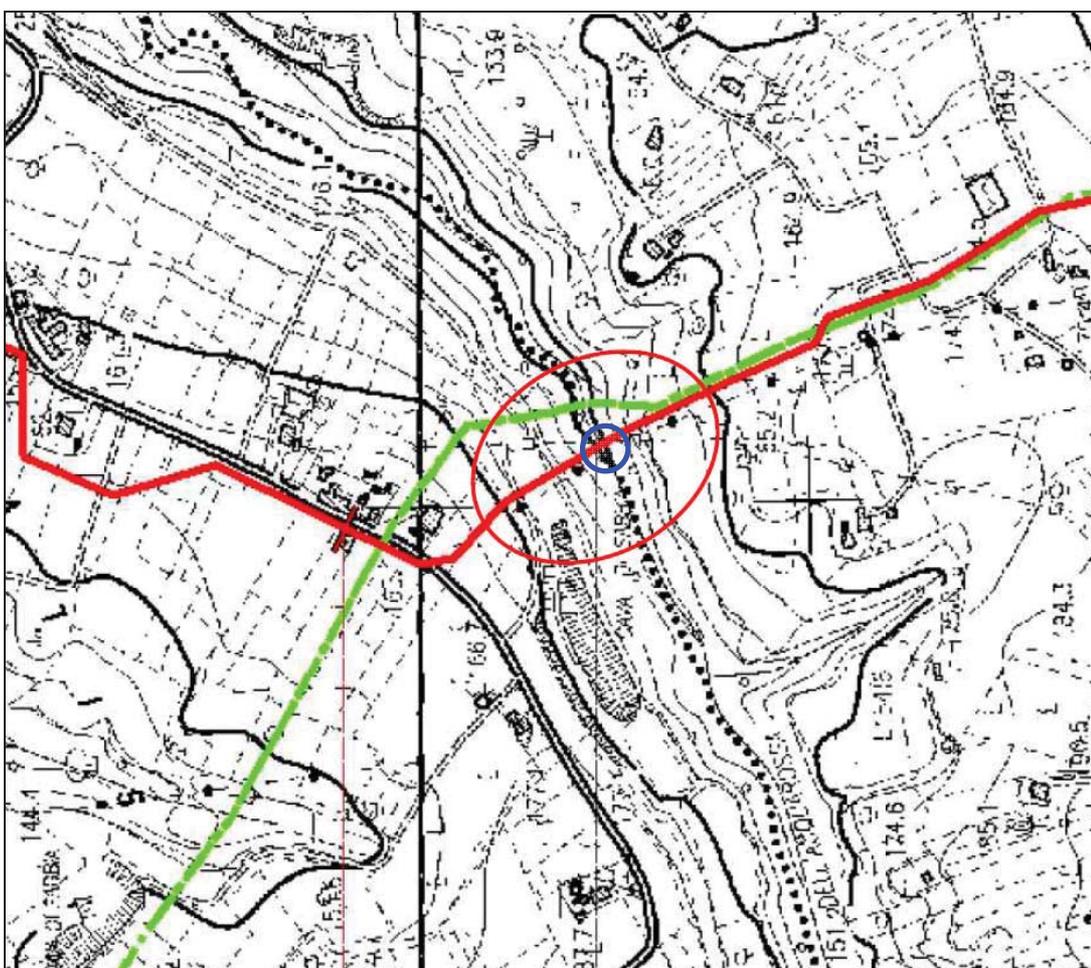


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83084	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 9 di 33

3 CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME

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

Il Fosso dell'Acqua Rossa è un piccolo corso d'acqua, che si sviluppa nella fascia litoranea immediatamente a Nord del fiume Tesino.

E' caratterizzato da un bacino imbrifero, molto stretto e allungato, della superficie complessiva di circa 2 kmq.

Nasce dai rilievi collinari posizionati a circa 3-4 km a ovest di Grottammare, si sviluppa per circa 4km (con direzione prevalente Nord-Est) e sfocia in Mar Adriatico tra Cupra Marittima e Grottammare. Non si rileva la presenza di tributari significativi.

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.

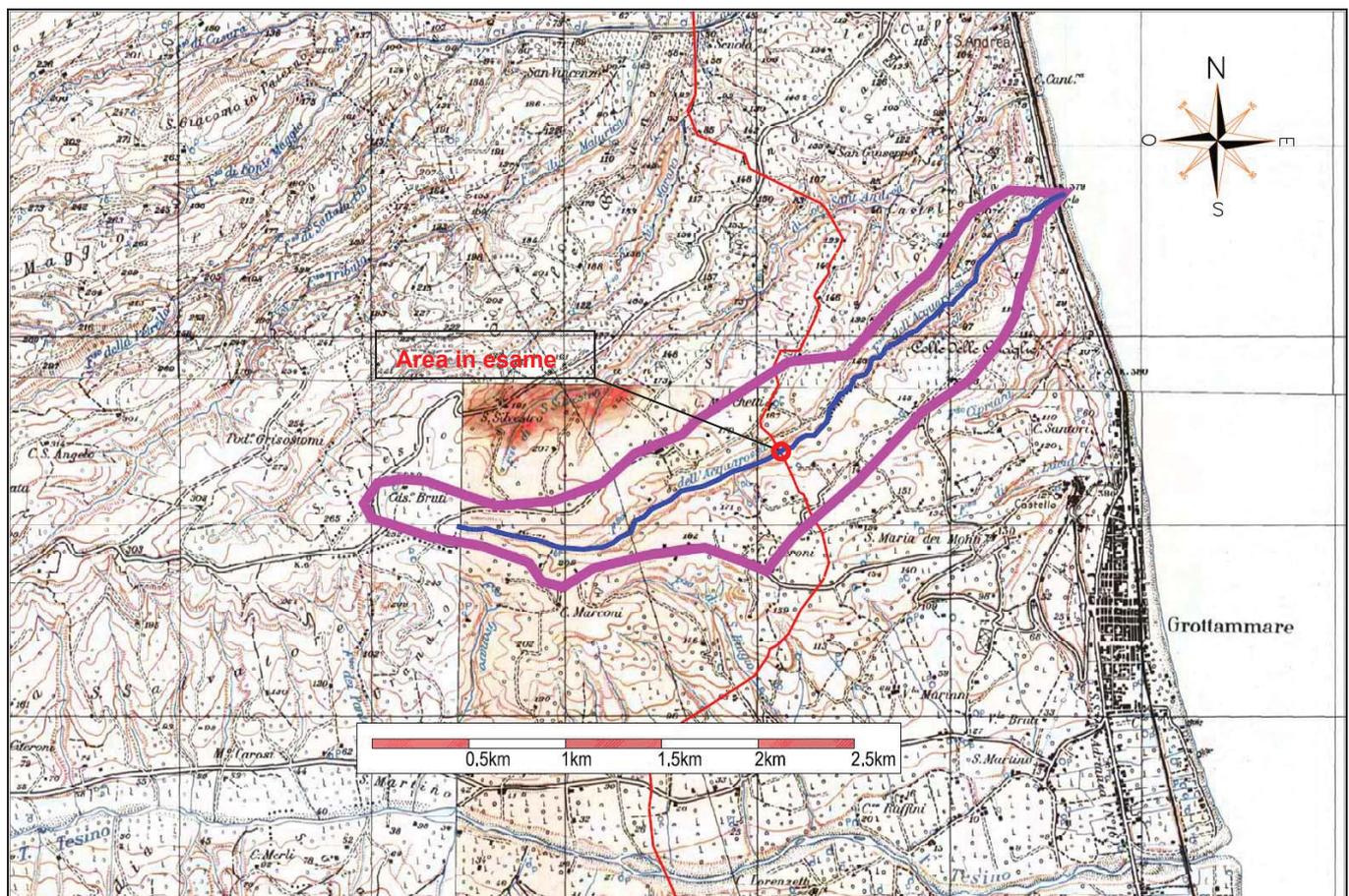


Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua ed indicazione dell'ambito di studio

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83084
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 10 di 33

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 intermedio dello sviluppo del corso d'acqua.

Il corso d'acqua, nonostante risulta dal punto di vista idrologico-idraulico molto modesto, presenta una configurazione d'alveo molto incisa.

Si individuano infatti, sia in destra che in sinistra idrografica, dei pendii molto alti (circa 30m) e molto acclivi (dell'ordine dei 30°). I pendii sono interessati da una folta vegetazione di tipo arbustivo ed arboreo.

L'assetto longitudinale del corso d'acqua, in corrispondenza dell'ambito di attraversamento, è sostanzialmente sub-rettilineo e le pendenze longitudinali dell'alveo sono molto significative.

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.

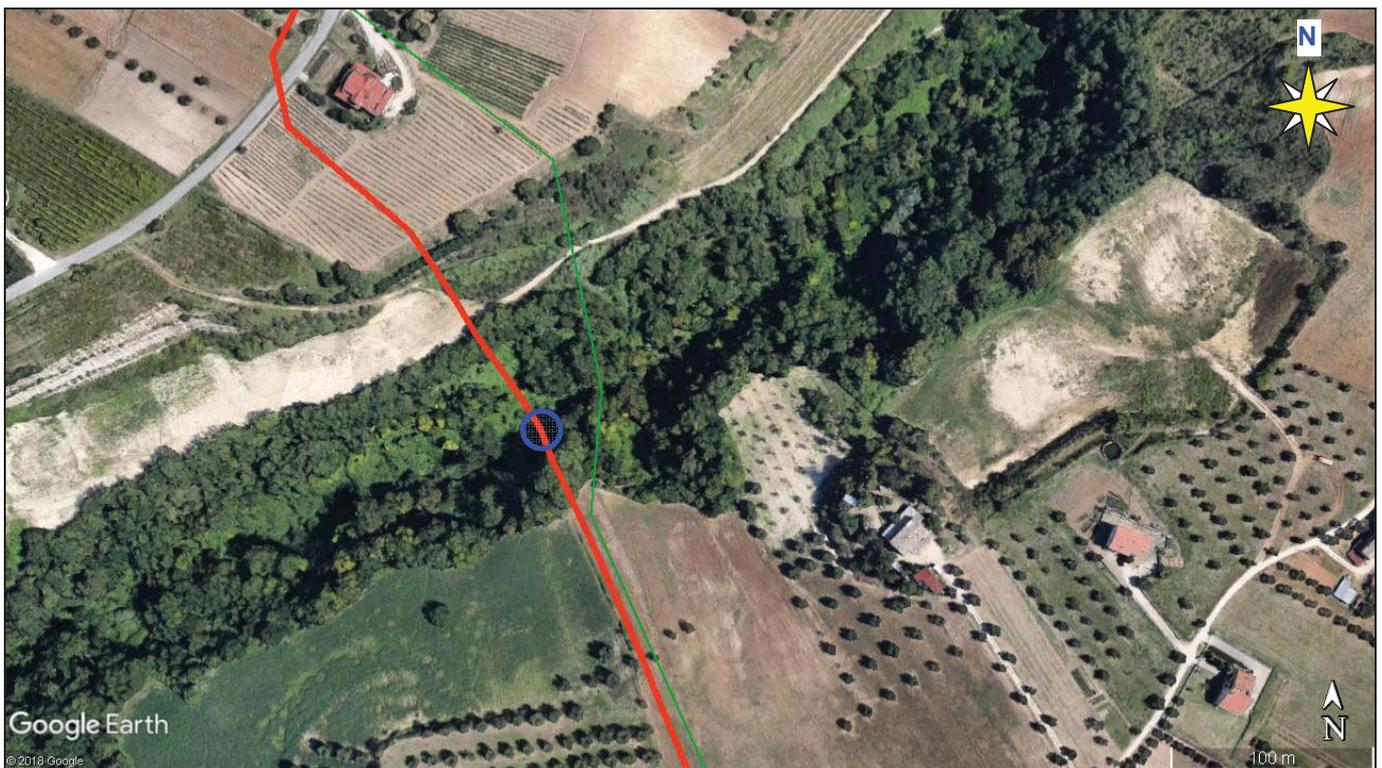


Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento (estratta da google earth)

Per un'analisi visiva di maggior dettaglio dell'ambito in esame si rimanda alla visione dell'ortofoto riportata nel disegno di attraversamento.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 11 di 33	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.

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 poco più di 2 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-83084
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fig. 12 di 33

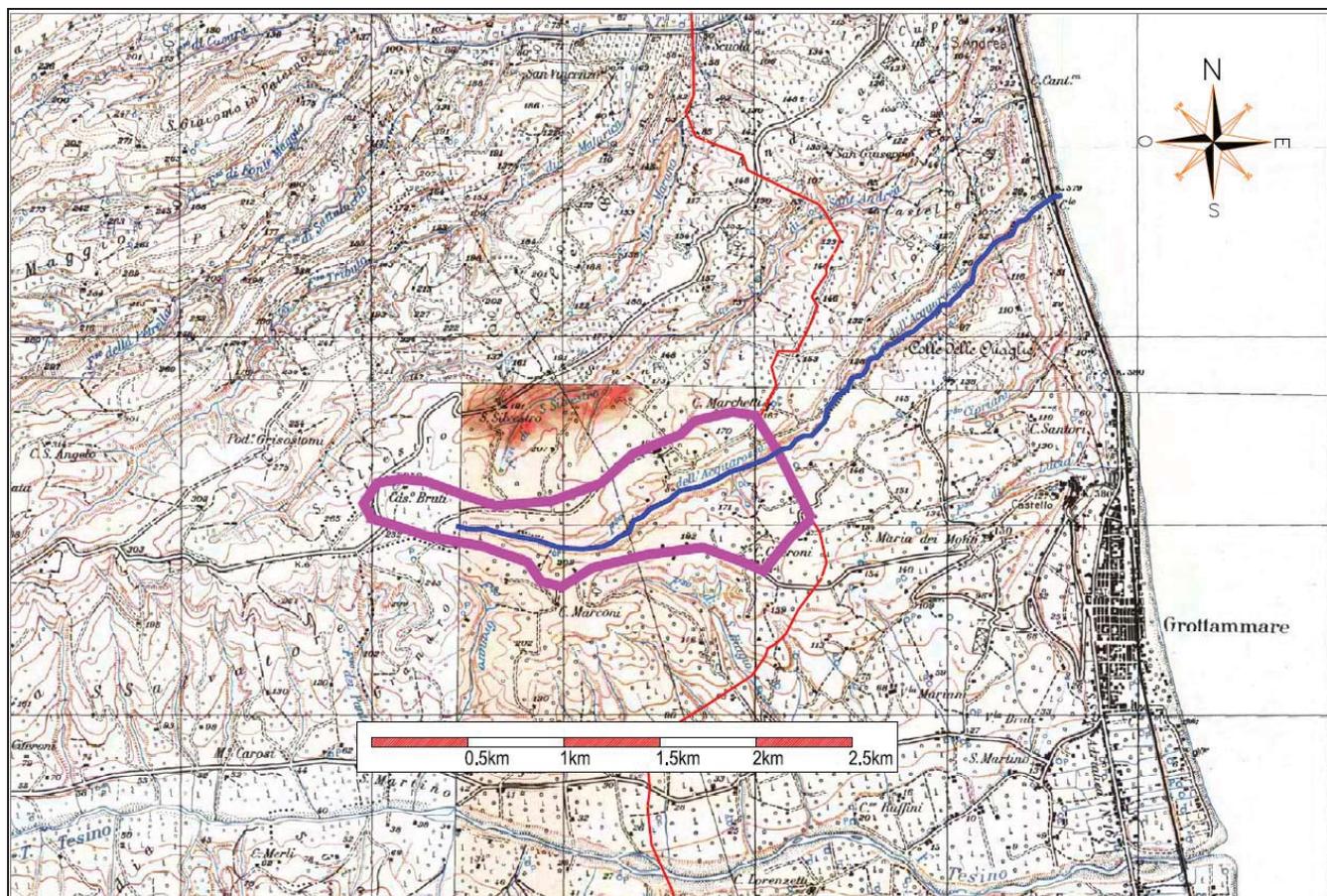


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio

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)
F. dell'Acqua Rossa / Sez. di studio	1	2	252	103

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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 13 di 33	Rev. 0

grandezze idrologiche. Obiettivo del lavoro è la definizione della regionalizzazione delle portate massime annuali al colmo di piena con diversi tempi di ritorno per i corsi d'acqua nel territorio marchigiano.

4.4.2 Metodologia di Elaborazione - Sintesi

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

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

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

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

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

4.4.3 Risultati delle elaborazioni

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

In sintesi sono stati forniti i seguenti allegati:

- 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-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 14 di 33	Rev. 0

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

4.4.4 Risultati riferiti al caso specifico

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

Tuttavia per il corso d'acqua in esame, essendo troppo piccolo dal punto di vista idrologico, non risultano disponibili dati per i quantili.

Pertanto, poiché nello specifico il bacino sotteso è inferiore a 50 kmq, per la valutazione delle portate nello specifico si utilizzano unicamente gli algoritmi di regionalizzazione illustrati nel sottoparagrafo precedente.

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 "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)
Fosso dell'Acqua Rossa	1	1.6	4.4	5.2	6.0	7.2

4.5 Portata di progetto

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

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

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

		Sup. Bacino	Qprogetto	qmax
Sezione Idrologica		(kmq)	(mc/s)	(mc/s×kmq)
F.so dell'Acqua Rossa	Sez. di studio	1	6.0	6.0

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 15 di 33	Rev. 0

5 VALUTAZIONI IDRAULICHE

5.1 Premessa e metodologia di calcolo

Lo studio idraulico è finalizzato alla valutazione dei parametri idraulici che caratterizzano il deflusso (velocità media della corrente, battente d'acqua, numero di Froude, carico totale e cinetico, ecc.) di una generica portata in uno o più ambiti di studio del corso d'acqua.

Nello specifico le elaborazioni sono state effettuate in riferimento all'evento di piena corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 200 anni, considerando un breve tronco d'alveo a cavallo della sezione d'attraversamento da parte del metanodotto. A tal proposito si evidenzia che le finalità ultime dell'elaborazione sono quelle di individuare le condizioni generali di deflusso nell'ambito in esame con lo scopo di valutare i fenomeni erosivi di fondo alveo in corrispondenza dell'area di attraversamento della condotta.

Le elaborazioni sono state condotte considerando il moto in regime permanente ed utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center – River Analysis System*, prodotto da U.S. Army Corp of Engineer, versione 4.1.0), i cui i tabulati di output del programma di calcolo sono riportati in *Appendice 1*.

Nei paragrafi seguenti vengono invece descritti i parametri di calcolo utilizzati, vengono riportate le tavole e tabelle rappresentative dell'elaborazione, nonché vengono illustrati i risultati delle elaborazioni.

5.2 Assetto geometrico e modellazione idraulica

Al fine di eseguire la modellazione idraulica nell'ambito di riferimento è stato considerato un breve tronco d'alveo a cavallo della sezione di attraversamento del metanodotto, per uno sviluppo complessivo di circa 140m.

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 (RS30) coincide con la sezione di monte del tronco idraulico; la sezione Sez.3 (RS10) rappresenta la sezione idraulica di valle.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83084
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 16 di 33



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

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
RS30	Sez.1	0.00	70.41	Sezione di monte
RS20	Sez.2	70.41	70.67	
RS10	Sez.3	141.08	0.00	Sezione di valle

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:

- $Q_{200} = 6,0 \text{ mc/s}$

Il valore di portata è stato mantenuto costante per tutto il tronco d'alveo in esame nella

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83084
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 17 di 33

modellazione idraulica. Inoltre la portata è stata mantenuta costante nel tempo, in conformità ad una delle ipotesi del moto permanente.

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

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

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

5.3 Risultati della simulazione idraulica

I tabulati di Report dell'elaborazione idraulica (in forma estesa) sono riportati in *Appendice 1*, 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.

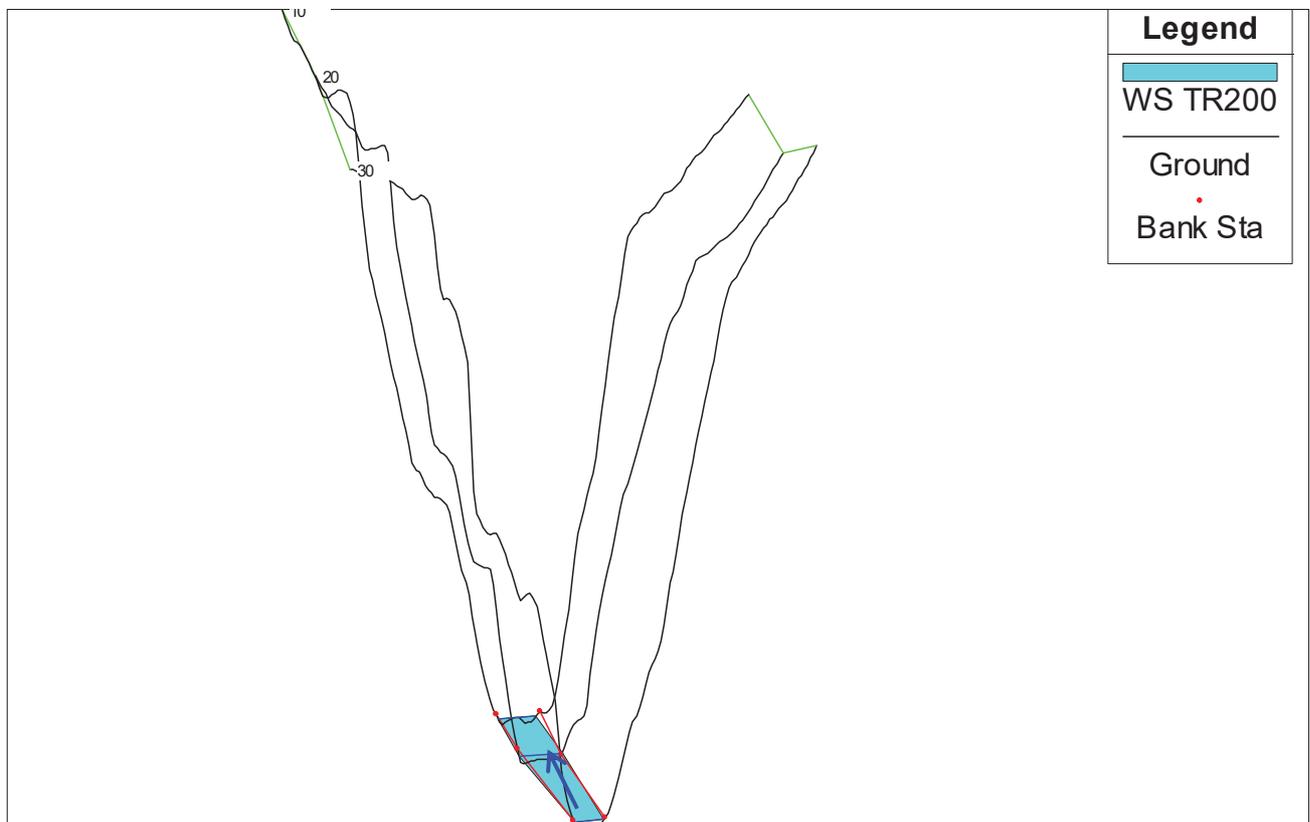


Fig.5.3/A: Schermata di Output del programma – visione prospettica (RS30: monte /RS10: valle)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83084
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 18 di 33

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

Tab.5.3/A: Tabella Riepilogativa generale di Output

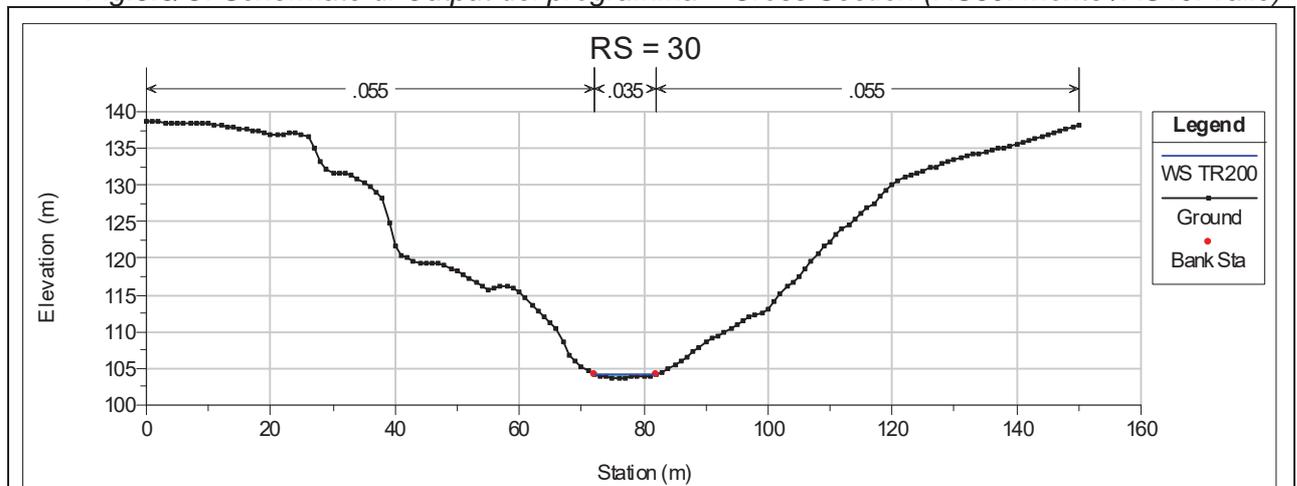
River Station	Q Total (m3/s)	Min Ch Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Hydr Depth max (m)	Shear Chan (N/m2)	Froude Chl
30	6	103.6	104.14	104.2	104.38	0.030023	2.17	2.76	9.4	0.54	85.5	1.28
20	6	102.2	102.59	102.59	102.73	0.019172	1.64	3.66	13.7	0.39	50.35	1.01
10	6	99.12	99.45	99.58	99.91	0.123682	3	2	12.17	0.33	197.66	2.36

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

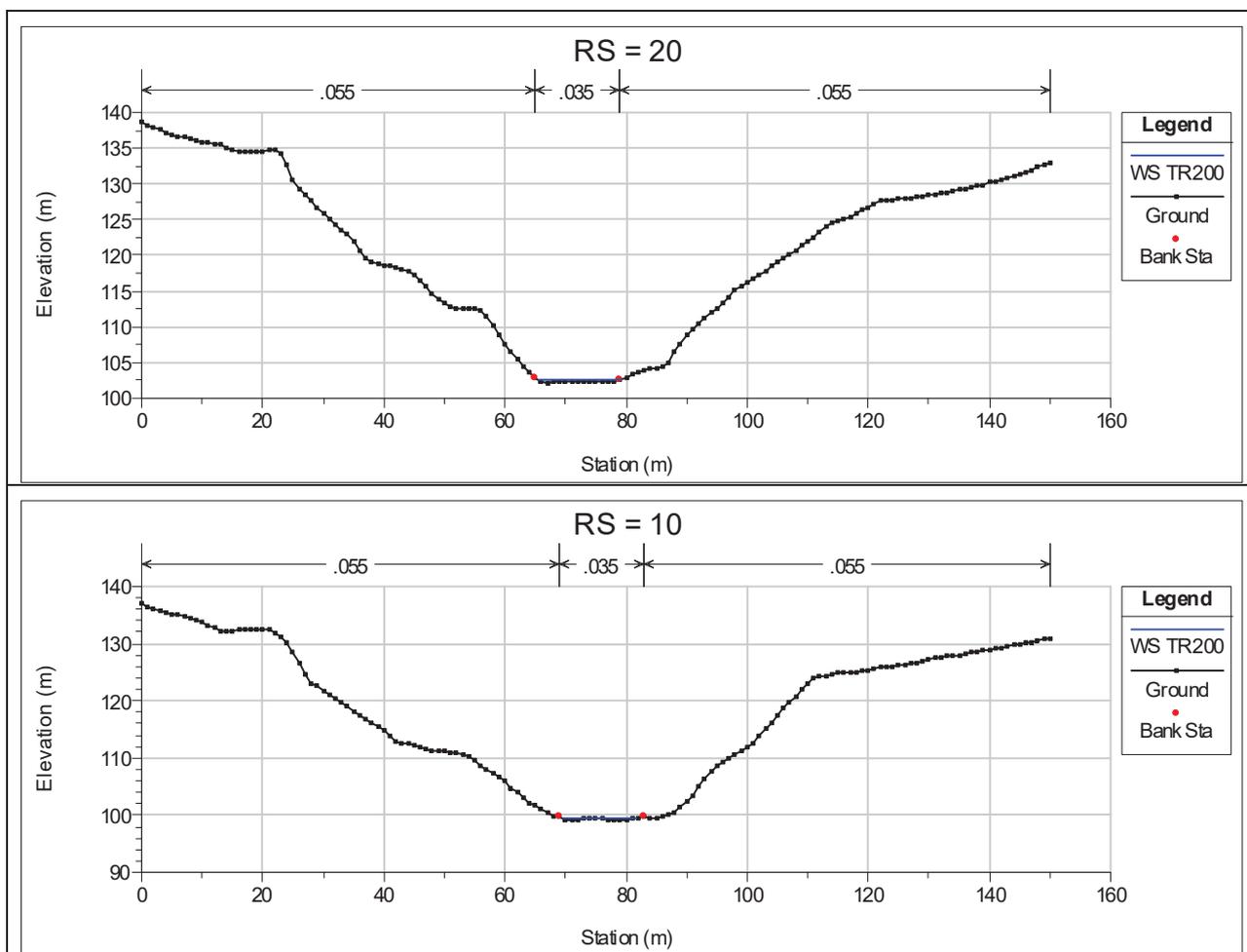
- River Station: Numero identificativo della sezione;
- Q Total: Portata complessiva defluente nell'intera sez. trasversale;
- Min. Ch Elev: Quota minima di fondo alveo;
- W.S. Elev: Quota del pelo libero;
- Crit W.S: Quota critica del pelo libero (corrispondente al punto di minimo assoluto della linea 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;

Nella figura seguente si riportano le schermate di output relative alle varie sezioni principali di calcolo (Cross Section) considerate nell'elaborazione di calcolo.

Fig.5.3/C: Schermate di Output del programma – Cross Section (RS30: monte /RS10: valle)



	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83084
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 19 di 33



5.4 Analisi dei risultati conseguiti

Nel paragrafo precedente sono state riportate le principali schermate di output del programma HEC-RAS; mentre in *Appendice 1* sono riportati i tabulati di Report in forma estesa del programma, al quale si rimanda per gli eventuali approfondimenti di dettaglio.

Dall'esame dei risultati della simulazione idraulica, si rileva che nel breve tronco idraulico considerato, essendo la sezione d'alveo confinata da versanti laterali molto acclivi, risulta ampiamente in grado di contenere la portata di progetto (portata duecentennale).

Le velocità di deflusso della corrente risultano variabili nell'ordine dei 2÷3 m/s, in condizioni di corrente veloce ($FR > 1$).

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-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 20 di 33	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-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 21 di 33	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'erosione¹. 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 Schoklitsh² 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.

¹ 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.

² Schoklitsh A., "Stauraum verlandung und kolkbewehr", Springer ed., Vienna, 1935.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83084
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 22 di 33

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 studiate³ 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 prudenziale, proposta in Italia⁴, 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.

³ Si veda la sintesi di questi lavori in Graf W.H., "Hydraulics of sediment transport"; McGraw-Hill, U.S.A.; 1971.

⁴ 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-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 23 di 33	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)
30	6	2.17	9.4	0.54	0.64	0.78	0.53	0.27
20	6	1.64	13.7	0.39	0.44	0.53	0.42	0.20
10	6	3	12.17	0.33	0.49	0.79	0.48	0.17

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)
30	85.5	0.10
20	50.35	0.06
10	197.66	0.23

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 inferiori a **1 m**.

La corrente, nel tratto in esame, inoltre risulta potenzialmente in grado di movimentare clasti del diametro dell'ordine dei 20÷25 cm.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 24 di 33	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-83084
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 25 di 33

- 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 ininfluenza sulle condizioni di smaltimento delle portate del corso d’acqua

7.3 Geometria della condotta ed interventi di ripristino

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, è stato previsto di posizionare la condotta in progetto con una copertura minima in alveo di 2.5 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

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 26 di 33	Rev. 0

d'alveo previste (si veda il sottoparagrafo seguente), 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 previste nell'ambito sono:

- Realizzazione di una protezione d'alveo (fondo + massi) in massi ciclopici naturali, da realizzare per uno sviluppo di circa 40m;
- Soglia in massi ciclopici di chiusura (di valle) del rivestimento dell'alveo;

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

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

I lavori di ripristino si completano con la ripresa, stendimento e riprofilatura dello strato superficiale di terreno accantonato, per il ripristino morfologico e vegetazionale dell'intera area. Gli interventi vegetazionali consistono in generale nell'inerbimento dell'area e l'eventuale messa a dimora di vegetazione arbustiva ed arborea costituite da essenze autoctone.

Si precisa inoltre che, per un esame di dettaglio della configurazione tipologica e dimensionale delle opere in progetto e del profilo geometrico della condotta, si rimanda alla visione dello specifico elaborato grafico di progetto.

7.4 Compatibilità interventi con l'assetto del corso d'acqua

Nel presente paragrafo vengono analizzate le condizioni di compatibilità degli interventi in progetto nei confronti dell'assetto idrologico - idraulico del corso d'acqua e dei relativi processi di dinamica fluviale.

Pertanto 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-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 27 di 33	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.

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 pertanto 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-83084
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 28 di 33

8 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 fosso dell'Acqua Rossa, in un ambito di confine tra i territori di Cupra Marittima e di Grottammare.

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.

In ultimo, nel presente elaborato, sono state analizzate le condizioni di compatibilità degli interventi in progetto nei confronti dell'assetto idrologico - idraulico del corso d'acqua e dei relativi processi di dinamica fluviale.

Alla luce di quanto evidenziato si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti lo specifico attraversamento siano compatibili con il contesto idraulico dell'ambito in esame.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ <p style="text-align: center;">Regione Marche</p>		SPC. LA-E-83084	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 29 di 33	Rev. 0

APPENDICE 1: STUDIO IDRAULICO - REPORT
PROGRAMMA HEC RAS

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

```

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

```

PROJECT DATA

Project Title: Acquarossa
Project File : Acquarossa.prj
Run Date and Time: 12/08/2018 10:57:49

Project in SI units

PLAN DATA

Plan Title: Plan 01
Plan File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\14Acquarossa\Acquarossa.p01

Geometry Title: Acquarossa
Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\14Acquarossa\Acquarossa.g01

Flow Title : Acquarossa
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\14Acquarossa\Acquarossa.f01

Plan Summary Information:

```

Number of: Cross Sections = 3   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: Acquarossa
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\14Acquarossa\Acquarossa.f01

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83084	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 30 di 33	Rev. 0

Flow Data (m3/s)

River	Reach	RS	TR200
alveo	princ	30	6

Boundary Conditions

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
alveo	princ	TR200	Normal S = 0.03	Normal S = 0.03

GEOMETRY DATA

Geometry Title: Acquarossa

Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Rec-Ch\14Acquarossa\Acquarossa.g01

CROSS SECTION

RIVER: alveo

REACH: princ RS: 30

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 151

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	138.72	1	138.71	2	138.6	3	138.47
5	138.37	6	138.34	7	138.39	8	138.54
10	138.42	11	138.22	12	138.08	13	137.95
15	137.7	16	137.58	17	137.49	18	137.29
20	136.93	21	136.91	22	136.97	23	137.13
25	136.85	26	136.51	27	135.02	28	133.32
30	131.61	31	131.7	32	131.57	33	131.28
35	130.39	36	129.72	37	129.08	38	128.24
40	121.62	41	120.42	42	120.1	43	119.69
45	119.26	46	119.37	47	119.32	48	119.04
50	118.21	51	117.68	52	117.24	53	116.7
55	115.78	56	115.94	57	116.08	58	116.15
60	115.37	61	114.6	62	113.66	63	112.89
65	111.21	66	110.43	67	108.73	68	106.91
70	105.24	71	104.67	72	104.17	73	104
75	103.76	76	103.63	77	103.6	78	103.91
80	103.85	81	104.04	82	104.22	83	104.45
85	105.4	86	105.96	87	106.64	88	107.28
90	108.56	91	109.07	92	109.43	93	109.82
95	110.98	96	111.59	97	111.96	98	112.28
100	113.15	101	114.02	102	115.08	103	116.19
105	117.6	106	118.63	107	119.7	108	120.76
110	122.27	111	123.21	112	123.94	113	124.68
115	126.12	116	126.83	117	127.47	118	128.37
120	130.09	121	130.67	122	131.23	123	131.49
125	132.01	126	132.33	127	132.54	128	132.83
130	133.54	131	133.72	132	133.96	133	134.15
135	134.59	136	134.73	137	134.92	138	135.1
140	135.5	141	135.8	142	136.03	143	136.3
145	136.79	146	137.07	147	137.3	148	137.66
150	138.22					149	137.89

Manning's n Values

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.055	72	.035	82	.055

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff Contr.	Expan.
	72	82		70.41	70.41	.1	.3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83084
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 32 di 33

W.S. Elev (m)	102.59	Reach Len. (m)	70.67	70.67	70.67
Crit W.S. (m)	102.59	Flow Area (m2)		3.65	0.01
E.G. Slope (m/m)	0.019172	Area (m2)		3.65	0.01
Q Total (m3/s)	6.00	Flow (m3/s)		6.00	0.00
Top Width (m)	13.70	Top Width (m)		13.50	0.21
Vel Total (m/s)	1.64	Avg. Vel. (m/s)		1.64	0.29
Max Chl Dpth (m)	0.39	Hydr. Depth (m)		0.27	0.04
Conv. Total (m3/s)	43.3	Conv. (m3/s)		43.3	0.0
Length Wtd. (m)	70.67	Wetted Per. (m)		13.62	0.22
Min Ch El (m)	102.20	Shear (N/m2)		50.35	7.21
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	1.35	Cum Volume (1000 m3)		0.20	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		0.91	0.01

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	Sta Elev	Sta Elev	Sta Elev	Sta Elev	Sta Elev
0 136.93	1 136.49	2 136.05	3 135.59	4 135.29	5 135.14	6 135	7 134.69	8 134.35	9 134.06
10 133.66	11 133.16	12 132.66	13 132.27	14 132.24	15 132.21	16 132.34	17 132.38	18 132.57	19 132.56
20 132.41	21 132.34	22 131.86	23 131.26	24 130.2	25 128.48	26 126.47	27 124.49	28 123.13	29 122.59
30 121.8	31 121.14	32 120.54	33 119.8	34 118.95	35 118.17	36 117.49	37 116.89	38 116.13	39 115.38
40 114.71	41 113.93	42 112.96	43 112.58	44 112.51	45 112.19	46 111.75	47 111.58	48 111.35	49 111.16
50 111.1	51 111.03	52 110.85	53 110.67	54 110.27	55 109.52	56 108.75	57 107.97	58 107.22	59 106.64
60 105.99	61 104.83	62 103.93	63 103.09	64 102.22	65 101.62	66 100.99	67 100.37	68 99.95	69 99.66
70 99.25	71 99.12	72 99.29	73 99.35	74 99.39	75 99.42	76 99.42	77 99.26	78 99.14	79 99.18
80 99.19	81 99.32	82 99.51	83 99.67	84 99.58	85 99.57	86 99.73	87 99.97	88 100.51	89 101.34
90 102.42	91 103.56	92 104.88	93 106.29	94 107.63	95 108.75	96 109.36	97 109.95	98 110.63	99 111.25
100 111.81	101 112.65	102 113.97	103 115.17	104 116.28	105 117.54	106 118.73	107 119.79	108 120.86	109 121.96
110 123.07	111 123.88	112 124.25	113 124.43	114 124.59	115 124.86	116 125.02	117 125.09	118 125.11	119 125.21
120 125.36	121 125.58	122 125.79	123 125.99	124 126.07	125 126.15	126 126.31	127 126.44	128 126.56	129 126.89
130 127.23	131 127.44	132 127.65	133 127.82	134 127.9	135 128.05	136 128.24	137 128.45	138 128.68	139 128.84
140 129.02	141 129.16	142 129.37	143 129.53	144 129.72	145 129.92	146 130.09	147 130.25	148 130.48	149 130.7
150 130.84									

Manning's n Values	num=	3							
Sta n Val	Sta n Val	Sta n Val							
0 .055	69 .035	83 .055							

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff Contr.	Expan.
69	83	0	0	0	.1	.3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	99.91	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.46	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	99.45	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	99.58	Flow Area (m2)		2.00	

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83084
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 33 di 33

E.G. Slope (m/m)	0.123682	Area (m2)		2.00	
Q Total (m3/s)	6.00	Flow (m3/s)		6.00	
Top Width (m)	12.17	Top Width (m)		12.17	
Vel Total (m/s)	3.00	Avg. Vel. (m/s)		3.00	
Max Chl Dpth (m)	0.33	Hydr. Depth (m)		0.16	
Conv. Total (m3/s)	17.1	Conv. (m3/s)		17.1	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		12.28	
Min Ch El (m)	99.12	Shear (N/m2)		197.66	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	2.79	Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)			