

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 1 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

METANODOTTO: CELLINO ATTANASIO – PINETO

STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO FOSSO CALVANO



0	Emissione per Enti	Filando	Pedini	Banci	28/06/21
Rev.	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 2 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

INDICE

1. GENERALITÀ	4
1.1. Premessa	4
1.2. Scopo e descrizione dell'elaborato	4
1.3. Disegno di Attraversamento	5
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	7
3. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME	10
3.1. Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	10
3.2. Descrizione dell'area di attraversamento	11
4. VALUTAZIONI IDROLOGICHE	14
4.1. Generalità	14
4.2. Considerazioni specifiche preliminari	14
4.3. Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino	15
4.4. Metodo Indiretto (Afflussi-Deflussi)	16
4.5. Portata di progetto	27
5. STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE	28
5.1. Presupposti e limiti dello studio	28
5.2. Assetto geometrico e modellazione idraulica	29
5.3. Risultati della simulazione idraulica	32
5.4. Analisi dei risultati conseguiti	37
6. VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	39
6.1. Generalità	39
6.2. Criteri di calcolo	40
6.3. Stima dei massimi approfondimenti d'alveo attesi	44
6.4. Analisi dei risultati e considerazioni progettuali	44
7. METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	45
7.1. Metodologia costruttiva: TOC	45
7.2. Configurazione geometrica di progetto	45
7.3. Considerazione inerenti alla geometria di trivellazione	47
7.4. Descrizione del sistema operativo TOC	47
8. ANALISI DELLA PROBLEMATICHE DEL SIFONAMENTO	54
8.1. Premessa	54
8.2. Generalità	54
8.3. Metodologie di calcolo	55
8.4. Risultati	59

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 3 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

9. VALUTAZIONI INERENTI ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA	61
9.1. Premessa	61
9.2. PSDA - Analisi disposizioni per le aree di pericolosità idraulica	61
9.3. Interferenze con PSDA nell'ambito di attraversamento del corso d'acqua	64
9.4. Analisi delle condizioni di compatibilità idraulica	66
9.5. Considerazioni conclusive sulla compatibilità idraulica	69
10. CONCLUSIONI	71
11. DICHIARAZIONE DI COMPATIBILITÀ DA PARTE DEL TECNICO ABILITATO	73
11.1. Premessa	73
11.2. Dichiarazione del tecnico	73
APPENDICE 1: STUDIO IDRAULICO /METOLOGIA DI CALCOLO	75
APPENDICE 2: STUDIO IDRAULICO /REPORT PROGRAMMA HEC RAS	81

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 4 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

1. GENERALITÀ

1.1. Premessa

L'opera in progetto riguarda la realizzazione di un nuovo metanodotto "Met. Cellino Attanasio – Pineto, DN 200 (8"), DP 75 bar, MOP 60 bar".

La condotta di nuova progettazione si sviluppa per una lunghezza di circa 20+158 km per il metanodotto principale e una lunghezza complessiva pari a 114 m per le opere connesse.

L'intera opera si sviluppa nei comuni di Cellino Attanasio, Atri e Pineto, in provincia di Teramo.

Il suddetto tracciato del metanodotto in progetto interseca l'alveo del torrente Calvano nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua (a circa 650 m dalla foce in mare), nell'ambito del territorio di Pineto (TE).

Il torrente Calvano rappresenta un corso d'acqua di significativa importanza nella Regione Abruzzo per il quale l'ex "Autorità del Bacino di Rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro", nell'ambito del "Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni" (PSDA), ha individuato e perimetrato le aree di pericolosità idraulica lungo lo sviluppo dell'asta fluviale.

Conseguentemente nell'ambito di attraversamento in esame s'individuano delle interferenze tra il tracciato del metanodotto in progetto con le aree censite a pericolosità idraulica nel PSDA. Le Norme di Attuazione del Piano consentono la realizzazione di infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico nelle aree a pericolosità idraulica, subordinatamente alla presentazione di uno specifico studio di compatibilità idraulica.

1.2. Scopo e descrizione dell'elaborato

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

Lo studio è stato redatto in conformità delle disposizioni delle Norme di attuazione del PSDA, con particolare riferimento all'art.8 ed all'Allegato D delle norme stesse.

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 5 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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, idrologico 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 del contesto 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 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 alla metodologia costruttiva, la geometria della condotta in subalveo e le eventuali opere di presidio idraulico;
- Valutazioni sulle condizioni di compatibilità idraulica del sistema d'attraversamento, in riferimento alle misure di salvaguardia stabilite nelle Norme di Attuazione per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti a pericolosità idraulica ai sensi del PSDA.

1.3. Disegno di Attraversamento

Il progetto dell'attraversamento del corso d'acqua, 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:

5718-001-P-AP-E-1216 *Attraversamento In T.O.C. Torrente Calvano*

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 6 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 7 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento dell'alveo del torrente Calvano da parte del metanodotto DN200 in progetto "*Cellino Attanasio - Pineto*" ricade nel territorio di Pineto, nei pressi del mattatoio comunale e a circa 150 m a monte del ponte della strada statale S.S.n.16.

Dal punto di vista idrografico, l'ambito di attraversamento ricade nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua, a circa 650 m dalla foce nel Mar Adriatico.

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 il tracciato del metanodotto in progetto (DN200) è riportato mediante una linea in rosso, il metanodotto in esercizio (da dismettere) sulla medesima direttrice (DN200) è indicato tramite una linea in verde e l'area di attraversamento del corso d'acqua da parte del metanodotto in progetto è indicata mediante un cerchio in colore blu.

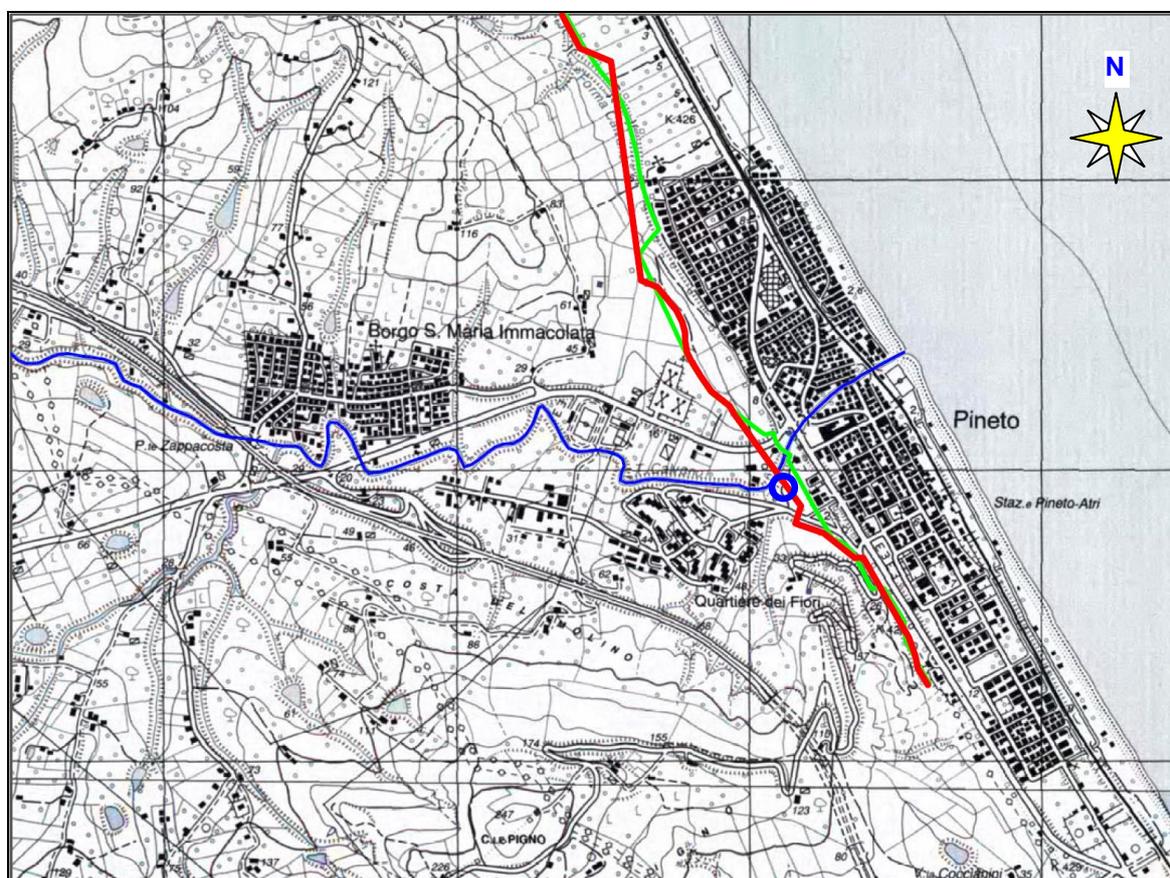


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 8 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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	423036 m E	4717795 m N

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).

Nella stessa figura è inoltre indicato schematicamente (mediante una sagoma rettangolare in magenta) il tratto di condotta con posa prevista in trivellazione; ciò in quanto (come meglio specificato in seguito) l'attraversamento dell'alveo del corso d'acqua in esame verrà eseguito con metodologia trenchless.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 9 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

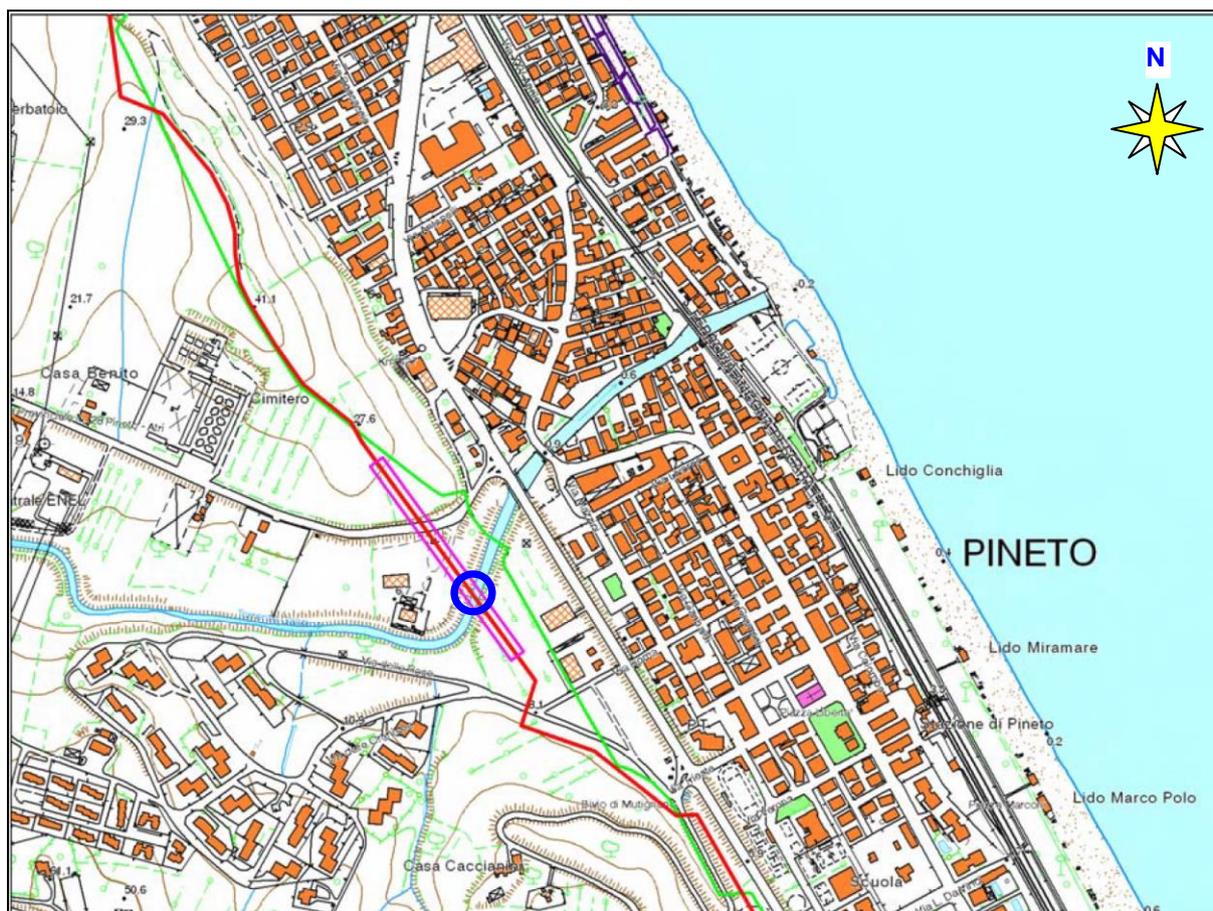


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

Dall'esame della figura precedente si rileva che l'attraversamento in progetto ricade a circa 80 m a monte dell'attraversamento aereo del metanodotto "Cellino Attanasio - Pineto" in esercizio (ed in fase di dismissione).

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 10 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

3. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME

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

Il torrente Calvano rappresenta un corso d'acqua di media importanza, ricadente nei territori comunali di Atri e di Pineto (in provincia di Teramo), caratterizzato da un bacino idrografico della superficie di circa 35 km².

Nella figura seguente è riportato il bacino complessivo del corso d'acqua (in color arancione), su una base cartografica estrapolata dalle tavolette IGM, con indicazione delle aste fluviali del Calvano e dei principali affluenti (in blu), e del reticolo minore (in celeste). Nella stessa figura è anche indicato, mediante un cerchio in rosso, l'ambito d'interferenza in esame tra il metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in rosso) e l'alveo del corso d'acqua.

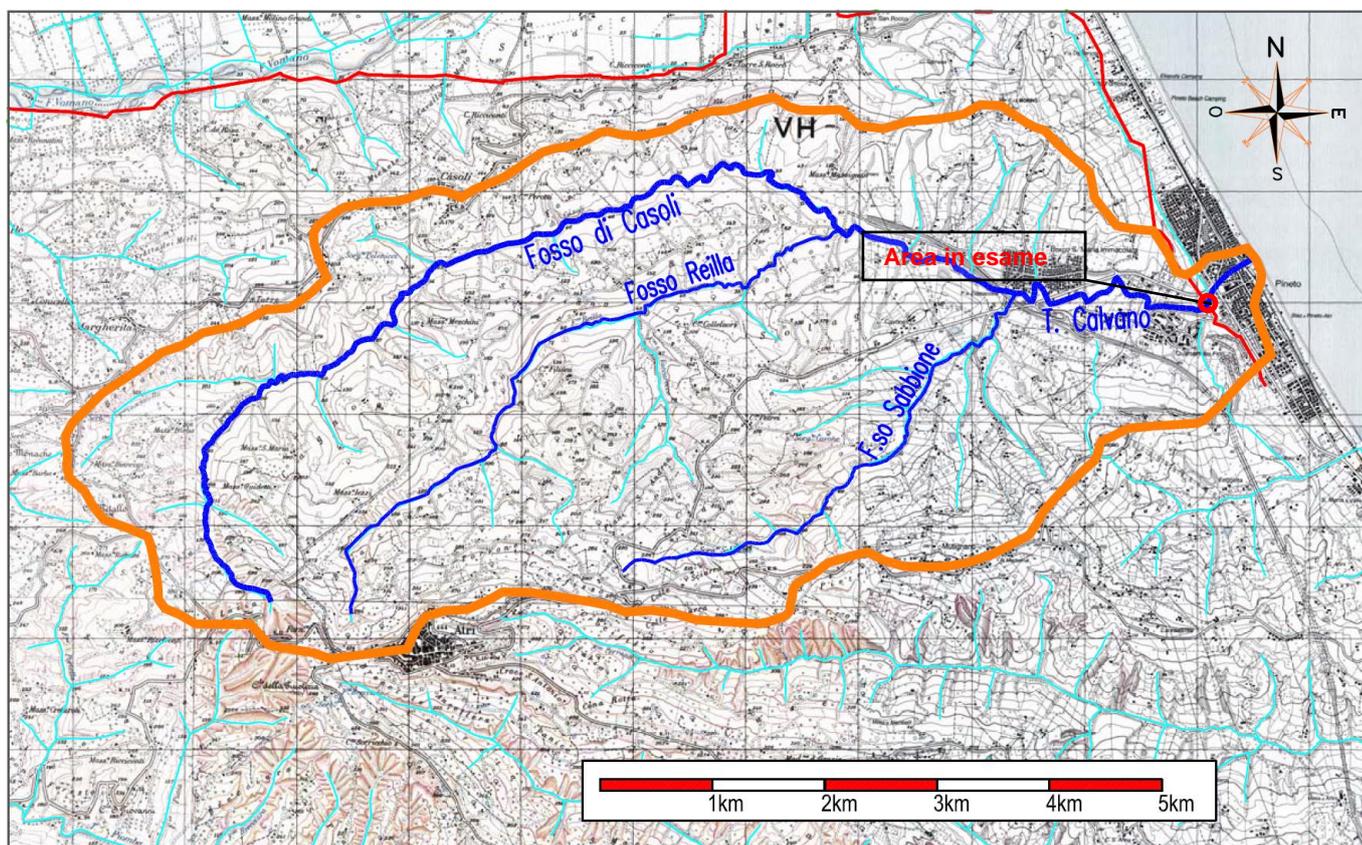


Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 11 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Il corso d'acqua nasce, con denominazione fosso San Patrizio, a Ovest di Atri in un ambito calanchivo in località Santa Lucia. Si sviluppa inizialmente con direzione Nord e poi Nord-Est, ricevendo l'apporto di piccoli tributari sia in destra che in sinistra idrografica.

Quindi, dopo il passaggio sotto la frazione Casoli, cambia denominazione e diviene in Fosso di Casoli. Successivamente, in prossimità dell'entrata nel territorio di Pineto, l'alveo del corso d'acqua cambia di nuovo direzione e si dirige verso Sud-Est, ricevendo prima il contributo da destra del fosso Reilla (principale affluente) e poi del fosso Sabbione, in prossimità del borgo "S. Maria Immacolata", dove cambia di nuovo denominazione divenendo torrente Calvano.

Infine dopo uno sviluppo complessivo dell'asta principale di circa 14.5 km, il corso d'acqua sfocia in Mar Adriatico a Pineto.

3.2. Descrizione dell'area di attraversamento

Come si rileva dalla precedente Fig.3.1/A l'attraversamento da parte del metanodotto in progetto ricade nel tratto terminale dello sviluppo dell'asta fluviale del corso d'acqua, nei pressi del mattatoio comunale di Pineto.

In corrispondenza dell'area di attraversamento il corso d'acqua assume un andamento longitudinale moderatamente sinuoso. La sezione d'alveo si presenta con una configurazione geometrica sostanzialmente regolare; con fondo dell'alveo di ampiezza di circa 10m e con sponde, dolcemente acclivi, che si elevano dal letto del torrente per circa 4÷5m.

La parte medio-alta delle sponde sono costituite da degli argini. In particolare, il rilevato arginale in destra idrografica si eleva dal piano campagna per circa 2.5m; mentre in sinistra l'argine si eleva dal livello del terreno circostante per circa 1.5÷2m.

Le sponde e gli argini risultano coperti da una rigogliosa vegetazione arbustiva (in prevalenza canneti).

Al fine di consentire una visione diretta dell'ambito d'interferenza tra il metanodotto in progetto (DN200) e l'alveo del corso d'acqua, nella figura seguente si riporta una foto aerea (estratta da Google Earth), dove il tracciato del metanodotto in progetto è riportato mediante una linea in rosso e l'area di attraversamento in esame è indicata mediante un cerchio in colore blu.

L'attraversamento in esame, come meglio specifico nel seguito, verrà eseguito in trenchless, il cui sviluppo di trivellazione in subalveo è schematicamente indicato mediante una sagoma rettangolare in magenta.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 12 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

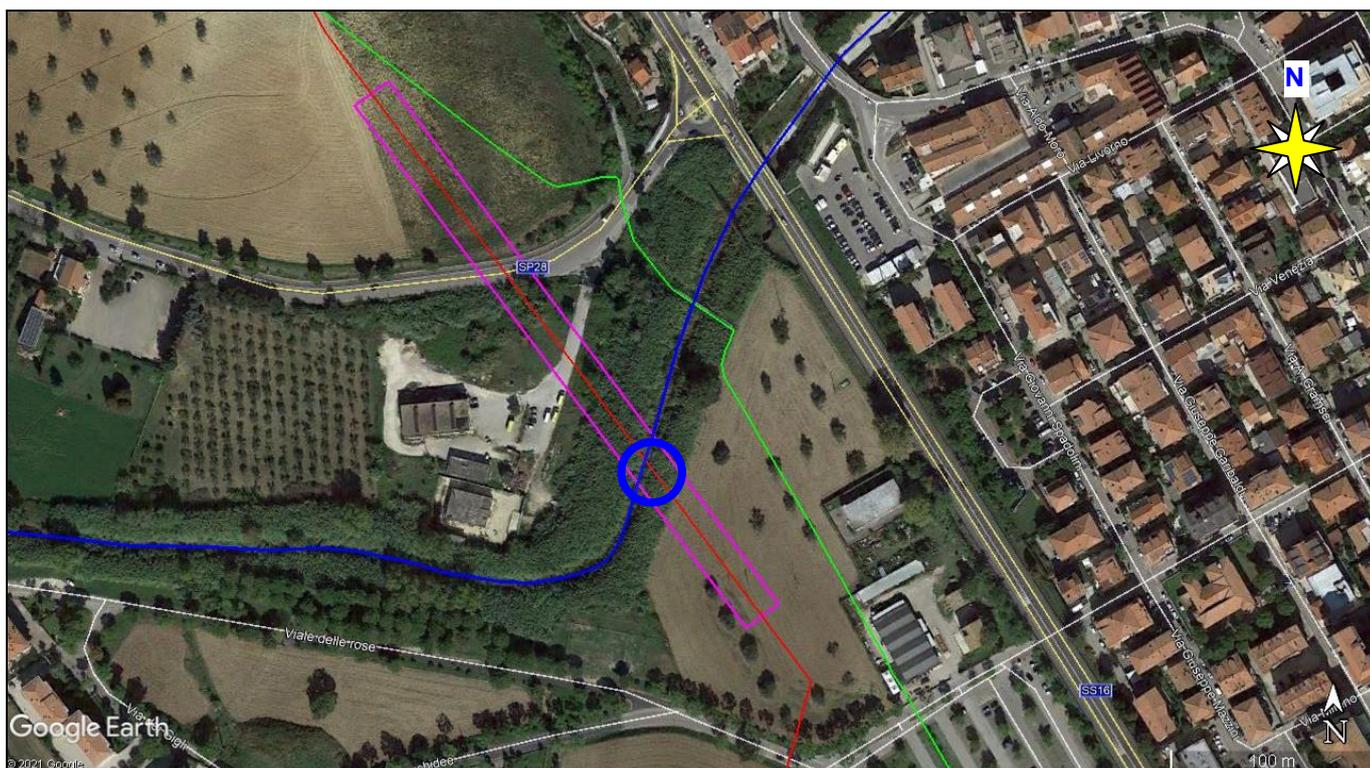


Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento (estratta da Google Earth)

Nella figura seguente è inoltre riportata una foto rappresentativa dell'ambito d'attraversamento in esame del corso d'acqua, scattata dal ponte della strada statale n.16 verso monte. L'ambito di attraversamento ricade circa 150m a monte del ponte e circa 80m a monte dell'attraversamento aereo del metanodotto in fase di dismissione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 13 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213



Fig.3.2/B: Foto del corso d'acqua (scattata dal ponte della S.S.16, verso monte)

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 14 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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.

I risultati di tale studio nello specifico costituiscono la base per le verifiche idrauliche, in relazione alle quali verranno analizzate le condizioni di deflusso del corso d'acqua ed individuati i valori di copertura della linea in progetto, per la sua posa in sicurezza.

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

Per il corso d'acqua in esame, non sono disponibili dati ufficiali di valutazioni idrologiche rappresentativi per la sezione di chiusura in esame.

In tal senso per la valutazione delle portate di piena sul corso d'acqua nella sezione di studio è stata utilizzata la seguente metodologia di calcolo:

- *il metodo indiretto* (Afflussi- Deflussi), che permette la valutazione delle portate al colmo in funzione delle precipitazioni intense specifiche per l'ambito di riferimento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 15 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

4.3. Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino

Si assume come sezione di studio quella di attraversamento da parte del metanodotto in progetto, che ricade nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua e a circa 650m dalla foce in mare.

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico, ricavato dalle tavolette IGM, con la delimitazione del bacino sotteso dalla sezione di studio (in color magenta) e con indicazione del reticolo idrografico. Nella stessa figura il tracciato di progetto è indicato mediante una linea in colore rosso.

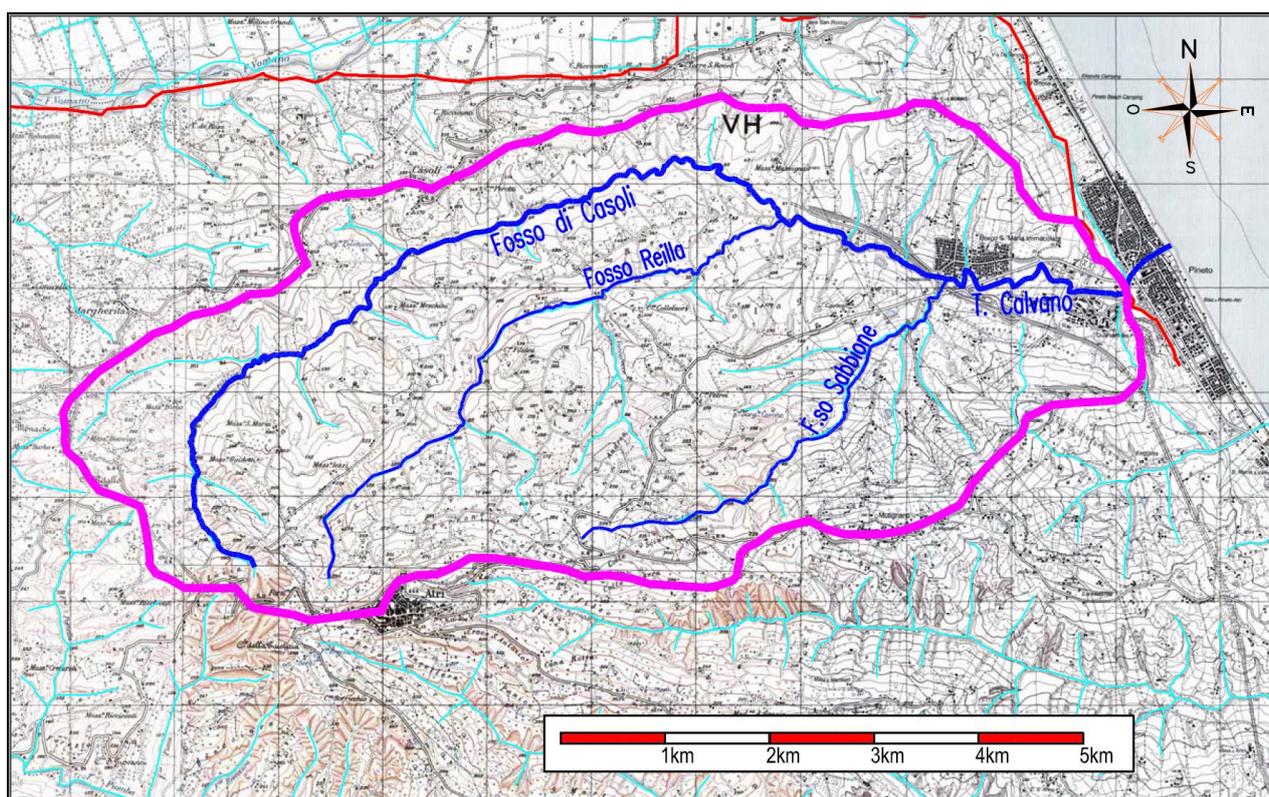


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 16 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Tab.4.3/A: Parametri morfometrici

Corso d'acqua	Sezione di studio	Superficie Bacino (kmq)	Lunghezza asta principale (km)	Pendenza media asta principale	Altitudine max del Bacino (m)	Altitudine media del Bacino (m)	Altitudine Sezione e chiusura (m)
T.Calvano	Sez. Attrav.	34.2	14	1.6%	451	142	1

4.4. Metodo Indiretto (Afflussi-Deflussi)

Conoscendo le precipitazioni meteoriche che interessano il bacino idrografico di un qualsiasi corso d'acqua è possibile valutare la relativa portata di piena adottando metodologie di carattere statistico, che si inquadrano nella teoria dei sistemi di variabili casuali e che conducono allo studio della correlazione tra la portata di piena ed una o più grandezze caratterizzanti il bacino stesso (superficie, quota media, precipitazioni, tempo di corrivazione).

Le ipotesi fondamentali di questo metodo prendono lo spunto da alcuni risultati forniti dai metodi della corrivazione (o metodo cinematico) e dell'invaso e sono:

- la portata di massima piena di un bacino deriva da precipitazioni di intensità costante che hanno una durata pari al tempo di corrivazione "tc" e si manifesta dopo un intervallo di tempo "tc" dall'inizio del fenomeno;
- il valore della portata di piena dipende dalla laminazione esercitata dalle capacità naturali ed artificiali del bacino.

In corrispondenza della sezione di studio, le portate di piena al colmo sono state calcolate utilizzando la relazione nota come "formula razionale".

$$Q_c = 0.278 \cdot c \cdot \varepsilon \cdot A \cdot h_{\text{ragg}} / t_c$$

in cui:

- Q_c (mc/s): portata di progetto al colmo di piena (in funzione del tempo di ritorno "TR" (anni);
- c (-): coefficiente di deflusso, pari al rapporto tra il volume totale affluito (pioggia totale effettivamente caduta sul bacino) e volume defluito attraverso la sezione di chiusura (pioggia totale depurata delle perdite per infiltrazione ed evapotraspirazione). Il parametro tiene in considerazione della capacità di

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 17 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

assorbimento del terreno e del fattore di laminazione (capacità di invaso sulla superficie del bacino e nel reticolo idrografico);

- ε (-): coefficiente di laminazione (capacità di invaso sulla superficie del bacino e nel reticolo idrografico);
- A (kmq): superficie del bacino imbrifero, riferita alla sezione di chiusura;
- t_c (h) - tempo di corrivazione: è il tempo che una goccia di pioggia, caduta nel punto idraulicamente più lontano dalla sezione considerata, impiega a raggiungere la sezione stessa;
- h_{ragg} (mm) – altezza di pioggia ragguagliata al bacino: viene valutata per piogge di durata pari al tempo di corrivazione " t_c " ed è funzione del tempo di ritorno "TR", intendendo con tale locuzione l'inverso della probabilità di superamento di un certo evento.

Il metodo, dunque, considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino;
- La portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T di quello dell'intensità di pioggia;
- Il tempo di formazione del colmo della piena è pari a quello di riduzione.

4.4.1 Criteri generali di valutazione dei parametri idrologici

Superficie del bacino (A)

La delimitazione della superficie del bacino scolante, unitamente all'individuazione dei parametri morfometrici caratteristici del bacino stesso, viene eseguita sulla base della documentazione cartografica disponibile.

Tempo di corrivazione (t_c)

La valutazione del tempo di corrivazione può essere eseguita mediante diversi algoritmi di calcolo, normalmente proposti in letteratura scientifica.

La scelta tra un metodo e l'altro può essere condotta in funzione della conformità dei parametri caratteristici del bacino oggetto di studio (superficie, localizzazione, pendenza dei versanti, ecc.) nei confronti di quelli analizzati dai vari autori nella fase di predisposizione degli algoritmi stessi.

Qui di seguito si riportano alcune delle espressioni più rappresentative, proposte in letteratura.

- *Formula di Giandotti (1934-1937)*

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 18 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

La formula proposta da GIANDOTTI (sperimentata dall'autore per bacini da 170 a 70000 kmq, tuttavia ampiamente impiegata in Italia anche per piccoli bacini) rappresenta l'espressione maggiormente utilizzata e viene espressa nel seguente modo:

$$t_c = (4 A^{1/2} + 1.5 L) / (0.8 H^{1/2})$$

dove:

A = Superficie del bacino (kmq);

L = lunghezza dell'asta fluviale principale (km);

H = altitudine media del bacino riferita alla quota della sezione di chiusura (m);

- *Formula di Pezzoli (1970)*

$$t_c = 0.055 \cdot L / i^{0.5}$$

dove:

L = lunghezza dell'asta fluviale principale (km);

i = pendenza media dell'alveo (-)

- *Formula di Puglisi, Fattorelli e Marchi*

Sperimentata da Puglisi per bacini di superficie compresa tra 40 e 90 kmq (nel 1978), poi tarata da Marchi e Fattorelli. Viene proposta con la seguente espressione:

$$t_c = 5.13 \cdot L^{2/3} \cdot H^{-1/3}$$

dove:

L = lunghezza dell'asta fluviale principale (km);

H = altitudine massima riferita alla quota della sezione di chiusura (m);

- *Formula di Pasini*

$$t_c = 0.108 \cdot i_a^{-1/2} \cdot (A \cdot L)^{1/3}$$

dove:

L = lunghezza dell'asta fluviale principale (km);

A = Superficie del bacino (kmq);

i_a = pendenza media dell'alveo (-)

- *Formula di Watt, Chow e Ward*

Viene proposta con la seguente espressione:

$$t_c = 0.1273 \cdot (L^{2/3} / i_a^{1/3})^{0.79}$$

dove:

L = lunghezza dell'asta fluviale principale (km);

i_a = pendenza media dell'alveo (-)

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 19 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Coefficiente di Deflusso (c)

Il valore di tale parametro viene stabilito in dipendenza della natura litologica dei terreni, della superficie del bacino e del suo grado di saturazione, del livello di forestazione, della pendenza dei versanti e da altri fattori.

La scelta del coefficiente di deflusso, quindi, rappresenta una fase estremamente difficile e costituisce l'elemento di maggiore incertezza nella valutazione della portata.

Esistono in letteratura scientifica numerose tabulazioni e grafici utili per la valutazione di questo parametro; qui di seguito si riportano alcune tra le tabelle maggiormente impiegate.

Coefficienti di deflusso raccomandati da Handbook of Applied Hydrology, Ven Te Chow, 1964

Tipo di suolo	c	
	Uso del suolo	
	Coltivato	Bosco
Suolo con infiltrazione elevata, normalmente sabbioso o ghiaioso	0,20	0,10
Suolo con infiltrazione media, senza lenti argillose; suoli limosi e simili	0,40	0,30
Suolo con infiltrazione bassa, suoli argillosi e suoli con lenti argillose vicine alla superficie, strati di suolo sottile al di sopra di roccia impermeabile	0,50	0,40

Coefficienti di deflusso raccomandati da American Society of Civil Engineers e da Pollution Control Federation, con riferimento prevalente ai bacini urbani

Caratteristiche del bacino	c
Superfici pavimentate o impermeabili (strade, aree coperte, ecc.)	0,70 – 0,95
Suoli sabbiosi a debole pendenza (2%)	0,05 – 0,10
Suoli sabbiosi a pendenza media (2 - 7%)	0,10 – 0,15
Suoli sabbiosi a pendenza elevata (7%)	0,15 – 0,20
Suoli argillosi a debole pendenza (2%)	0,13 – 0,17
Suoli argillosi a pendenza media (2 - 7%)	0,18 – 0,22
Suoli argillosi a pendenza elevata (7%)	0,25 – 0,35

In una guida della FAO (1976), sono proposti i seguenti valori orientativi:

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 20 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	coltivazioni	pascoli	boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0.20	0.15	0.10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla). Terreni di medio impasto o simili	0.40	0.35	0.30
Suoli poco permeabili. Suoli fortemente argillosi o simili, con strati di argilla vicino alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile	0.50	0.45	0.40

Si riporta infine una tabella in cui interviene, sia pure grossolanamente, la pendenza del suolo.

VEGETAZIONE	PENDENZA	TIPO SUOLO		
		Terreno leggero	Terreno impasto medio	Terreno Compatto
Boschi	<10%	0.13	0.18	0.25
	>10%	0.16	0.21	0.36
Pascoli	<10%	0.16	0.36	0.56
	>10%	0.22	0.42	0.62
Colture agrarie	<10%	0.40	0.60	0.70
	>10%	0.52	0.72	0.82

Coefficiente di laminazione (ϵ)

Per quanto attiene alle perdite per laminazione, è indubbio che lo sviluppo della rete drenante e la natura dei terreni incidano su tale fenomeno proporzionalmente all'estensione del bacino. Si ritiene pertanto di stimare ϵ sulla scorta delle valutazioni proposte in letteratura tecnica, che ne correlano il valore all'estensione della superficie drenante, quale la relazione tabellare proposta da Maione (derivante da alcune ipotesi circa la forma dell'onda di piena e con riferimento al modello dell'invaso lineare), che prevede valore pari a 0,8 per bacini impermeabili di area inferiore a 100 km². La sussistenza della condizione di impermeabilità della superficie imbrifera, ai fini della valutazione degli effetti di laminazione, è di norma appropriata, essendo deputato al fattore "c" la rappresentazione degli aspetti di natura litologica.

L'altezza di pioggia ragguagliata (h_{ragg})

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 21 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Considerando le grandezze appena descritte, è evidente che l'unica che può essere elaborata statisticamente è l'altezza di pioggia ragguagliata al bacino "h_{ragg}";

In generale il procedimento finalizzato alla determinazione del valore "h_{ragg}" si articola nelle seguenti fasi:

- A) reperimento dei dati sperimentali sulle precipitazioni;
- B) elaborazione statistica per mezzo del metodo di Gumbel;
- C) tracciamento delle curve di possibilità climatica o pluviometrica;
- D) applicazione del metodo dei topoieti.

A) Reperimento dati sperimentali sulle precipitazioni

Dall'analisi dei dati riportati negli annali idrologici del Servizio Idrografico Italiano vengono reperiti i dati di pioggia (1, 3, 6, 12, e 24 ore) relative alle stazioni pluviografiche, dotate di pluviografo registratore, ubicate nei bacini oggetto dello studio o in quelli limitrofi.

Le rilevazioni di piovosità massima si adattano ad essere elaborate con metodi statistici e permettono di ottenere particolari equazioni del tipo:

$$h = a \cdot t^n$$

dove:

h = altezza di pioggia (mm);

a, n = coefficienti costanti;

t = durata della pioggia (ore).

B) Elaborazione probabilistica per mezzo del metodo di Gumbel

Secondo la legge di Gumbel la probabilità "P(h)" che il massimo valore di una precipitazione di durata pari al tempo di corrvazione "t_c" non venga superato nel corso di un determinato anno è data da:

$$P(h) = e^{-e^{-\alpha(h-u)}}$$

α , u = parametri della distribuzione che, qualora i dati disponibili siano in numero sufficientemente elevato, possono essere più facilmente valutati determinando lo scarto quadratico medio " σ " e la media " μ " perché esistono dei legami espressi dalle seguenti relazioni:

$$\alpha = 1.283/\sigma$$

$$u = \mu - (0.577/\alpha);$$

Ciò premesso, occorre introdurre una nuova grandezza, il tempo di ritorno "T", che definisce il numero di anni in cui, mediamente, l'evento considerato viene superato una sola volta. Dato che tra tempo di ritorno "T" e la probabilità "P(h)" esiste la seguente relazione:

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 22 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

$$T = 1/(1-P(h))$$

facendo le opportune sostituzioni ed esplicitando si ottiene:

$$h(T) = u - \left(\frac{1}{\alpha}\right) \cdot \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

che rappresenta, quindi, il valore massimo che una precipitazione meteorica potrà superare, mediamente, una sola volta in un qualsiasi anno del tempo di ritorno "T".

C) Tracciamento delle curve di possibilità climatica o pluviometrica

Per ciascuna stazione pluviografica e per ogni tempo di ritorno si otterranno cinque valori di altezza di pioggia, corrispondenti ai cinque intervalli di tempo considerati (1, 3, 6, 12, 24 ore). E' possibile riportare questi valori su un sistema di assi cartesiani ortogonali (h,t) e determinare la curva di regressione, definita dall'equazione "h=atⁿ", che meglio approssimi la loro distribuzione sul piano h, t; si ottengono così le curve di possibilità climatica o pluviometrica. A tal fine, per semplificare il procedimento, l'equazione "h=atⁿ" viene trasformata in:

$$\log h = \log a + n \log t$$

che nel piano h,t, in scala bilogarithmica, rappresenta una retta.

Operata questa trasformazione, occorre ricercare la retta di regressione che meglio approssimi la distribuzione suddetta; tale ricerca è eseguita con il metodo dei minimi quadrati che consiste nel determinare, tra le possibili rette, quella che minimizza la sommatoria dei quadrati delle differenze tra le ordinate dei punti e le corrispondenti ordinate della retta di regressione.

Questo processo, automatizzato, consente anche il plottaggio, su scala naturale, delle curve di possibilità climatica corrispondenti ai tempi di ritorno considerati.

D) Applicazione del metodo dei topoi (solo per bacini caratterizzati da più stazioni pluviometriche).

Per ogni stazione pluviografica sono state tracciate le curve di possibilità climatica o pluviometrica, definite da equazioni del tipo "h=atⁿ", dalle quali è possibile ricavare, per i vari tempi di ritorno, il valore delle precipitazioni meteoriche corrispondenti al tempo di corruzione "tc" del bacino.

Anche se il valore così ricavato è un valore puntuale, che ha un senso solo per un intorno molto limitato della stazione, si può comunque ipotizzare che il regime pluviografico di tale intorno non si discosti molto da quello ben più vasto dell'area circostante la stazione stessa.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 23 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Il problema, dunque, è quello di delimitare il perimetro delle aree di competenza delle stazioni, o, ciò che è lo stesso, la suddivisione dell'intera superficie del bacino in diverse zone (tante quante sono le stazioni) ad ognuna delle quali spetti un regime pluviografico omogeneo e che comprendano, all'interno, la relativa stazione pluviografica. L'applicazione del metodo dei topoieti permette, appunto, la suddivisione del bacino sotteso da ciascuna sezione di studio, e quindi la valutazione delle aree di competenza di ogni stazione.

A questo punto è possibile calcolare l'altezza di pioggia ragguagliata all'intero bacino utilizzando la relazione:

$$h_{ragg} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i \cdot h_i}{S}$$

dove:

h_i = precipitazione relativa alla stazione pluviografica i -esima (mm); tale precipitazione ha una durata pari al tempo di corrivazione " t_c " e si ricava dalle curve di possibilità climatica relative alla stazione i -esima;

S_i = superficie del bacino di competenza della stazione pluviografica i -esima (km²);

S = superficie del bacino sotteso dalla sezione di studio (km²).

4.4.2 Individuazione dei parametri idrologici

Parametri morfometrici

Le grandezze caratteristiche dei parametri morfometrici sono riportate nella precedente Tab.4.3/A.

Tempo di corrivazione

Nella tabella seguente sono riportati i diversi valori relativi al tempo di corrivazione " t_c ", stimati con le metodologie descritte nel paragrafo precedente per la sezione idrologica di riferimento.

Tab.4.4/A: Valutazione del tempo di corrivazione

Metodo	Tempo di corrivazione (h) -
Formula di Giandotti	4.67
Formula di Pezzoli	6.02
Formula di Puglisi	3.89
Formula di Pasini	6.47

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 24 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Formula di Watt	5.20
Valore medio	5.25
Dev. Stand. (0<Dev. St.<Inf.)	1.03

Nelle elaborazioni idrologiche si è dunque scelto di utilizzare come tempo di corrivazione il valor medio dei risultati conseguiti (riportato in grassetto nella tabella precedente).

Coefficiente di deflusso (c)

Facendo seguito a quanto indicato nel sottoparagrafo precedente, il valore del coefficiente di deflusso dipende sostanzialmente dalla natura litologica dei terreni, dalla vegetazione presente nel bacino e dalla pendenza dei versanti.

In tal senso qui di seguito si riportano le figure relative alla Carta litologica e la Carta Uso del suolo (estrapolate dal *Piano Tutela delle Acque della Regione Abruzzo*), in ciascuna delle quali è stata riportata la delimitazione del bacino imbrifero sotteso dalla sezione idrologica di studio.

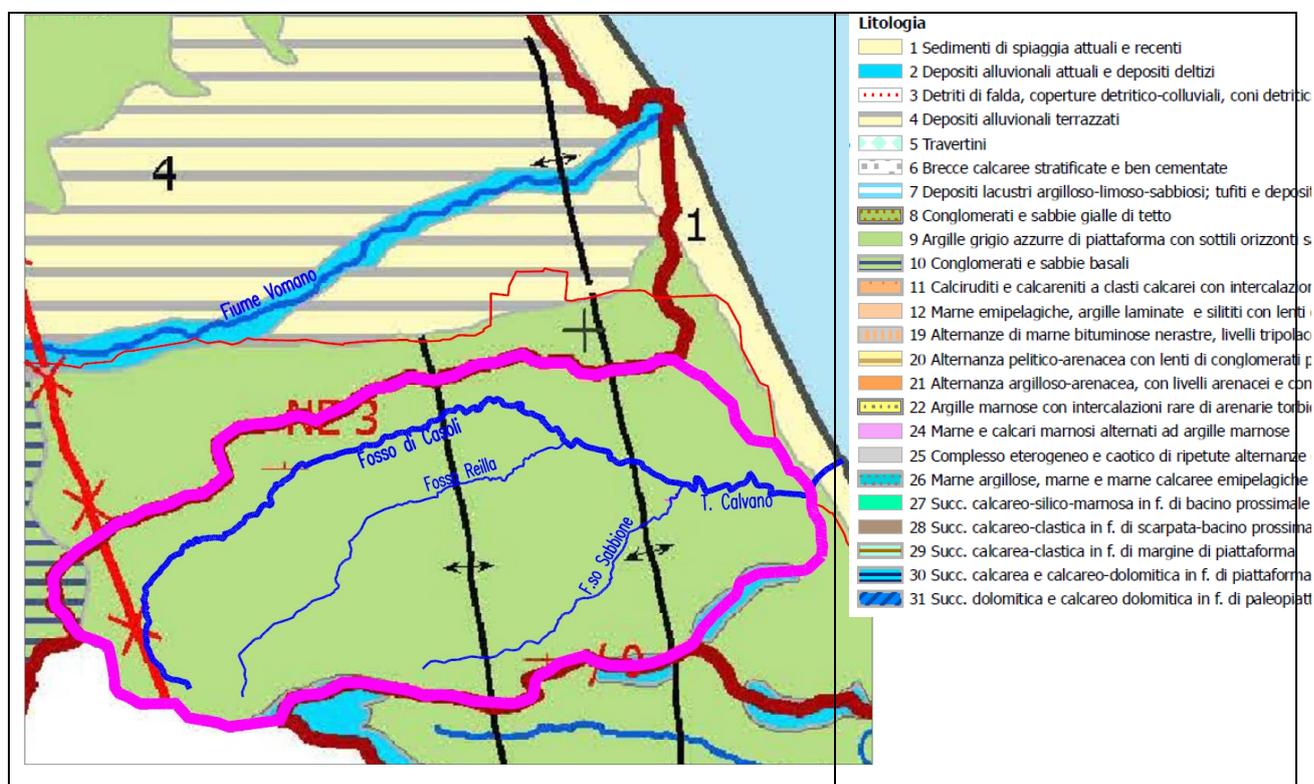


Fig.4.4/A: Bacino sulla Carta Geo-Idrologica

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 25 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

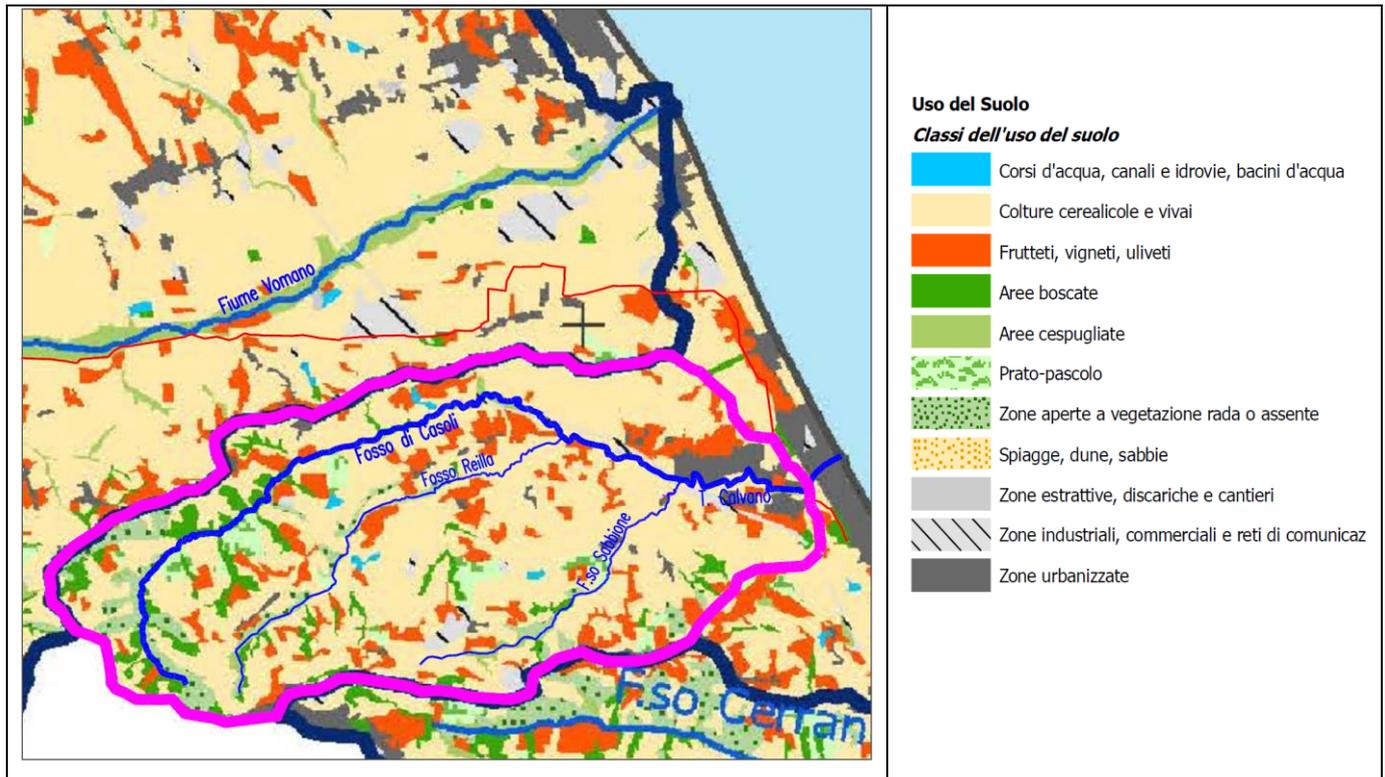


Fig.4.4/B: Bacino sulla Carta Uso del suolo

Dall'esame della Carta litologica si rileva che il bacino ricade su complessi argillosi, e dunque su terreni poco permeabili.

Dall'uso del suolo si rileva che nel bacino sono molto ridotte le aree urbanizzate, le quali sono localizzate in prossimità della foce. I terreni sono coltivati prevalentemente con colture cerealicole, con presenza significativa di frutteti, aree boscate e cespugliate.

Infine per quanto riguarda le pendenze dei versanti media risulta nell'ordine del 15-20%.

Pertanto in considerazione delle caratteristiche peculiari del bacino e facendo riferimento ai valori suggeriti nelle tabelle di cui al sottoparagrafo precedente si è cautelativamente assegnato un coefficiente di deflusso (c) pari a 0.65.

Coefficiente di laminazione (ε)

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso, si assume cautelativamente $\varepsilon=1$

L'altezza di pioggia ragguagliata (h_{ragg})

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 26 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Per la valutazione delle curve di possibilità pluviometrica ($h = at^n$), si è fatto riferimento alla stazione pluviometrica di "Atri", per la quale nell'ambito degli studi del PSDA sono state eseguite le elaborazioni statistiche sui dati estremi di pioggia (1, 3, 6, 12, 24h). La stazione è posizionata in prossimità dello spartiacque del bacino in esame e pertanto risulta idrologicamente rappresentativa.

Qui di seguito si riportano i parametri caratteristici per la valutazione delle curve di possibilità pluviometrica (fonte: *Elaborato r0601 studio PSDA della Regione Abruzzo - Allegato A, Tab.S*)

Stazione	m_1	n	$h_{1,20}$	$n(20)$	$h_{1,50}$	$n(50)$	$h_{1,100}$	$n(100)$	$h_{1,200}$	$n(200)$	$h_{1,500}$	$n(500)$
COLONNELLA	26.7	0.332	50.2	0.332	61.7	0.332	69.7	0.332	78.0	0.332	88.9	0.332
NERETO	25.9	0.283	48.7	0.283	59.8	0.283	67.6	0.283	75.6	0.283	86.2	0.283
GIULIANOVA SPIAG.	25.1	0.319	47.2	0.319	58.0	0.319	65.5	0.319	73.3	0.319	83.6	0.319
BELLANTE	28.0	0.292	52.6	0.292	64.7	0.292	73.1	0.292	81.8	0.292	93.2	0.292
ROSETO ABRUZZI	30.4	0.286	57.2	0.286	70.2	0.286	79.3	0.286	88.8	0.286	101.2	0.286
GUARDIA VOMANO	31.0	0.329	58.3	0.329	71.6	0.329	80.9	0.329	90.5	0.329	103.2	0.329
SILVI ALTA	26.7	0.262	50.2	0.262	61.7	0.262	69.7	0.262	78.0	0.262	88.9	0.262
ATRI	25.0	0.367	47.0	0.367	57.8	0.367	65.3	0.367	73.0	0.367	83.3	0.367
FARINDOLA	27.4	0.339	51.5	0.339	63.3	0.339	71.5	0.339	80.0	0.339	91.2	0.339
PENNE	23.9	0.355	44.9	0.355	55.2	0.355	62.4	0.355	69.8	0.355	79.6	0.355
MOSCUFO	21.5	0.339	40.4	0.339	49.7	0.339	56.1	0.339	62.8	0.339	71.6	0.339

Nella tabella precedente i parametri relativi alla stazione pluviometrica di riferimento (stazione di Atri) sono stati evidenziati in giallo.

4.4.3 Risultati delle elaborazioni idrologiche

I risultati delle elaborazioni idrologiche (condotte con il "metodo razionale") sono riportati nella tabella seguente.

Tab.4.4/B: Portate di piena valutate con il metodo indiretto

TR	a	n	tc(h)	Hr	FI	S (kmq)	Q (mc/s)
20	47.0	0.367	5.25	86.4	0.65	34.2	102
50	57.8	0.367	5.25	106.2	0.65	34.2	125
100	65.3	0.367	5.25	120.0	0.65	34.2	141
200	73.0	0.367	5.25	134.2	0.65	34.2	158
500	83.3	0.367	5.25	153.1	0.65	34.2	180

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 27 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

4.5. Portata di progetto

Si assume come portata di progetto (per le verifiche idrauliche di cui al capitolo seguente) la portata duecentennale (associata ad un tempo di ritorno di 200 anni), valutata con il metodo Afflussi-Deflussi e indicata nella tabella seguente:

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

Sezione	Superficie Bacino (kmq)	Qprogetto (mc/s)	qmax (mc/s·kmq)
Torrente Calvano / Sez. idrologica di studio	34.2	158	4.62

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 28 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

5. STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE

5.1. Presupposti e limiti dello studio

Nel presente capitolo sono descritte le procedure ed i risultati delle elaborazioni 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.

In generale le finalità ultime degli studi idraulici sono rappresentate dalla valutazione dei battenti idraulici e dall'individuazione delle eventuali fasce di esondazione e dei relativi tiranti idraulici, in concomitanza di prestabiliti eventi di piena.

Relativamente agli attraversamenti in subalveo da parte di metanodotti, lo studio è incentrato principalmente all'individuazione dei parametri idraulici di deflusso in alveo necessari per la valutazione delle erosioni al fondo nell'ambito d'attraversamento. Ciò con lo scopo di determinare i valori di copertura in alveo della condotta che assicurino gli adeguati margini di sicurezza nei confronti dei processi erosivi del letto fluviale, relativamente a tutta la vita utile dell'opera.

Come esposto nel capitolo precedente, le valutazioni idrauliche sono effettuate sulla base dell'evento di piena 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.

È tuttavia opportuno evidenziare che l'attraversamento in subalveo del corso d'acqua in esame (come meglio specificato nel seguito) verrà realizzato con posa della condotta in trenchless attraverso la tecnica della "TOC", che prevede una configurazione in subalveo curvilinea e che assicura profondità di posa molto elevate nei confronti delle quote di fondo del letto fluviale (ossia la condotta verrà posizionata con profondità ben oltre ogni ragionevole previsione dei processi erosivi del fondo alveo e dunque in condizioni di assoluta sicurezza).

Detto ciò, le valutazioni idrauliche di cui al capitolo presente (nonché le valutazioni dei processi erosivi di cui al capitolo seguente) sono state sviluppate esclusivamente per

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 29 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

completezza dell'elaborato ed assumono una funzione a titolo prettamente conoscitivo in merito alle specifiche argomentazioni in esame.

Lo schema utilizzato nello studio 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. I limitati dello studio sono quelli intrinseci del modello di calcolo e che le valutazioni idrauliche sono condotte comunque in riferimento ad un tratto limitato del corso d'acqua.

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

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

Infine, si ritiene opportuno evidenziare che lo studio risulta pertinente sia all'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 tali da modificarne le condizioni di deflusso della corrente.

5.2. Assetto geometrico e modellazione idraulica

5.2.1 Assetto geometrico di modellazione

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 150m.

I dati geometrici di base derivano dai DTM ricavati tramite voli Lidar con risoluzione 0.5x0.5m (specificatamente effettuati per la progettazione del metanodotto in esame) che hanno consentito la definizione delle caratteristiche geometriche dell'alveo e delle sponde lungo lo sviluppo del tronco d'alveo oggetto di analisi.

Entrando nello specifico, nella figura seguente è riportata una foto aerea, estrapolata da Google Earth, nella quale l'asta del corso d'acqua è indicata in colore celeste, le sezioni trasversali utilizzate per il calcolo idraulico sono indicate in magenta, mentre il tracciato del metanodotto in progetto è indicato in rosso.

La sezione 1 (RS60) coincide con la sezione di monte del tronco idraulico; la sezione 6 (RS10) rappresenta quella di valle.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 30 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

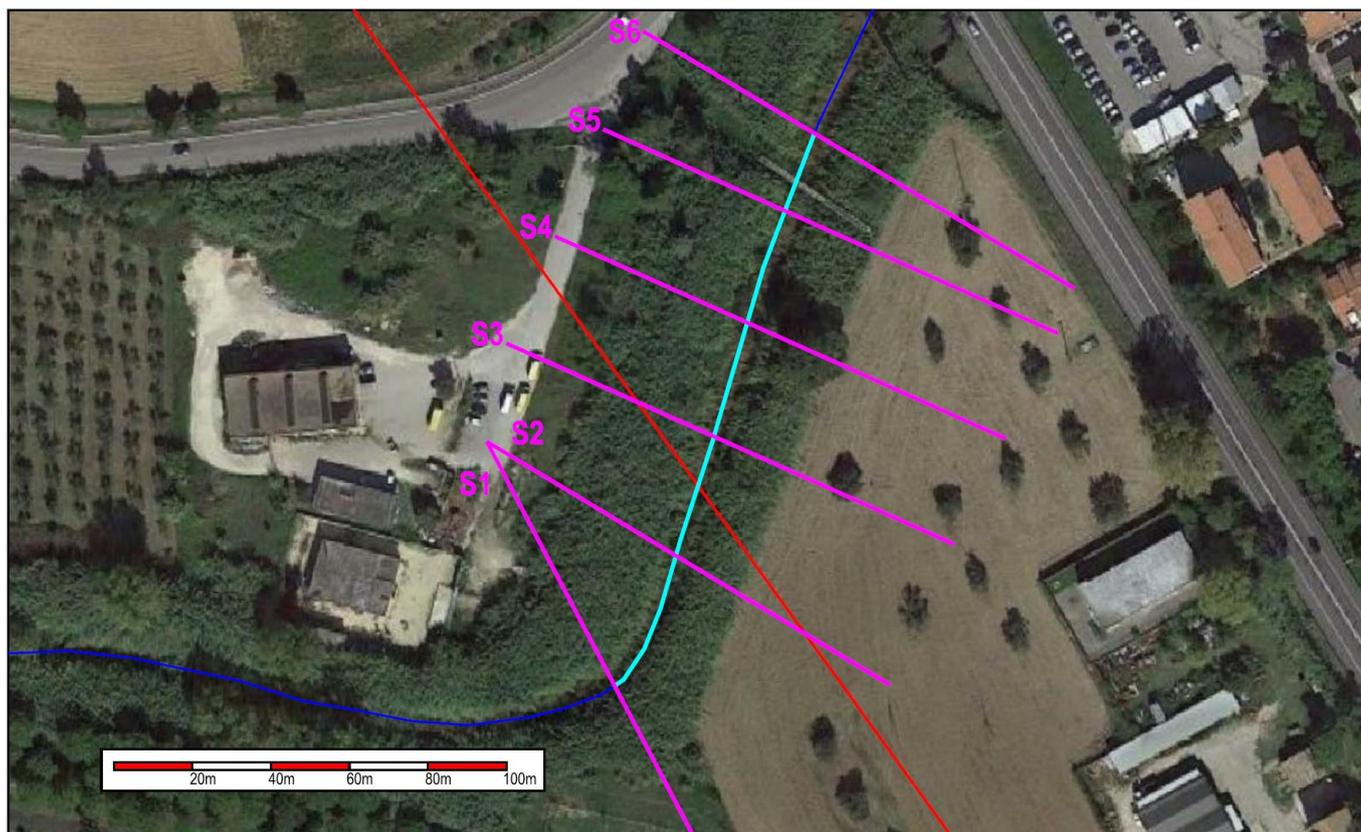


Fig.5.2/A: Foto aerea, con tronco d'alveo analizzato e sezioni di input

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

Tab.5.2/A: Sezioni di calcolo nella modellazione idraulica

RIVER STATION	SEZIONE TOPOGRAFICA	PROGRESSIVA (m)	Dist. dalla Sez. successiva (m)	DESCRIZIONE
RS60	Sez.1	0.00	37.38	<i>Sezione di monte</i>
RS50	Sez.2	37.38	31.99	
RS40	Sez.3	69.37	30.29	
RS30	Sez.4	99.66	30.17	
RS20	Sez.5	129.83	21.16	
RS10	Sez.6	150.99	0.00	<i>Sezione di valle</i>

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 31 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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.

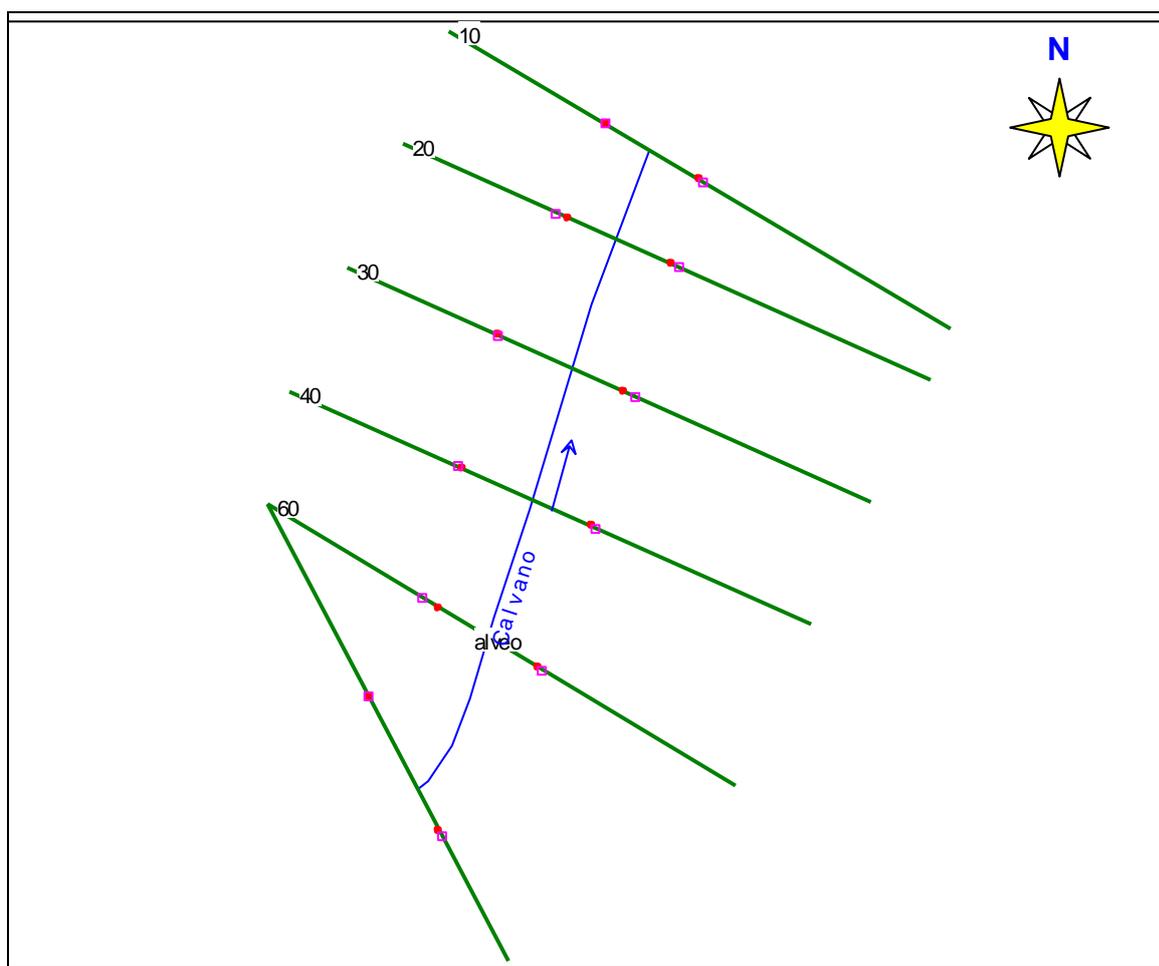


Fig.5.2/B: Modellazione geometrica in Hec Ras (RS60 a monte e RS10 a valle)

5.2.2 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:

- $Q_{200}=158$ mc/s

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 32 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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

Le condizioni al contorno imposte alle estremità del tronco d'alveo oggetto di studio sono costituite da un flusso in moto uniforme "normal depth" a monte (RS60) ed a valle (RS10), in considerazione delle pendenze al fondo individuate per i tratti immediatamente esterni alle estremità del tronco fluviale in esame.

Per quanto concerne il coefficiente d'attrito si è fatto riferimento agli indici di scabrezza di Manning "n", individuati in relazione alle caratteristiche peculiari rilevate nell'ambito in esame. Ossia:

- 0,030 per l'alveo medio principale (Chan);
- 0,050 per le aree 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 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 33 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

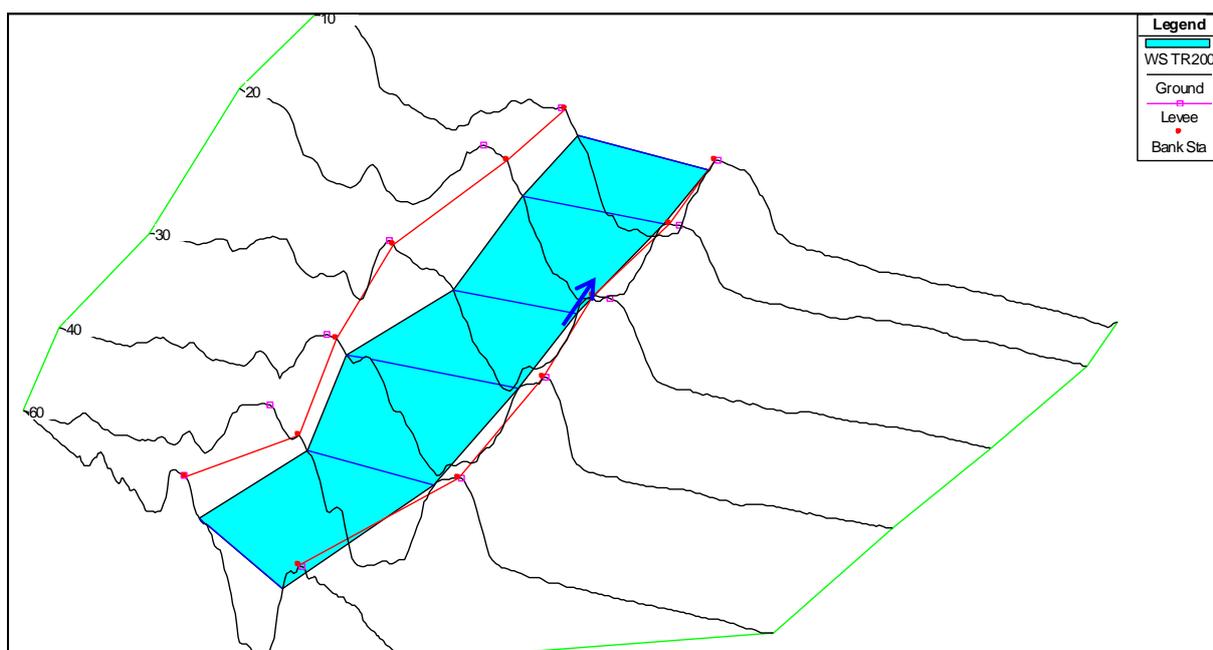


Fig.5.3/A: Schermata di Output del programma – visione prospettica (RS60: monte /RS10: valle)

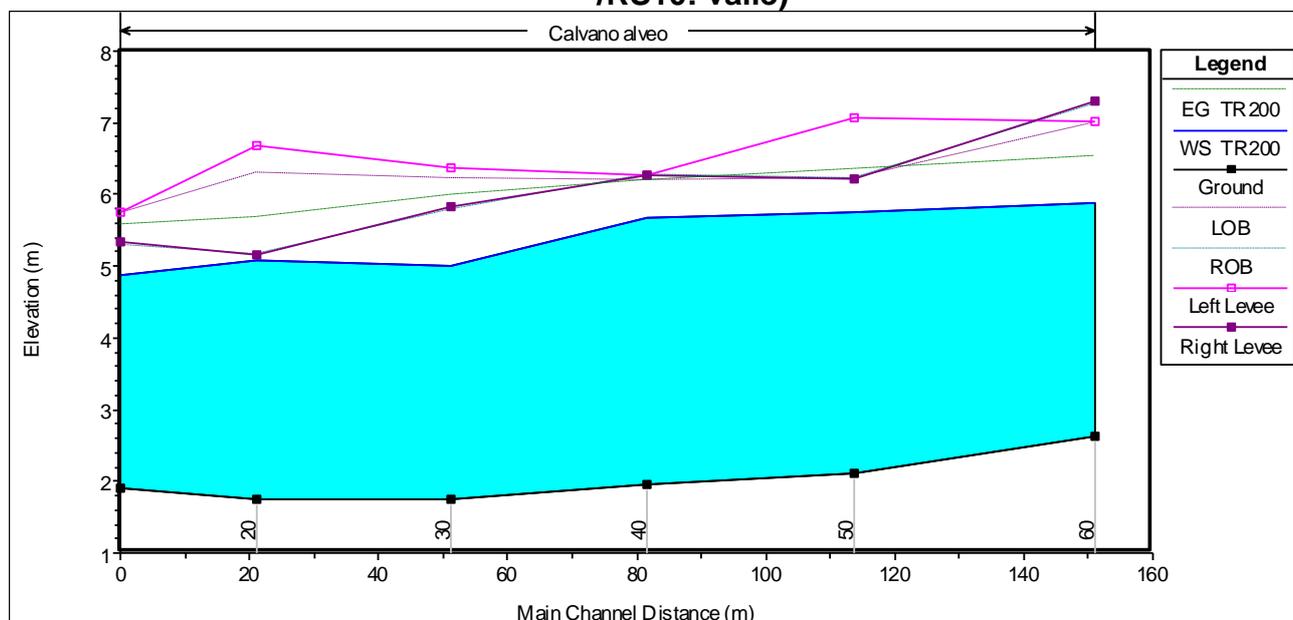


Fig.5.3/B: Schermata di Output del programma – Profilo longitudinale

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 34 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Tab.5.3/A: Tabella Riepilogativa di Output

River Station	Q Total (m3/s)	Q Chan (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)	Top Width Act Chl (m)	Hydr Depth C (m)	Shear Chan (N/m2)	Froude Chl
60	158	158.00	2.63	5.9	5.55	6.53	0.0055	3.54	44.65	24.33	24.33	1.83	92.4	0.83
50	158	158.00	2.1	5.76	5.18	6.35	0.0040	3.4	46.47	20.27	20.27	2.29	80.39	0.72
40	158	158.00	1.96	5.69	5.06	6.2	0.0039	3.16	50.02	24.92	24.92	2.01	71.42	0.71
30	158	158.00	1.76	5.01	5.01	5.99	0.0078	4.37	36.13	18.53	18.53	1.95	138.56	1.00
20	158	158.00	1.76	5.09	4.56	5.67	0.0039	3.36	47.06	21.33	21.33	2.21	78.15	0.72
10	158	158.00	1.91	4.89	4.55	5.56	0.0050	3.65	43.34	21.01	21.01	2.06	94.31	0.81

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

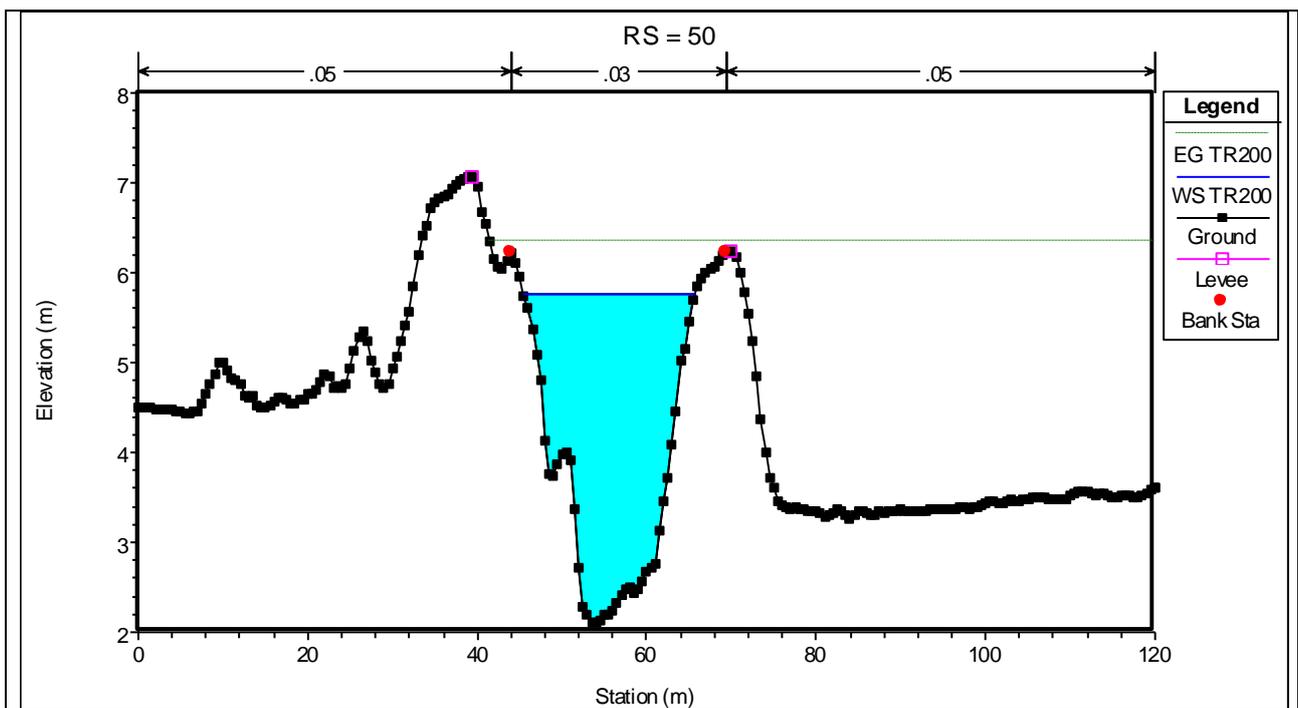
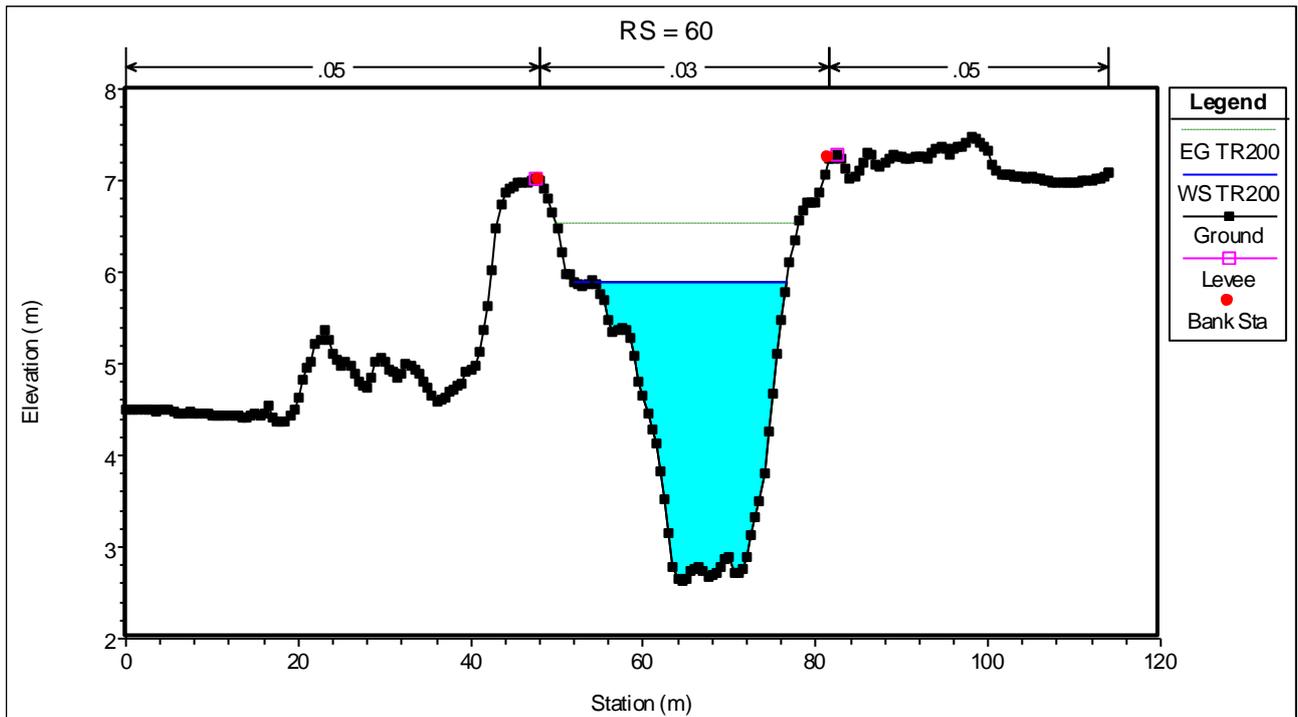
River Station:	Numero identificativo della sezione;
Q Total:	Portata complessiva defluente nell'intera sezione trasversale;
Q Chan:	Portata defluente nel canale principale (alveo attivo)
Min. Ch Elev:	Quota minima di fondo alveo;
W.S. Elev:	Quota del pelo libero;
Crit W.S.:	Quota critica del pelo libero (corrispondente al punto di minimo assoluto della curva 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 (alveo attivo);
Flow Area:	Area della sezione liquida effettiva;
Top Width:	Larghezza superiore della sezione liquida complessiva;
Top Width Act Chl:	Larghezza superiore della sezione liquida in alveo, senza includere eventuali flussi inefficaci;
Hydr Depth C:	Altezza liquida media nel canale principale (alveo attivo);
Shear Chnl:	Tensione di attrito nel canale principale (alveo attivo).
Froude Chnl:	Numero di Froude nel canale principale (alveo attivo);

Inoltre nella figura seguente si riportano le schermate di output delle varie sezioni principali di calcolo (Cross Section) considerate nell'elaborazione di calcolo.

Fig.5.3/C: Schermate di Output programma – Cross Section (RS60: monte /RS10: valle)

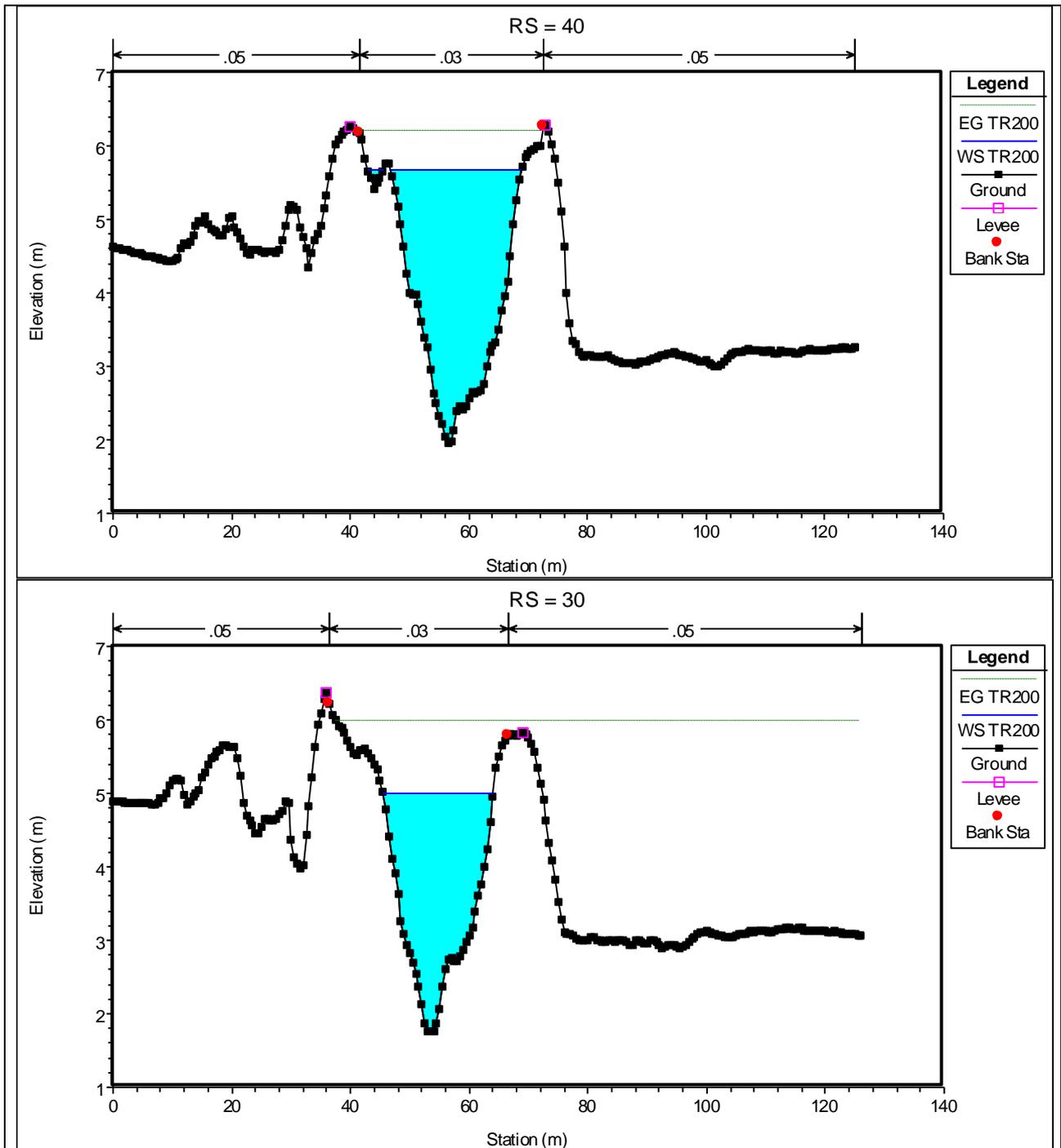
	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 35 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213



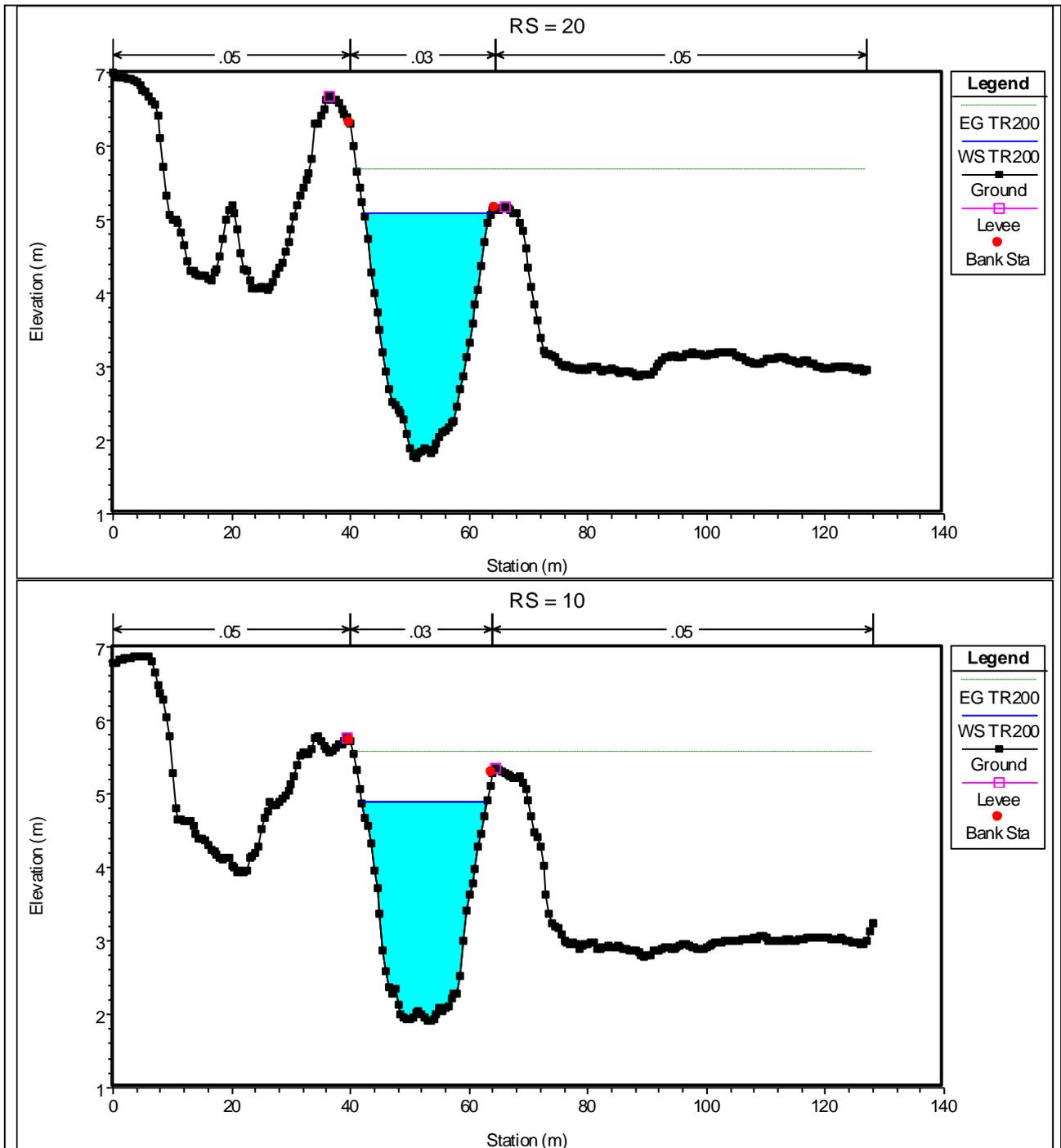
	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITA' REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 36 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213



	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 37 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213



5.4. Analisi dei risultati conseguiti

Nome File: 5718-001-P-RT-D-0018_0.doc

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 38 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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.

Dall'esame dei risultati della simulazione idraulica, si rileva che nel tronco idraulico considerato la sezione d'alveo risulta in grado di contenere la portata di progetto (portata duecentennale), seppur il franco idraulico in alcuni casi risulta molto esiguo (di poche decine di centimetri).

La velocità media di deflusso, in concomitanza dell'evento considerato, risulta generalmente dell'ordine dei 3.5÷4 m/s.

Per le valutazioni 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 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 39 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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;

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 40 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

- 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.

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.

Fra i modelli più noti atti a determinare il valore dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota iniziale del fondo alveo durante la manifestazione di piene (Schoklitsh,

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 41 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Eggemberger, Adami, ecc.), la formula di Schoklitsh¹ è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici ed è quella maggiormente impiegata (con risultati soddisfacenti) per gli attraversamenti in subalveo di corsi d'acqua da parte delle condotte (soprattutto nel campo dei metanodotti).

In ragione di quanto detto, per la valutazione degli approfondimenti localizzati in alveo rispetto alla quota 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 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;
- **h₀** = il livello medio del battente idrico in alveo;
- **q** = Q_{Max}/L è la portata specifica media in alveo, per unità di larghezza L;
- **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 della pendenza locale del fondo alveo in corrispondenza della massima incisione, moltiplicata per una lunghezza (in asse alveo) pari all'altezza idrica di piena considerata.

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.

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

¹ Schoklitsh A., "Stauraum verlandung und kolkbewehr", Springer ed., Vienna, 1935.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 42 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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 studiate² 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 Italia³, 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 medio di piena (**h_o**), ovvero

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

Considerazioni sui metodi di calcolo impiegati

In Italia, negli ultimi 50÷60 anni circa, per la progettazione di attraversamenti in subalveo dei metanodotti, l'applicazione dei metodi sopracitati (che si completano con la valutazione dell'erosione massima in alveo, in considerazione del valore maggiore tra gli approfondimenti localizzati e le arature di fondo individuati nel tronco fluviale in esame) risultano quelli maggiormente impiegati, anche in considerazione di una vastissima casistica di situazioni litologiche e morfologiche nei contesti fluviali d'intervento.

² Si veda la sintesi di questi lavori in Graf W.H., "Hydraulics of sediment transport"; McGraw-Hill, U.S.A.; 1971.

³ Zanovello A., Sulle variazioni di fondo degli alvei durante le piene; L'Energia elettrica, XXXIV, n. 8; 1959.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 43 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Sulla base delle esperienze acquisite, ossia sulla base dei riscontri conseguiti nel tempo, i risultati sono assolutamente positivi. Infatti, dall'analisi storica, problematiche di erosioni in alveo che hanno determinato la scopertura di condotte si sono verificate solo in rarissimi casi correlabili a situazioni estremamente particolari e non considerate adeguatamente in fase di progetto, ossia per il crollo di briglie localizzate poco a valle degli attraversamenti, oppure per effetto di azioni antropiche in alveo (ad esempio per estrazioni incontrollate di ingenti quantitativi di inerti).

In definitiva, sulla base dei riscontri delle esperienze acquisite, si può ritenere che l'impiego dei metodi sopracitati, unitamente all'applicazione di adeguati coefficienti di sicurezza (valutati anche in funzione delle condizioni peculiari rilevati nel contesto d'intervento), consentono di garantire all'infrastruttura lineare in progetto condizioni di sicurezza adeguate nei confronti dei processi erosivi di fondo alveo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 44 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

6.3. Stima dei massimi approfondimenti d'alveo attesi

Le valutazioni dei fenomeni erosivi sono state eseguite in riferimento all'evento di piena duecentennale (TR=200 anni), i cui parametri di deflusso nelle sezioni di studio sono riportati nel capitolo precedente.

A tal proposito nella tabella seguente si riportano i valori delle erosioni di fondo alveo, valutati nelle varie sezioni considerate nello studio idraulico.

In particolare, i valori riportati in nero sono stati estrapolati dai parametri caratteristici del deflusso (di cui alla Tab.6.3/A); mentre i valori riportati in blu sono stati valutati in considerazione degli algoritmi descritti nel paragrafo precedente. Le ultime due colonne rappresentano rispettivamente i valori relativi agli approfondimenti localizzati e alle arature di fondo.

Tab.6.3/A: Erosioni nel fondo alveo

River Station	Q Total (m ³ /s)	Q Chan (m ³ /s)	Vel Chnl (m/s)	Top Width Act Chl (m)	Hydr Depth C (m)	Portata specifica (m ³ /s m)	Carico totale (m)	Approfond. Localizzati (m)	Arature di fondo (m)
60	158	158.00	3.54	24.33	1.83	6.49	2.47	1.36	0.92
50	158	158.00	3.4	20.27	2.29	7.79	2.88	1.53	1.15
40	158	158.00	3.16	24.92	2.01	6.34	2.52	1.36	1.01
30	158	158.00	4.37	18.53	1.95	8.53	2.92	1.58	0.98
20	158	158.00	3.36	21.33	2.21	7.41	2.79	1.49	1.11
10	158	158.00	3.65	21.01	2.06	7.52	2.74	1.48	1.03

6.4. Analisi dei risultati e considerazioni progettuali

Sulla base delle valutazioni di cui al paragrafo precedente si evince che, relativamente al tronco d'alveo analizzato (all'interno del quale ricade l'interferenza del metanodotto in progetto), la massima erosione attesa al fondo alveo, in concomitanza dell'evento di piena di progetto, è stata valutata in 1.58m.

Conseguentemente, assegnando a livello conservativo un coefficiente di sicurezza pari a 1.5, al fine di garantire una adeguata sicurezza all'infrastruttura lineare in progetto nei confronti dei processi erosivi di fondo alveo, risulta necessario prevedere il posizionamento in subalveo della condotta con una copertura minima (profondità della giacitura superiore della tubazione dalla quota di fondo alveo) non inferiore a 2.40m.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 45 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

7. METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

7.1. Metodologia costruttiva: TOC

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

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

Tale tecnica costruttiva è stata individuata nel caso specifico con lo scopo di salvaguardare dalle operazioni di scavo i corpi arginali presenti nell'area di attraversamento ed al seguito della verifica di disponibilità di spazi per l'allestimento della colonna varo. Si specifica inoltre che nell'ambito della medesima trivellazione verrà eseguito anche il sub-attraversamento della strada provinciale S.P.n.28, localizzato ad una distanza di circa 70÷80m dalla sponda sinistra del Calvano.

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

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

7.2. Configurazione geometrica di progetto

Considerazioni preliminari

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 46 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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

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

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

- le elevate profondità di posa del tunnel presuppongono percorsi preferenziali di filtrazione lungo il suo profilo molto più lunghi di quelli che si avrebbero naturalmente;
- le distanze in orizzontale e le profondità della trivellazione dalle sponde sono particolarmente elevate e dunque sono tali da escludere qualsiasi alterazione dello stato tensionale e di deformazione in superficie.
- La copertura minima individuata per la trivellazione in progetto risulta inoltre tale da assicurare ampi margini di sicurezza rispetto agli eventuali fenomeni erosivi di fondo alveo determinati dalla corrente idrica.

Configurazione di progetto

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

Le principali caratteristiche geometriche del tunnel sono:

- Lunghezza dello sviluppo complessivo della trivellazione: di 323m circa;
- Sviluppo complessivo dei tratti rettilinei: 88 m circa;
- Sviluppo del tratto curvilineo: 235 m circa;
- Raggio di curvatura del tratto curvilineo pari a: 500 m;
- Postazione Rig (entrata trivellazione): in destra idrografica, nel lato valle in senso gas;
- Postazione uscita trivellazione: in sinistra idrografica, nel lato monte in senso gas;
- angoli sull'orizzontale di entrata e di uscita della trivellazione rispettivamente di 12° e di 15°;
- Pista di varo: lato in sinistra idrografica;
- copertura minima della trivellazione dalle quote di fondo alveo: di 12.80metri circa;

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 47 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

- copertura minima della trivellazione dal piede esterno degli argini: in destra - 13.40metri circa;

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

7.3. Considerazione inerenti alla geometria di trivellazione

La copertura minima in subalveo di progetto, essendo di oltre 12m, risulta ben oltre ad ogni ragionevole possibilità di erosione di fondo alveo del corso d'acqua.

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

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

7.4. Descrizione del sistema operativo TOC

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

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

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

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

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

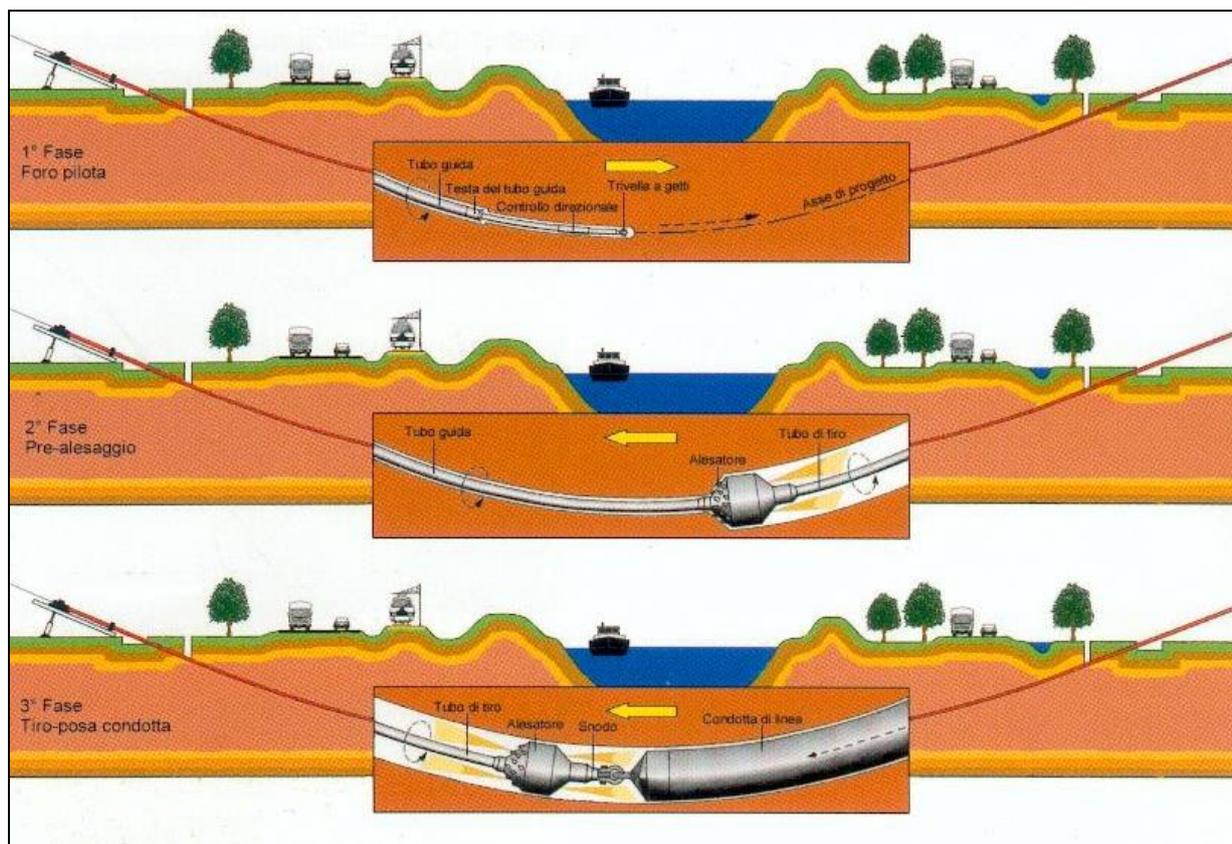
	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 48 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

realizzazione del foro pilota, si passa direttamente all'esecuzione della condotta tiro-posa della condotta.

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

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



T.O.C.- Fasi di lavoro

Esecuzione del foro pilota

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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 49 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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

Al fine di minimizzare le interferenze con l'ambiente esterno e con le falde acquifere (a carattere esclusivamente fisico e comunque di entità molto limitata) si prevederà l'utilizzo di miscele bentonitiche.

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

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

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

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

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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 50 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213



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



	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 51 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Attraversamento F. Po con met. 30” – fase di uscita dell’asta pilota

Alesaggio del foro e tiro-posa della condotta

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

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

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

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

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

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

Montaggio della condotta

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

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

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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 52 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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

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



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

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

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

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

Ripristino dell'area di attraversamento

Al termine dei lavori, effettuati i collegamenti della sezione in tunnel con la tubazione di linea alle due estremità della trivellazione, si procede alle operazioni di recupero

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 53 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

ambientale dei luoghi. Smobilitato il cantiere di trivellazione, si passa ai movimenti terra per il ripristino morfologico del piano di campagna.

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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 54 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

8. ANALISI DELLA PROBLEMÁTICA DEL SIFONAMENTO

8.1. Premessa

In corrispondenza dell'ambito di attraversamento in esame si rileva la presenza di rilevati arginali che si elevano per un'altezza moderata nei confronti del piano campagna circostante (di circa 2÷2.5m). Tuttavia, con lo scopo di completezza di analisi dell'elaborato, nel presente capitolo viene presa in esame la problematica del sifonamento, connessa alla metodologia di trivellazione individuata ed alla geometria di posa in subalveo prevista in progetto.

8.2. Generalità

Come è noto, il sifonamento può essere descritto come un flusso concentrato di acqua in cui la velocità è sufficientemente alta da provocare il trasporto delle particelle più fini, anche in direzione verticale. L'inizio del trasporto è associato al raggiungimento di un gradiente di efflusso, detto gradiente critico, il cui valore è ricavabile dal rapporto tra il peso di volume del terreno immerso e quello del fluido in movimento.

Il fenomeno, una volta avviato, può innescare un processo regressivo di erosione con la formazione di buche e cavità nel terreno di fondazione dell'argine, conducendo di conseguenza ad una continua amplificazione delle portate e della erosione.

Nonostante sia noto che i terreni maggiormente soggetti a rischio di sifonamento siano quelli non coesivi, sabbiosi ed uniformemente gradati, la previsione del rischio effettivo presenta ampi margini di incertezza. Le difficoltà di previsione scaturiscono dal peso che, nella dinamica del problema, assumono una serie di fattori locali quali la effettiva distribuzione granulometrica del terreno, l'omogeneità delle caratteristiche di permeabilità e granulometria, la disponibilità di eventuali componenti di resistenza al taglio di natura coesiva dovuta alla presenza di materiali fini.

Vale la pena, tuttavia, precisare come le esperienze acquisite nel campo del *Horizontal Directional Drilling*, tanto in Italia quanto all'estero, mostrano che se correttamente eseguite (elevate profondità di perforazione, ridotta cavità tra tubo e terreno), sono adeguatamente sufficienti per prevenire i rischi di sifonamento.

Da tali considerazioni emerge come, in fase di progetto, sia necessario verificare che il sistema venga configurato in modo da garantire adeguati coefficienti di sicurezza al sifonamento; questo tipo di verifica deve essere condotto, valutando di volta in volta se

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 55 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

esistono condizioni geotecniche, idrauliche e geometriche tali da innescare il fenomeno ed adottando coefficienti di sicurezza commisurati al livello di conoscenza acquisito.

8.3. Metodologie di calcolo

Con lo scopo di mostrare quanto la geometria della trivellazione individuata per il progetto d'interesse sia tale da configurare elevate condizioni di sicurezza per sifonamento, nelle verifiche mostrate nei paragrafi seguenti, si suppone che l'asse di trivellazione costituisca un percorso preferenziale di filtrazione a permeabilità superiore rispetto al terreno in situ.

Si presuppone quindi che la fase più critica per tale configurazione si abbia a breve termine e precisamente a conclusione delle fasi di avanzamento nella trivellazione del tunnel in quanto a lungo termine le presupposte cavità presenti in prossimità della condotta si intasano velocemente per effetto del consolidamento del terreno.

Nelle condizioni ordinarie per le quali le trivellazioni sono giudicate fattibili si può senz'altro escludere la possibilità che, a lungo termine, attorno alla condotta possa configurarsi, in modo continuo lungo il profilo di trivellazione, una fascia di terreno che rispetto a quello in situ possa rappresentare una "via preferenziale" per i moti di filtrazione delle acque di sub-alveo.

Le problematiche legate alla interferenza tra la realizzazione dell'attraversamento ed il regime di filtrazione di sub-alveo, assumono importanza progettuale crescente con l'aumentare del carico idraulico; mentre nessun problema può rilevarsi per alvei incisi, il cui moto di filtrazione avviene longitudinalmente lungo il corso d'acqua, all'opposto di quanto avviene per alvei pensili il cui moto può avvenire trasversalmente al corso d'acqua. Le metodologie disponibili per i calcoli di verifica variano dai metodi basati su soluzioni semplificate di tipo empirico, analitico e numerico in grado di fornire rapide valutazioni fino ai metodi a differenze ed elementi finiti, in grado di descrivere situazioni complesse nello spazio tridimensionale.

Tuttavia, alla precisione matematica dei modelli più sofisticati non corrisponde un'altrettanta affidabilità dei dati di input che ne definiscono il campo; relativamente al coefficiente di permeabilità, sono infatti da evidenziare due ordini di difficoltà.

La prima è relativa alla schematizzazione spaziale delle caratteristiche di permeabilità dei terreni in situ: il gradiente del coefficiente di permeabilità dipende spiccatamente dalla variabilità litologica e stratigrafica dei terreni, dal loro grado di consolidazione e dal loro comportamento anisotropo; da qui la necessità di disporre di un esteso campionamento, spesso oneroso. A questo, sono da aggiungere le difficoltà legate alla omogeneità dei

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 56 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

valori misurati con le prove di permeabilità (per i coefficienti di permeabilità sono rilevabili differenze dell'ordine di 10 volte tra le prove in situ e quelle su campioni indisturbati).

La seconda difficoltà è attinente alla determinazione del coefficiente di permeabilità dell'insieme "terreno - fango di perforazione" in quanto esso è dipendente da numerosi fattori, come la composizione reologica del fango, le modalità esecutive e la natura del terreno. In aggiunta, tale valore è generalmente variabile nel tempo (con la consolidazione) e lungo il profilo della trivellazione stessa.

Per questi motivi in determinate situazioni può risultare praticamente inutile ricorrere a modelli di calcolo estremamente sofisticati. Viceversa, l'impiego di soluzioni analitiche semplificate può condurre a soluzioni affidabili, in termini di sicurezza, se i modelli di calcolo e le schematizzazioni introdotte sono attinenti alle situazioni reali.

Le metodologie di calcolo di seguito utilizzate sono i seguenti:

- Metodo del gradiente
- Metodo di Lane
- Metodo olandese

A tal proposito qui di seguito si riporta la sezione schematica di riferimento per le verifiche di sifonamento (a scopo precauzionale si assume che il franco idraulico sia nullo).

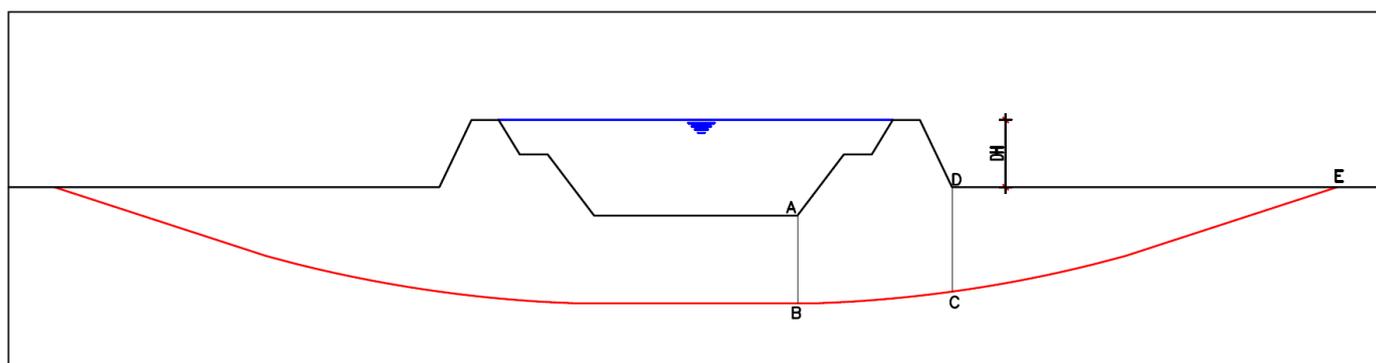


Fig. 8.3/A: Sezione schematica per le verifiche al sifonamento

Metodo del gradiente

L'azione viscosa dell'acqua provoca un trasferimento di energia fra l'acqua e il terreno: fra due punti distanti Δs lungo una linea di corrente, infatti, si ha una perdita di carico Δh . La forza corrispondente si chiama forza di filtrazione: al suo aumentare al di sopra di un certo valore può provocare il fenomeno del sifonamento che consiste nell'asportazione di granuli

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 57 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

di terreno e il conseguente sempre più veloce moto di filtrazione fino al formarsi di veri e propri canali di flusso.

La velocità limite del moto di filtrazione al di sopra della quale si inizia ad avere asportazione di particelle di terreno corrisponde ad un cosiddetto gradiente critico i_{cr} dato da:

$$i_{cr} = (\gamma_s - \gamma_w) / \gamma_w = \gamma' / \gamma_w$$

dove:

- γ_s : peso specifico dei granuli
- γ_w : peso specifico dell'acqua
- γ' : peso specifico sommerso dei granuli

Il gradiente idraulico che determinerebbe il moto di filtrazione lungo il percorso di trivellazione è funzione della sua lunghezza L (minimo percorso tra ABCE e ABCD, si veda Fig. 8.3/A) e della perdita di carico Δh , cioè il dislivello tra livello di massima piena prevista e piede dell'argine secondo la relazione:

$$i = \Delta h / L$$

Il fattore di sicurezza nei confronti del sifonamento risulta pertanto:

$$F_s = i_{cr} / i = i_{cr} \cdot L / \Delta h$$

Il metodo non tiene conto di differenziazioni tra percorsi orizzontali e percorsi verticali; nel calcolo, per tenere in conto il disturbo provocato dalla trivellazione lungo il tratto orizzontale, si considera un peso di volume del terreno ridotto di circa il 15% rispetto al valore del terreno indisturbato in posto. In tal modo si tiene conto della situazione peggiore che si ha quando il terreno intorno al foro non ha ancora avuto modo di consolidarsi del tutto.

In aggiunta, per ulteriore cautela, al fine di tenere conto anche dell'eventuale scadimento delle proprietà dei terreni lungo la zona trivellata, il tratto orizzontale viene ulteriormente penalizzato di un fattore 2.

In accordo con le nuove NTC 2018 (6.2.4.2 *Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi idraulici*) si ritiene soddisfatta la verifica quando si ottiene un $F_s \geq 3$ (v. stralcio NTC nella Figura seguente).

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 58 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

nel caso di frontiera di efflusso libera, la verifica a sifonamento si esegue controllando che il gradiente idraulico i risulti non superiore al gradiente idraulico critico i_c diviso per un coefficiente parziale $\gamma_R = 3$, se si assume come effetto delle azioni il gradiente idraulico medio, e per un coefficiente parziale $\gamma_R = 2$ nel caso in cui si consideri il gradiente idraulico di efflusso;

Fig. 8.3/B: Stralcio NTC 2018 – 6.2.4.2

Criterio di Lane

Dall'osservazione sperimentale di una numerosa casistica, Lane verificò che i percorsi sub-orizzontali H (con inclinazione inferiore a 45°) offrono una resistenza dell'ordine di 1/3 rispetto a quella dei percorsi sub-verticali V. Conseguentemente il coefficiente di sicurezza medio ponderale è data da:

$$F_s = (1/3 H + V) / \Delta h$$

I valori di F_s minimi raccomandati da Lane sono funzione del tipo di terreno, in accordo con la tabella qui di seguito riportata

MATERIALE	F_s
Sabbia fine o limo	8.5 ÷ 7
Sabbia media	6
Sabbia grossolana	5
Ghiaia fine	4
Ghiaia media	3.5
Ghiaia grossolana	3
Argilla tenera	2
Argilla dura	1.6 ÷ 1.8

Nei calcoli si è considerato il percorso più breve tra ABCD (AB e CD verticali, BC orizzontale) e il percorso ABCE (AB verticale, BCE orizzontale).

Con questo metodo non è possibile introdurre i coefficienti correttivi previsti dalle NTC 2008. L'effetto turbativo dovuto dalla presenza della perforazione nel tratto orizzontale viene tenuto in conto dal fattore riduttivo di 1/3 da applicarsi ai percorsi di filtrazione nella direzione orizzontale.

Metodo olandese

Il metodo olandese (NEN 3050-3051 Provincie di Zuid, Holland, 1985) rappresenta il confronto tra la lunghezza totale del percorso di filtrazione a seguito della trivellazione e quello più breve ipotizzabile nel corpo arginale nella situazione preesistente alla trivellazione. La lunghezza del percorso L a lavori eseguiti è stata assunta come il minimo

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 59 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

tra i percorsi ABCD e ABCE, tenendo in conto la differenziazione tra percorso orizzontale (penalizzato di un fattore 1/3) e percorso verticale.

Il percorso di filtrazione nell'ambito del rilevato arginale L_{arg} viene stimato, per cautela, come il più lungo, cioè quello corrispondente al tratto congiungente il piede interno con quello esterno dell'argine (tratto AD).

Il fattore di sicurezza indica quanto più lungo è il tragitto dell'acqua di filtrazione lungo la zona interessata dal passaggio della TOC (ABCD o ABCE) rispetto al percorso più sfavorevole nel corpo arginale nelle condizioni antecedenti la trivellazione (AD) ($FS = L / L_{arg}$).

Per ulteriore cautela, al fine di tenere conto anche dell'eventuale scadimento delle proprietà dei terreni lungo la zona trivellata, il tratto orizzontale viene ulteriormente penalizzato di un fattore 2, così da portare ad 1/6 il peso della sua lunghezza di filtrazione, mentre il percorso nel rilevato arginale viene penalizzato solo di un fattore 3.

L'effetto turbativo dovuto dalla presenza della perforazione nel tratto orizzontale viene tenuto in conto dal fattore riduttivo di 1/6 da applicarsi ai percorsi di filtrazione nella direzione orizzontale.

La verifica si ritiene soddisfatta se risulta $F_s = (AB + 1/6BC + CD) / (AD/3) > 1$.

8.4. Risultati

Sono state eseguite le verifiche a sifonamento in entrambi i rilevati arginali (sia in sinistra, che in destra idrografica), in considerazione delle n.3 metodologie di calcolo descritte nel paragrafo precedente.

Per quanto riguarda i battenti idraulici, a scopo conservativo, non è stato considerato l'eventuale presenza di franchi idraulici, ossia il carico totale è stato valutato in considerazione dell'altezza massima dei rilevati arginali.

I risultati dei calcoli sono stati riportati nella tabella seguente.

Tab.8.4/A: Caratteristiche geometriche (rif. Fig.8.3/A) e risultati del calcolo di filtrazione

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE							
CORSO D'ACQUA	ARGINE	PERCORSI IDRICI					BATTENTE
		AB	BC	CD	CE	AD	DH
Torrente Calvano	Argine dx	14.61	18.83	13.38	>>AD	18.76	2.41
	Argine sx	14.98	25.44	17.35	>>AD	25.50	1.96

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 60 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

RISULTATI VERIFICHE AL SIFONAMENTO							
METODO GRADIENTE		CRITERIO DI LANE			METODO OLANDESE		
$L=AB+1/2BC+CD$	$Fs=icr \cdot L/DH$	$L=AB+1/3BC+CD$	Flane	$Fs (>Flane)$	$L=AB+1/6BC+CD$	$Larg=AD/3$	$Fs=L/Larg$
37.41	9.31	34.27	7	14.22	31.13	6.25	4.98
45.05	13.79	40.81	7	20.82	36.57	8.50	4.30

Dall'esame della tabella precedente si rileva che, seppur sono stati adottati degli approcci cautelativi, tutte le verifiche effettuate hanno mostrato fattori di sicurezza ampiamente soddisfacenti.

Pertanto, si può affermare che la tecnica e la geometria d'attraversamento garantiscono margini di sicurezza adeguati nei confronti della problematica del sifonamento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 61 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

9. VALUTAZIONI INERENTI ALLA COMPATIBILITÀ IDRAULICA

9.1. Premessa

Il Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni (PSDA) per il territorio ricompreso nei 14 Bacini Idrografici abruzzesi di rilievo regionale con esclusione del Bacino Interregionale del Fiume Sangro, è stato adottato con DGR 1050 del 5 Novembre 2007 ed approvato con DCR del 29 Gennaio 2008, Verbale N° 94/5. Per quanto riguarda il territorio abruzzese ricompreso nel Bacino Idrografico Interregionale del Fiume Sangro, il PSDA è stato adottato con DGR N° 237 del 31 Marzo 2008 ed approvato con DCR n.101/5 del 29 Aprile 2008.

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 soppresse 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 Piani di bacino 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.

9.2. PSDA - Analisi disposizioni per le aree di pericolosità idraulica

Il PSDA, individua e perimetra le aree di pericolosità idraulica attraverso la determinazione dei livelli corrispondenti a condizioni di massima piena valutati con i metodi scientifici dell'idraulica.

In tali aree il Piano ha la finalità di evitare l'incremento dei livelli di pericolo e rischio idraulico, impedire interventi pregiudizievoli per il futuro assetto idraulico del territorio, salvaguardare e disciplinare le attività antropiche, assicurare il necessario coordinamento con il quadro normativo e con gli strumenti di pianificazione e programmazione in vigore.

Il PSDA individua n.4 livelli di pericolosità idraulica, ossia:

- pericolosità idraulica molto elevata (P4);
- pericolosità idraulica elevata (P3);
- pericolosità idraulica media (P2);
- pericolosità idraulica moderata (P1);

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 62 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Inoltre, il PSDA perimetra le aree a rischio idraulico all'interno delle aree di pericolosità idraulica, esclusivamente allo scopo di individuare ambiti ed ordini di priorità degli interventi di mitigazione del rischio, nonché allo scopo di segnalare aree di interesse per i piani di protezione civile. Tali aree sono classificate come di rischio molto elevato (R4), elevato (R3), medio (R2) e moderato (R1).

Norme Generali

Secondo l'Art. 7 delle NdA (Norme di Attuazione del Piano), tutti i nuovi interventi, opere ed attività ammissibili nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata, elevata e media sono realizzati o iniziati subordinatamente alla presentazione dello studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 8, se richiesto dalle NdA, in applicazione delle linee guida e dei criteri indicati nell'Allegato D.

Nelle aree di pericolosità idraulica sono consentiti esclusivamente gli interventi individuati dalle disposizioni degli articoli da 17 a 23, con inammissibilità di tutti gli altri, nel rispetto delle condizioni stabilite dallo studio di compatibilità idraulica ove richiesto.

Allo scopo di impedire l'aumento delle situazioni di pericolosità nelle aree di pericolosità idraulica perimetrata dal PSDA tutti i nuovi interventi, opere, attività previsti dallo stesso PSDA ovvero assentiti dopo la sua approvazione devono essere comunque tali da:

- non compromettere la riduzione delle cause di pericolosità, né la sistemazione idraulica a regime;
- conservare o mantenere le condizioni di funzionalità dei corsi d'acqua, facilitare il normale deflusso delle acque ed il deflusso delle piene;
- non aumentare il rischio idraulico;
- non ridurre significativamente le capacità di laminazione o invasamento nelle aree interessate;
- favorire quando possibile la formazione di nuove aree inondabili e di nuove aree permeabili;
- salvaguardare la naturalità e la biodiversità degli alvei.

Gli interventi elencati adottano normalmente le tecniche di realizzazione a basso impatto ambientale.

Interventi consentiti nelle Aree di Pericolosità Idraulica Molto Elevata (P4)

L'Art. 19 delle NdA indica come, fermo restando quanto stabilito negli articoli 7, 8, 9 e 10, nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata in materia di infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico sono consentiti esclusivamente:

- la manutenzione ordinaria e straordinaria di infrastrutture a rete o puntuali;

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 63 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

- la ricostruzione di infrastrutture a rete danneggiate o distrutte da calamità idrogeologiche, fatti salvi i divieti di ricostruzione stabiliti dall'articolo 3-ter del decreto legge n. 279/2000 convertito con modificazioni dalla legge n. 365/2000;
- le nuove infrastrutture a rete previste dagli strumenti di pianificazione territoriale, che siano dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili;
- l'ampliamento e la ristrutturazione di infrastrutture a rete e puntuali, destinate a servizi pubblici essenziali non delocalizzabili e prive di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili;
- i nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse;
- i nuovi attraversamenti di sottoservizi a rete;
- gli interventi di allacciamento a reti principali;
- i nuovi interventi di edilizia cimiteriale purché realizzati all'interno degli impianti cimiteriali esistenti;
- le attrezzature per il tempo libero, per la fruizione pubblica, occasionale e temporanea dell'ambiente e per le attività sportive ivi compreso i percorsi ciclabili e pedonali, laghetti di pesca sportiva fermo restando quanto disposto dall'art. 13 comma 1, previa installazione di sistemi di preallarme e compatibilmente con i piani di protezione civile.

Inoltre gli interventi consentiti dal presente articolo:

- devono essere conformi ai piani di protezione civile;
- non possono incrementare in modo significativo le aree impermeabili esistenti se non stabilendo idonee misure compensative;
- non possono aumentare il carico urbanistico esistente nell'area interessata;
- sono basati su progetti che dimostrano l'esistenza della sicurezza idraulica o prevedono misure di messa in sicurezza da realizzare preventivamente o contestualmente all'intervento e misure compensative di miglioramento del regime idraulico e riqualificazione fluviale.

Interventi consentiti nelle Aree di Pericolosità Idraulica Elevata (P3), Media (P2) e Moderata (P1)

Fermo restando quanto stabilito negli articoli 7, 8, 9 e 10 delle NdA, nelle aree di pericolosità idraulica elevata sono consentiti, tra gli altri (Art. 20 delle NdA), gli interventi, le opere e le attività ammessi nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata. Lo studio di compatibilità idraulica viene sempre richiesto in tali casi.

Fermo restando quanto stabilito negli articoli 7, 8, 9 e 10, nelle aree di pericolosità idraulica media sono consentiti tra gli altri (Art. 21 delle NdA), gli interventi, le opere e le

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 64 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

attività consentiti nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata ed elevata, alle medesime condizioni rispettivamente stabilite, nonché la realizzazione e l'ampliamento di opere ed infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico.

Tali interventi:

- devono essere conformi ai piani di protezione civile;
- richiedono lo studio di compatibilità idraulica.

Nelle aree di pericolosità idraulica moderata è demandato agli strumenti urbanistici ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio, le nuove costruzioni, gli interventi sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione d'uso, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, conformemente alle prescrizioni generali degli articoli 7, 8, 9 e 10 e a condizione di impiegare tipologie e tecniche costruttive idonee alla riduzione della pericolosità e dei danni potenziali (Art. 22 delle Nda).

9.3. Interferenze con PSDA nell'ambito di attraversamento del corso d'acqua

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico in scala 1:10.000, 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 corso d'acqua (indicato con un cerchio in blu) e più in generale con le aree censite nel PSDA a pericolosità idraulica (riportate mediante delle campiture semi-trasparenti con varie tonalità di blu).

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 65 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

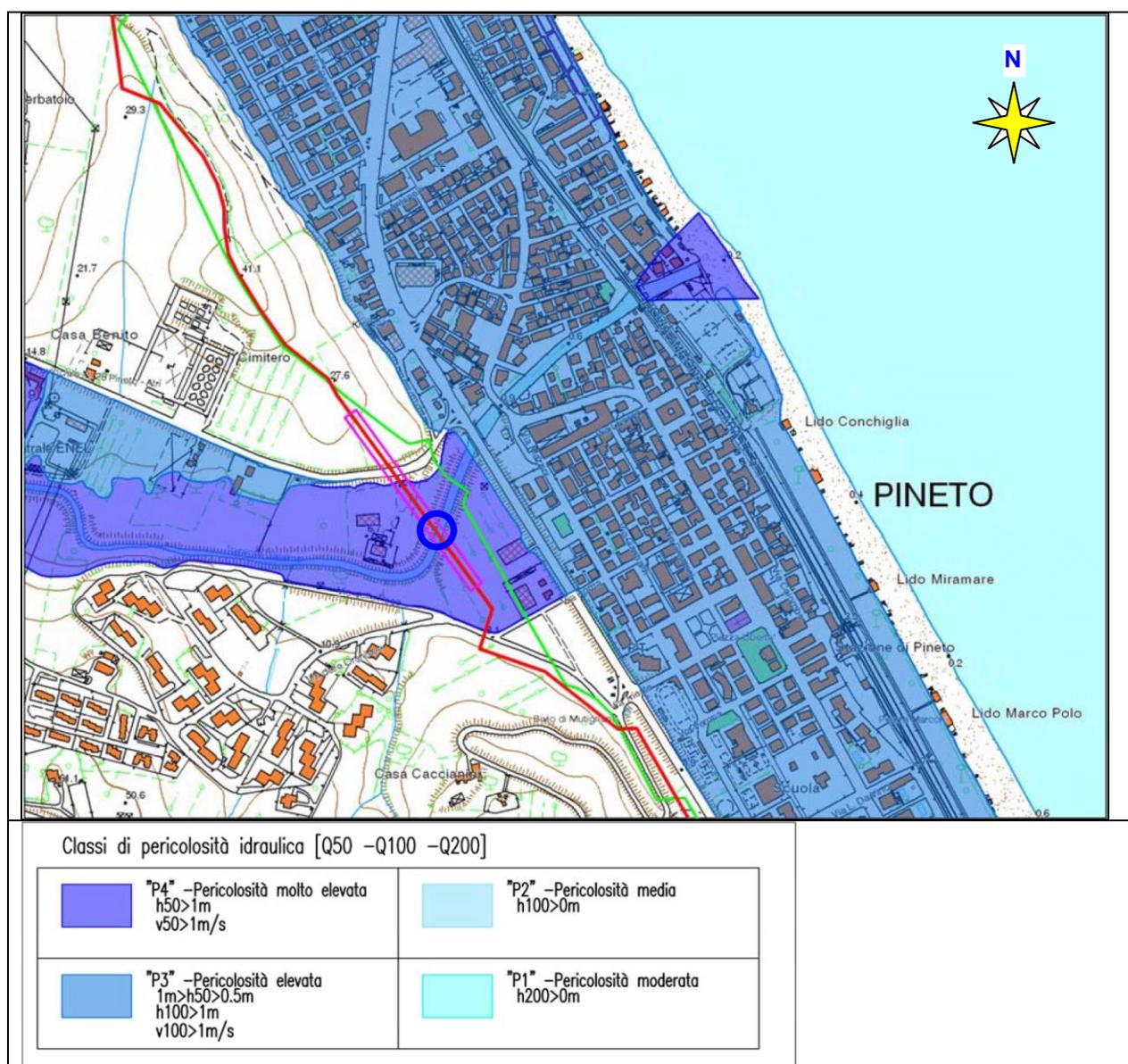


Fig.9.3/A: Interferenze tra metanodotto in progetto con le aree a "Pericolosità Idraulica"

Dall'analisi della figura precedente si rileva che l'attraversamento del corso d'acqua ricade in un ambito dove nell'intorno s'individuano delle aree potenzialmente inondabili e dunque censite a pericolosità idraulica.

Dalla stessa figura si rileva, inoltre, che sia l'alveo del corso d'acqua (indicato con un cerchio in blu), che tutte le aree censite a pericolosità idraulica in sinistra idrografica, che buona parte delle aree censite a pericolosità idraulica in destra idrografica, verranno

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 66 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

superate mediante una trivellazione in TOC (il cui sviluppo longitudinale è indicato mediante una sagoma rettangolare in magenta) e pertanto ad elevate profondità di posa in subalveo.

Pertanto, fuori dall'ambito in trivellazione (dove la condotta in progetto verrà posizionata mediante la tradizionale tecnica degli scavi a cielo aperto), la linea continua ad interferire per un tratto di circa 75m con delle aree inondabili (a pericolosità P4), localizzate in destra idrografica del corso d'acqua.

9.4. Analisi delle condizioni di compatibilità idraulica

9.4.1 Considerazioni di carattere generale

Il metanodotto in progetto rappresenta un'infrastruttura lineare (di interesse pubblico) di trasporto del gas, previsto in sostituzione di un altro metanodotto in esercizio (e da dimettere) sulla medesima direttrice. In tal senso, in riferimento alle Norme di Attuazione del Piano (art.19, comma 1 lettera c), risulta tra le tipologie di opere per le quali è consentito l'interferenza con aree classificate di pericolosità idraulica molto elevata (o inferiore).

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

In ogni caso, si evidenzia che il metanodotto in progetto risulta un'opera completamente interrata e, 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/o di allagamento dell'area.

Le uniche strutture visibili risulteranno essere le paline ed i cartelli indicatori e pertanto, anche in occasione delle piene eccezionali del corso d'acqua, non si introdurranno interferenze idrauliche significative per la laminazione delle piene e/o riduzioni della capacità di invaso.

La costruzione dell'infrastruttura lineare, inoltre, non determina alcuna forma di trasformazione del territorio. Non sono previsti cambiamenti di destinazioni d'uso del suolo, né azioni di esproprio; ma unicamente una servitù di una stretta fascia a cavallo

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 67 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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 nell'ambito fluviale interessato dall'attraversamento.

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

9.4.2 Considerazioni specifiche inerenti all'ambito di attraversamento del corso d'acqua

Nel paragrafo precedente è stato evidenziato che l'alveo del corso d'acqua e la gran parte delle aree potenzialmente inondabili verranno attraversate in trivellazione (in TOC) ad elevate profondità di posa. Pertanto, alla luce della metodologia operativa individuata e delle scelte progettuali, si evidenzia quanto segue:

- L'attraversamento fluviale avviene in "subalveo" e prevede una profondità di posa della condotta di adeguate garanzie 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 la tubazione e il flusso della corrente;
- La configurazione morfologica d'alveo verrà mantenuta inalterata nei confronti della situazione originaria. Essendo i lavori previsti in trivellazione non si prevedono lavori in superficie nell'ambito dell'alveo del corso d'acqua;
- La tecnica costruttiva di posa della condotta (in trivellazione), unitamente alla geometria in progetto (elevate coperture in subalveo), consentono inoltre in generale di escludere interferenze con il regime idraulico del corso d'acqua anche nella fase costruttiva dell'opera;
- La configurazione geometrica della linea nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è stata stabilita anche in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua e sono tali da non precludere la possibilità di effettuare interventi futuri in alveo, finalizzati ad attenuare o eliminare le condizioni di rischio idraulico (es: risagomature dell'alveo, realizzazione di eventuali opere di regimazione idraulica, ecc.).

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 68 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

1. *Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

9.4.3 Considerazioni specifiche inerenti ai tratti di percorrenza di linea delle aree inondabili

Relativamente al tratto di percorrenza delle aree censite a pericolosità idraulica e ricadente esternamente alla trivellazione (dove il metanodotto verrà posizionato mediante scavi a cielo aperto) si evidenzia quanto segue.

Queste interferenze riguardano delle 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.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 69 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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.

L'intervento prevede il completo interramento della tubazione (alla profondità di almeno 1,5 m nei confronti del piano campagna, salvo eventuali tratti a copertura ulteriormente maggiorata) e l'integrale ripristino morfologico e vegetazionale delle aree interessate dai lavori.

In detti ambiti di percorrenza 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, i cartelli indicatori ed eventuali sfiati in corrispondenza degli attraversamenti stradali 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.

9.5. Considerazioni conclusive sulla compatibilità idraulica

Alla luce di quanto evidenziato si ritiene che, in riferimento alle specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e alle scelte progettuali effettuate nell'ambito in esame (metodologie costruttive e configurazione geometrica della condotta), l'intervento in progetto:

- non introduca alcun elemento di ostacolo al libero deflusso e dunque non determini alcuna alterazione del regime attuale di deflusso delle acque;
- non determini l'inserimento di elementi di riduzione della capacità di laminazione e di invaso in corrispondenza delle aree potenzialmente inondabili dalle piene del corso d'acqua;
- non comporti l'alterazione delle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale;
- non implichi alcuna forma di trasformazione dello stato dei luoghi del territorio e non sono previsti cambiamenti di destinazioni d'uso del suolo;
- non determini alcun aggravio delle condizioni di pericolosità nell'area, né tantomeno provochi degli aggravii delle condizioni di pericolosità per le aree esterne a quella d'intervento;

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 70 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

- non determini alcun aggravio delle condizioni di rischio nell'area (non è previsto l'incremento del carico insediativo), né tantomeno provochi degli aggravamenti delle condizioni di rischio per le aree esterne a quella d'intervento;
- non introduca elementi di impedimento per l'eventuale realizzazione di interventi di attenuazione e/o eliminazione delle condizioni di rischio nell'ambito fluviale in esame.

In conclusione si ritiene che l'opera in progetto sia congruente con le misure di protezione e prevenzione stabilite nelle Norme di Attuazione del PSDA e pertanto **Compatibile** con il contesto idraulico in esame.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 71 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

10. CONCLUSIONI

La società SGI (Società Gasdotti Italia S.p.A.) intende realizzare un metanodotto denominato "Cellino Attanasio-Pineto" DN 200 (8") - DP 75 bar, in sostituzione di un tratto di metanodotto in esercizio (ed in fase di dismissione) lungo la medesima direttrice.

Il suddetto tracciato del metanodotto in progetto interseca l'alveo del torrente CALVANO nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua (a circa 650 m dalla foce in mare), nell'ambito del territorio di Pineto (TE).

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

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

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

La geometria curvilinea della trivellazione è stata configurata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo della condotta, assicurando adeguate profondità al di sotto dell'alveo e dei manufatti a terra e rispettando allo stesso tempo, i raggi di curvatura minimi consentiti alla tubazione ed alla trivellazione stessa. Peraltro si evidenzia che è stata prevista una configurazione di posa in subalveo che assicura profondità molto elevate nei confronti delle quote di fondo del letto del corso d'acqua, dunque in assoluta sicurezza nei confronti dei processi erosivi in alveo.

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 72 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Nell'analisi delle interferenze tra la linea in progetto con gli ambiti censiti a pericolosità idraulica, si è rilevato che in corrispondenza dell'ambito di attraversamento del corso d'acqua il metanodotto in progetto interferisce con delle aree inondabili individuate nel PSDA (redatto dall'ex "Autorità dei Bacini di Rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro").

In tal senso, nel presente studio di compatibilità, è stato evidenziato che l'intervento in progetto non determina alcuna modifica significativa allo stato dei luoghi, non implica trasformazioni del territorio e/o cambiamenti circa l'uso del suolo e pertanto non introducono alterazioni al regime attuale di deflusso delle acque e/o riduzioni della capacità di invaso e di laminazione del corso d'acqua. L'intervento, inoltre, non determina alcun aggravio delle condizioni di pericolosità e di rischio idraulico nell'area (non è previsto l'incremento del carico insediativo), né tantomeno in ambiti esterni.

Pertanto si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti allo specifico ambito in esame siano congruenti con le misure di protezione e prevenzione stabilite nelle Norme di Attuazione del PSDA e pertanto **Compatibili**.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 73 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

11. DICHIARAZIONE DI COMPATIBILITÀ DA PARTE DEL TECNICO ABILITATO

11.1. Premessa

Nell'ambito del progetto del metanodotto SGI "Cellino Attanasio-Pineto" DN 200 (8"), è previsto che il tracciato di progetto intersechi l'alveo del torrente CALVANO e le relative aree di pericolosità idraulica individuate nel PSDA della "Autorità dei Bacini di Rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro".

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

Alla luce dei risultati conseguiti, per il superamento in subalveo del corso d'acqua in esame, è stata prevista l'adozione del sistema di attraversamento ritenuto più idoneo, che in particolare prevede il posizionamento della condotta in progetto con coperture di sicurezza, adeguatamente cautelative nei confronti dei potenziali processi erosivi.

11.2. Dichiarazione del tecnico

Il sottoscritto Ing. Tiziano Filandro, iscritto presso l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Catanzaro al n. 2218, C.F. FLNTZN76R29F910Z, nato a Nocera Terinese (CS), il 29/10/1976, residente ad Amantea (CS) in via Salvo d'Acquisto n.31, in riferimento ai contenuti del presente "Studio di Compatibilità idraulica" (redatto ai sensi dell'Articolo 8 delle NdA del PSDA) e degli elaborati grafici di progetto:

DICHIARA

- che l'opera in esame, ai sensi di quanto previsto nell'Art.19 delle Norme di Attuazione del PSDA, risulta tra le tipologie di opere per le quali è consentita l'interferenza con le aree classificate di pericolosità idraulica molto elevata (o inferiore);
- l'opera risulta nel contesto in esame "non delocalizzabile", in quanto prevista in sostituzione di un metanodotto in esercizio (da dismettere) sulla medesima direttrice;
- che le tipologie di intervento previste nell'ambito specifico di riferimento rispettano le finalità e le disposizioni stabilite nell'Art. 7 comma 3 delle NdA;

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 74 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

- che più in generale gli interventi in progetto nell'ambito in esame risultano congruenti le prescrizioni, le misura di salvaguardia e le finalità stabilite nelle Norme di Attuazione del PSDA.

E PERTANTO

In ragione di quanto sopra evidenziato, RITIENE che l'opera in progetto risulti **Compatibile** con il contesto idraulico dell'ambito in esame.



	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 75 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

APPENDICE 1: STUDIO IDRAULICO /METOLOGIA 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 5.0.7, marzo 2019.

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

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

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

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

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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 76 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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

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

dove:

- **A**, area della sezione bagnata (m²);
- **Λ**, coefficiente di attrito di Chezy (m^{1/2}/s);
- **g**, accelerazione di gravità (m/s²);
- **h**, altezza del pelo libero rispetto ad un livello di riferimento orizzontale (m);
- **Q**, portata (m³/s);
- **R**, raggio idraulico (m);
- **α**, coefficiente di distribuzione della quantità di moto;
- **q**, portata laterale addotta (m²/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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 77 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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.

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:

$$Q = K J^{0.5}$$

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

$$K = A R_i^{2/3} / n$$

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 78 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

in cui A è l'area bagnata della sezione trasversale, R_f 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 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.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 79 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

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, $WS = Y + Z$, 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^1 , 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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 80 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

calcolo.

E' fornita anche la linea del carico totale ottenuta come

$$H = WS + \frac{V^2}{2g}$$

dove

- 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 m i pedici 2 e 1 rispettivamente le sezioni di monte e di valle del tratto considerato, si esprime come

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

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 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 81 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

APPENDICE 2: STUDIO IDRAULICO /REPORT PROGRAMMA HEC RAS

HEC-RAS HEC-RAS 5.0.7 March 2019
 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 XXXXXX  XXXX  X  X  X  X  XXXXX
  
```

PROJECT DATA

Project Title: Calvano
 Project File : Calvano.prj

Project in SI units

PLAN DATA

Plan Title: Plan 01
 Plan File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC studi miei 5.0.7\Cellino\Calvano\Calvano.p01

Geometry Title: Calvano
 Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC studi miei
 5.0.7\Cellino\Calvano\Calvano.g01

Flow Title : Calvano

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 82 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC studi miei
5.0.7\Cellino\Calvano\Calvano.f01

Plan Summary Information:

Number of: Cross Sections = 6 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: Calvano

Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC studi miei 5.0.7\Cellino\Calvano\Calvano.f01

Flow Data (m3/s)

River	Reach	RS	TR200
Calvano	alveo	60	158

Boundary Conditions

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Calvano	alveo	TR200	Normal S = 0.01	Normal S = 0.005

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 83 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

GEOMETRY DATA

Geometry Title: Calvano

Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC studi miei
 5.0.7\Cellino\Calvano\Calvano.g01

CROSS SECTION

RIVER: Calvano

REACH: alveo RS: 60

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 230

Sta	Elev								
0	4.51	.5	4.51	1	4.5	1.5	4.5	2	4.5
2.5	4.5	3	4.49	3.5	4.48	4	4.49	4.5	4.49
5	4.49	5.5	4.48	6	4.46	6.5	4.46	7	4.46
7.5	4.47	8	4.46	8.5	4.46	9	4.46	9.5	4.45
10	4.44	10.5	4.43	11	4.43	11.5	4.43	12	4.43
12.5	4.44	13	4.43	13.5	4.42	14	4.42	14.5	4.44
15	4.46	15.5	4.44	16	4.46	16.5	4.55	17	4.42
17.5	4.38	18	4.37	18.5	4.38	19	4.43	19.5	4.5
20	4.64	20.5	4.82	21	4.96	21.5	5.02	22	5.21
22.5	5.27	23	5.37	23.5	5.27	24	5.1	24.5	5.05
25	4.97	25.5	5.03	26	4.97	26.5	4.89	27	4.81
27.5	4.75	28	4.74	28.5	4.84	29	5.03	29.5	5.07
30	5.03	30.5	4.93	31	4.91	31.5	4.85	32	4.9
32.5	4.99	33	4.98	33.5	4.94	34	4.9	34.5	4.81
35	4.74	35.5	4.66	36	4.58	36.5	4.61	37	4.64
37.5	4.7	37.99	4.72	38.49	4.77	38.99	4.78	39.49	4.91
39.99	4.94	40.49	4.98	40.99	5.14	41.49	5.37	41.99	5.64
42.49	6.02	42.99	6.48	43.49	6.74	43.99	6.86	44.49	6.91
44.99	6.94	45.49	6.98	45.99	6.98	46.49	6.97	46.99	6.99
47.49	7.03	47.99	7	48.49	6.92	48.99	6.8	49.49	6.65
49.99	6.48	50.49	6.22	50.99	5.98	51.49	5.98	51.99	5.89
52.49	5.88	52.99	5.84	53.49	5.87	53.99	5.91	54.49	5.87
54.99	5.77	55.49	5.69	55.99	5.48	56.49	5.35	56.99	5.38
57.49	5.39	57.99	5.38	58.49	5.28	58.99	5.08	59.49	4.81

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 84 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

59.99	4.65	60.49	4.46	60.99	4.28	61.49	4.13	61.99	3.83
62.49	3.53	62.99	3.16	63.49	2.79	63.99	2.65	64.49	2.63
64.99	2.66	65.49	2.74	65.99	2.77	66.49	2.79	66.99	2.74
67.49	2.68	67.99	2.69	68.49	2.72	68.99	2.78	69.49	2.87
69.99	2.89	70.49	2.71	70.99	2.71	71.49	2.76	71.99	2.9
72.49	3.12	72.99	3.32	73.49	3.49	73.99	3.81	74.49	4.27
74.99	4.68	75.49	5.11	75.99	5.47	76.49	5.79	76.99	6.11
77.49	6.34	77.99	6.56	78.49	6.68	78.99	6.76	79.49	6.77
79.99	6.77	80.49	6.87	80.99	7.06	81.49	7.24	81.99	7.24
82.49	7.29	82.99	7.25	83.49	7.12	83.99	7.02	84.49	7.04
84.99	7.11	85.49	7.19	85.99	7.3	86.49	7.29	86.99	7.17
87.49	7.15	87.99	7.19	88.49	7.23	88.99	7.28	89.49	7.27
89.99	7.26	90.49	7.25	90.99	7.24	91.49	7.26	91.99	7.26
92.49	7.27	92.99	7.25	93.49	7.3	93.99	7.35	94.49	7.37
94.99	7.35	95.49	7.28	95.99	7.35	96.49	7.37	96.99	7.37
97.49	7.41	97.99	7.47	98.49	7.45	98.99	7.41	99.49	7.36
99.99	7.33	100.49	7.17	100.99	7.1	101.49	7.06	101.99	7.07
102.49	7.06	102.99	7.04	103.49	7.04	103.99	7.04	104.49	7.03
104.99	7.04	105.49	7.02	105.99	7.02	106.49	7	106.99	6.99
107.49	6.98	107.99	6.97	108.49	6.98	108.99	6.98	109.49	6.98
109.99	6.97	110.49	6.97	110.99	6.99	111.49	7	111.99	7
112.49	7.02	112.99	7.03	113.48	7.04	113.98	7.08	114	7.08

Manning's n Values num= 3
 Sta n Val Sta n Val Sta n Val
 0 .05 47.99 .03 81.49 .05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
 47.99 81.49 37.38 37.38 37.38 .1 .3
 Left Levee Station= 47.49 Elevation= 7.03
 Right Levee Station= 82.49 Elevation= 7.29

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	6.53	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.64	Wt. n-Val.	0.030		
W.S. Elev (m)	5.90	Reach Len. (m)	37.38	37.38	37.38
Crit W.S. (m)	5.55	Flow Area (m2)	44.65		
E.G. Slope (m/m)	0.005506	Area (m2)	44.65		
Q Total (m3/s)	158.00	Flow (m3/s)	158.00		
Top Width (m)	24.33	Top Width (m)	24.33		
Vel Total (m/s)	3.54	Avg. Vel. (m/s)	3.54		

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 85 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Max Chl Dpth (m)	3.27	Hydr. Depth (m)	1.83
Conv. Total (m3/s)	2129.4	Conv. (m3/s)	2129.4
Length Wtd. (m)	37.38	Wetted Per. (m)	26.09
Min Ch EI (m)	2.63	Shear (N/m2)	92.40
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	327.01
Frctn Loss (m)	0.17	Cum Volume (1000 m3)	6.76
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	3.26

CROSS SECTION

RIVER: Calvano

REACH: alveo RS: 50

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 242

Sta	Elev								
0	4.51	.5	4.51	1	4.5	1.5	4.49	2	4.48
2.5	4.48	3	4.48	3.5	4.47	4	4.47	4.5	4.46
5	4.45	5.5	4.44	6	4.44	6.5	4.45	7	4.46
7.5	4.54	8	4.65	8.5	4.76	9	4.87	9.5	5
10	5	10.5	4.91	11	4.82	11.5	4.81	12	4.76
12.5	4.63	13	4.61	13.5	4.63	14	4.53	14.5	4.49
15	4.49	15.5	4.52	16	4.56	16.5	4.61	17	4.6
17.5	4.58	18	4.55	18.5	4.54	19	4.58	19.5	4.59
20	4.66	20.5	4.66	21	4.69	21.5	4.79	22	4.86
22.5	4.84	23	4.72	23.5	4.73	24	4.72	24.5	4.76
25	4.93	25.5	5.12	26	5.28	26.5	5.34	27	5.25
27.5	5.02	28	4.89	28.5	4.76	29	4.71	29.5	4.76
30	4.93	30.5	5.07	31	5.25	31.5	5.42	32	5.57
32.5	5.84	33	6.2	33.5	6.41	34	6.52	34.5	6.72
35	6.79	35.5	6.83	36	6.85	36.5	6.88	37	6.93
37.5	6.97	37.99	7.03	38.49	7.05	38.99	7.06	39.49	7.06
39.99	6.96	40.49	6.68	40.99	6.55	41.49	6.35	41.99	6.16
42.49	6.06	42.99	6.05	43.49	6.13	43.99	6.22	44.49	6.11
44.99	5.95	45.49	5.73	45.99	5.6	46.49	5.37	46.99	5.08
47.49	4.81	47.99	4.14	48.49	3.76	48.99	3.74	49.49	3.87
49.99	3.98	50.49	3.99	50.99	3.91	51.49	3.37	51.99	2.72
52.49	2.29	52.99	2.19	53.49	2.1	53.99	2.1	54.49	2.13

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 86 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

54.99	2.19	55.49	2.2	55.99	2.25	56.49	2.33	56.99	2.42
57.49	2.47	57.99	2.5	58.49	2.44	58.99	2.47	59.49	2.57
59.99	2.67	60.49	2.72	60.99	2.76	61.49	3.14	61.99	3.46
62.49	3.72	62.99	4.09	63.49	4.45	63.99	5.02	64.49	5.16
64.99	5.46	65.49	5.69	65.99	5.85	66.49	5.94	66.99	6
67.49	6.05	67.99	6.07	68.49	6.14	68.99	6.19	69.49	6.22
69.99	6.23	70.49	6.17	70.99	6.01	71.49	5.79	71.99	5.55
72.49	5.25	72.99	4.84	73.49	4.38	73.99	4.01	74.49	3.72
74.99	3.6	75.49	3.45	75.99	3.42	76.49	3.39	76.99	3.38
77.49	3.39	77.99	3.38	78.49	3.37	78.99	3.35	79.49	3.35
79.99	3.35	80.49	3.32	80.99	3.29	81.49	3.3	81.99	3.33
82.49	3.36	82.99	3.35	83.49	3.3	83.99	3.27	84.49	3.31
84.99	3.34	85.49	3.34	85.99	3.32	86.49	3.3	86.99	3.31
87.49	3.34	87.99	3.33	88.49	3.34	88.99	3.35	89.49	3.35
89.99	3.36	90.49	3.35	90.99	3.34	91.49	3.34	91.99	3.35
92.49	3.35	92.99	3.35	93.49	3.37	93.99	3.38	94.49	3.36
94.99	3.36	95.49	3.37	95.99	3.38	96.49	3.38	96.99	3.4
97.49	3.4	97.99	3.38	98.49	3.39	98.99	3.4	99.49	3.41
99.99	3.44	100.49	3.45	100.99	3.45	101.49	3.43	101.99	3.43
102.49	3.45	102.99	3.47	103.49	3.46	103.99	3.46	104.49	3.47
104.99	3.48	105.49	3.5	105.99	3.49	106.49	3.49	106.99	3.49
107.49	3.48	107.99	3.47	108.49	3.47	108.99	3.48	109.49	3.48
109.99	3.52	110.49	3.54	110.99	3.56	111.49	3.57	111.99	3.57
112.49	3.55	112.99	3.53	113.48	3.55	113.98	3.54	114.48	3.52
114.98	3.51	115.48	3.51	115.98	3.52	116.48	3.53	116.98	3.53
117.48	3.5	117.98	3.5	118.48	3.52	118.98	3.55	119.48	3.59
119.98	3.61	120	3.61						

Manning's n Values num= 3
 Sta n Val Sta n Val Sta n Val
 0 .05 43.99 .03 69.49 .05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
 43.99 69.49 31.99 31.99 31.99 .1 .3
 Left Levee Station= 39.49 Elevation= 7.06
 Right Levee Station= 69.99 Elevation= 6.23

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	6.35	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.59	Wt. n-Val.		0.030	
W.S. Elev (m)	5.76	Reach Len. (m)	31.99	31.99	31.99

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 87 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Crit W.S. (m)	5.18	Flow Area (m2)	46.47
E.G. Slope (m/m)	0.004008	Area (m2)	46.47
Q Total (m3/s)	158.00	Flow (m3/s)	158.00
Top Width (m)	20.27	Top Width (m)	20.27
Vel Total (m/s)	3.40	Avg. Vel. (m/s)	3.40
Max Chl Dpth (m)	3.66	Hydr. Depth (m)	2.29
Conv. Total (m3/s)	2495.7	Conv. (m3/s)	2495.7
Length Wtd. (m)	31.99	Wetted Per. (m)	22.72
Min Ch EI (m)	2.10	Shear (N/m2)	80.39
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	273.34
Frctn Loss (m)	0.13	Cum Volume (1000 m3)	5.06
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	2.43

CROSS SECTION

RIVER: Calvano

REACH: alveo RS: 40

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 252

Sta	Elev								
0	4.62	.5	4.61	1	4.6	1.5	4.59	2	4.58
2.5	4.58	3	4.56	3.5	4.55	4	4.54	4.5	4.54
5	4.52	5.5	4.51	6	4.5	6.5	4.49	7	4.47
7.5	4.47	8	4.46	8.5	4.45	9	4.44	9.5	4.44
10	4.44	10.5	4.45	11	4.48	11.5	4.61	12	4.67
12.5	4.66	13	4.69	13.5	4.79	14	4.91	14.5	4.98
15	4.95	15.5	5.04	16	4.94	16.5	4.88	17	4.84
17.5	4.83	18	4.79	18.5	4.78	19	4.87	19.5	5.02
20	5.05	20.5	4.9	21	4.82	21.5	4.74	22	4.63
22.5	4.55	23	4.53	23.5	4.58	24	4.59	24.5	4.58
25	4.57	25.5	4.55	26	4.56	26.5	4.56	27	4.56
27.5	4.54	28	4.59	28.5	4.71	29	4.92	29.5	5.14
30	5.19	30.5	5.18	31	5.12	31.5	4.89	32	4.77
32.5	4.61	33	4.35	33.5	4.55	34	4.71	34.5	4.81
35	4.91	35.5	5.16	36	5.33	36.5	5.58	37	5.82
37.5	6.03	37.99	6.09	38.49	6.15	38.99	6.19	39.49	6.22
39.99	6.27	40.49	6.24	40.99	6.2	41.49	6.18	41.99	6.09

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 88 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

42.49	5.83	42.99	5.66	43.49	5.57	43.99	5.41	44.49	5.5
44.99	5.57	45.49	5.66	45.99	5.77	46.49	5.75	46.99	5.58
47.49	5.4	47.99	5.18	48.49	4.93	48.99	4.64	49.49	4.26
49.99	4.01	50.49	3.97	50.99	3.97	51.49	3.85	51.99	3.6
52.49	3.39	52.99	3.27	53.49	2.96	53.99	2.63	54.49	2.49
54.99	2.33	55.49	2.22	55.99	2.05	56.49	1.96	56.99	1.97
57.49	2.14	57.99	2.39	58.49	2.46	58.99	2.41	59.49	2.45
59.99	2.57	60.49	2.66	60.99	2.64	61.49	2.65	61.99	2.68
62.49	2.75	62.99	2.99	63.49	3.2	63.99	3.29	64.49	3.33
64.99	3.5	65.49	3.77	65.99	3.96	66.49	4.15	66.99	4.49
67.49	4.93	67.99	5.26	68.49	5.55	68.99	5.72	69.49	5.84
69.99	5.9	70.49	5.93	70.99	5.96	71.49	5.99	71.99	6
72.49	6.27	72.99	6.28	73.49	6.19	73.99	6.03	74.49	5.82
74.99	5.5	75.49	5.11	75.99	4.64	76.49	4.01	76.99	3.58
77.49	3.35	77.99	3.3	78.49	3.19	78.99	3.15	79.49	3.14
79.99	3.16	80.49	3.15	80.99	3.12	81.49	3.12	81.99	3.12
82.49	3.12	82.99	3.14	83.49	3.15	83.99	3.11	84.49	3.09
84.99	3.06	85.49	3.06	85.99	3.05	86.49	3.05	86.99	3.05
87.49	3.04	87.99	3.03	88.49	3.05	88.99	3.06	89.49	3.06
89.99	3.06	90.49	3.08	90.99	3.1	91.49	3.11	91.99	3.14
92.49	3.15	92.99	3.16	93.49	3.17	93.99	3.18	94.49	3.19
94.99	3.17	95.49	3.15	95.99	3.15	96.49	3.14	96.99	3.12
97.49	3.1	97.99	3.1	98.49	3.09	98.99	3.07	99.49	3.07
99.99	3.08	100.49	3.05	100.99	3.02	101.49	3	101.99	3.01
102.49	3.03	102.99	3.07	103.49	3.1	103.99	3.15	104.49	3.17
104.99	3.19	105.49	3.19	105.99	3.2	106.49	3.22	106.99	3.23
107.49	3.22	107.99	3.22	108.49	3.22	108.99	3.21	109.49	3.2
109.99	3.2	110.49	3.21	110.99	3.21	111.49	3.18	111.99	3.18
112.49	3.22	112.99	3.2	113.48	3.2	113.98	3.19	114.48	3.19
114.98	3.17	115.48	3.18	115.98	3.19	116.48	3.21	116.98	3.22
117.48	3.24	117.98	3.21	118.48	3.21	118.98	3.22	119.48	3.22
119.98	3.22	120.48	3.22	120.98	3.23	121.48	3.23	121.98	3.23
122.48	3.23	122.98	3.26	123.48	3.26	123.98	3.25	124.48	3.24
124.98	3.26	125	3.26						

Manning's n Values num= 3
 Sta n Val Sta n Val Sta n Val
 0 .05 41.49 .03 72.49 .05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
 41.49 72.49 30.29 30.29 30.29 .1 .3
 Left Levee Station= 39.99 Elevation= 6.27

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 89 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Right Levee Station= 72.99 Elevation= 6.28

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	6.20	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.51	Wt. n-Val.	0.030		
W.S. Elev (m)	5.69	Reach Len. (m)	30.29	30.29	30.29
Crit W.S. (m)	5.06	Flow Area (m2)	50.02		
E.G. Slope (m/m)	0.003884	Area (m2)	50.02		
Q Total (m3/s)	158.00	Flow (m3/s)	158.00		
Top Width (m)	24.92	Top Width (m)	24.92		
Vel Total (m/s)	3.16	Avg. Vel. (m/s)	3.16		
Max Chl Dpth (m)	3.73	Hydr. Depth (m)	2.01		
Conv. Total (m3/s)	2535.2	Conv. (m3/s)	2535.2		
Length Wtd. (m)	30.29	Wetted Per. (m)	26.68		
Min Ch EI (m)	1.96	Shear (N/m2)	71.42		
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	225.59		
Frctn Loss (m)	0.16	Cum Volume (1000 m3)	3.52		
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	1.71		

CROSS SECTION

RIVER: Calvano

REACH: alveo RS: 30

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 254

Sta	Elev								
0	4.9	.5	4.9	1	4.89	1.5	4.89	2	4.88
2.5	4.88	3	4.88	3.5	4.88	4	4.87	4.5	4.87
5	4.86	5.5	4.86	6	4.86	6.5	4.85	7	4.84
7.5	4.86	8	4.93	8.5	4.94	9	5	9.5	5.1
10	5.17	10.5	5.19	11	5.2	11.5	5.18	12	4.98
12.5	4.84	13	4.9	13.5	4.96	14	4.99	14.5	5.04
15	5.22	15.5	5.29	16	5.4	16.5	5.48	17	5.51
17.5	5.56	18	5.58	18.5	5.66	19	5.66	19.5	5.64
20	5.64	20.5	5.64	21	5.48	21.5	5.23	22	4.88
22.5	4.69	23	4.63	23.5	4.56	24	4.46	24.5	4.45

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 90 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

25	4.54	25.5	4.65	26	4.65	26.5	4.62	27	4.62
27.5	4.66	28	4.71	28.5	4.77	29	4.89	29.5	4.86
30	4.37	30.5	4.12	31	4.04	31.5	3.98	32	4.03
32.5	4.43	33	4.82	33.5	5.21	34	5.63	34.5	5.93
35	6.09	35.5	6.28	36	6.37	36.5	6.21	37	6.06
37.5	5.99	37.99	5.92	38.49	5.89	38.99	5.83	39.49	5.71
39.99	5.62	40.49	5.54	40.99	5.53	41.49	5.59	41.99	5.58
42.49	5.61	42.99	5.55	43.49	5.47	43.99	5.4	44.49	5.32
44.99	5.18	45.49	5.03	45.99	4.79	46.49	4.42	46.99	4.1
47.49	3.92	47.99	3.64	48.49	3.27	48.99	3.08	49.49	2.94
49.99	2.82	50.49	2.7	50.99	2.55	51.49	2.36	51.99	2.13
52.49	1.88	52.99	1.77	53.49	1.76	53.99	1.76	54.49	1.87
54.99	2.07	55.49	2.37	55.99	2.61	56.49	2.73	56.99	2.76
57.49	2.72	57.99	2.71	58.49	2.78	58.99	2.86	59.49	2.98
59.99	3.06	60.49	3.18	60.99	3.39	61.49	3.61	61.99	3.76
62.49	3.99	62.99	4.25	63.49	4.61	63.99	4.96	64.49	5.35
64.99	5.51	65.49	5.66	65.99	5.71	66.49	5.78	66.99	5.8
67.49	5.8	67.99	5.79	68.49	5.81	68.99	5.82	69.49	5.8
69.99	5.77	70.49	5.68	70.99	5.57	71.49	5.35	71.99	5.13
72.49	4.91	72.99	4.62	73.49	4.33	73.99	4.09	74.49	3.82
74.99	3.53	75.49	3.29	75.99	3.11	76.49	3.08	76.99	3.09
77.49	3.06	77.99	3.03	78.49	3	78.99	2.99	79.49	2.99
79.99	3.01	80.49	3.04	80.99	3.05	81.49	3	81.99	2.99
82.49	2.98	82.99	2.98	83.49	3.01	83.99	2.99	84.49	2.97
84.99	2.99	85.49	2.99	85.99	2.99	86.49	2.97	86.99	2.93
87.49	2.94	87.99	3	88.49	3.01	88.99	2.98	89.49	2.95
89.99	2.95	90.49	2.99	90.99	3	91.49	2.98	91.99	2.93
92.49	2.9	92.99	2.92	93.49	2.93	93.99	2.93	94.49	2.93
94.99	2.91	95.49	2.9	95.99	2.92	96.49	2.94	96.99	2.97
97.49	3.03	97.99	3.05	98.49	3.08	98.99	3.1	99.49	3.11
99.99	3.12	100.49	3.1	100.99	3.09	101.49	3.08	101.99	3.07
102.49	3.06	102.99	3.04	103.49	3.05	103.99	3.05	104.49	3.05
104.99	3.06	105.49	3.08	105.99	3.09	106.49	3.09	106.99	3.1
107.49	3.12	107.99	3.11	108.49	3.12	108.99	3.13	109.49	3.13
109.99	3.12	110.49	3.11	110.99	3.11	111.49	3.13	111.99	3.15
112.49	3.15	112.99	3.16	113.48	3.17	113.98	3.17	114.48	3.16
114.98	3.16	115.48	3.17	115.98	3.17	116.48	3.14	116.98	3.12
117.48	3.12	117.98	3.12	118.48	3.13	118.98	3.13	119.48	3.13
119.98	3.12	120.48	3.11	120.98	3.1	121.48	3.12	121.98	3.11
122.48	3.1	122.98	3.09	123.48	3.08	123.98	3.08	124.48	3.08
124.98	3.08	125.48	3.06	125.98	3.06	126	3.06		

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 91 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

Manning's n Values num= 3
 Sta n Val Sta n Val Sta n Val
 0 .05 36.5 .03 66.49 .05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
 36.5 66.49 30.17 30.17 30.17 .1 .3
 Left Levee Station= 36 Elevation= 6.37
 Right Levee Station= 68.99 Elevation= 5.82

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	5.99	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.97	Wt. n-Val.		0.030	
W.S. Elev (m)	5.01	Reach Len. (m)	30.17	30.17	30.17
Crit W.S. (m)	5.01	Flow Area (m2)		36.13	
E.G. Slope (m/m)	0.007822	Area (m2)		36.13	
Q Total (m3/s)	158.00	Flow (m3/s)		158.00	
Top Width (m)	18.53	Top Width (m)		18.53	
Vel Total (m/s)	4.37	Avg. Vel. (m/s)		4.37	
Max Chl Dpth (m)	3.25	Hydr. Depth (m)		1.95	
Conv. Total (m3/s)	1786.5	Conv. (m3/s)		1786.5	
Length Wtd. (m)	30.17	Wetted Per. (m)		20.00	
Min Ch EI (m)	1.76	Shear (N/m2)		138.56	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		605.88	
Frctn Loss (m)	0.16	Cum Volume (1000 m3)		2.21	
C & E Loss (m)	0.12	Cum SA (1000 m2)		1.05	

CROSS SECTION

RIVER: Calvano
 REACH: alveo RS: 20

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 256

Sta	Elev								
0	7	.5	6.94	1	6.93	1.5	6.93	2	6.93
2.5	6.92	3	6.91	3.5	6.89	4	6.87	4.5	6.83
5	6.77	5.5	6.73	6	6.67	6.5	6.61	7	6.56

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 92 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

7.5 6.42 8 6.11 8.5 5.71 9 5.32 9.5 5.07
 10 5.01 10.5 5.01 11 4.95 11.5 4.83 12 4.65
 12.5 4.43 13 4.31 13.5 4.3 14 4.27 14.5 4.24
 15 4.25 15.5 4.24 16 4.19 16.5 4.18 17 4.28
 17.5 4.32 18 4.49 18.5 4.74 19 4.99 19.5 5.14
 20 5.19 20.5 5.09 21 4.88 21.5 4.54 22 4.33
 22.5 4.3 23 4.17 23.5 4.07 24 4.06 24.5 4.07
 25 4.08 25.5 4.07 26 4.05 26.5 4.08 27 4.16
 27.5 4.26 28 4.34 28.5 4.42 29 4.56 29.5 4.69
 30 4.86 30.5 5.04 31 5.19 31.5 5.33 32 5.44
 32.5 5.54 33 5.62 33.5 5.83 34 6.3 34.5 6.31
 35 6.42 35.5 6.5 36 6.63 36.5 6.67 37 6.63
 37.5 6.62 37.99 6.58 38.49 6.49 38.99 6.43 39.49 6.39
 39.99 6.3 40.49 6.01 40.99 5.66 41.49 5.44 41.99 5.24
 42.49 5.04 42.99 4.74 43.49 4.28 43.99 3.99 44.49 3.74
 44.99 3.5 45.49 3.2 45.99 2.94 46.49 2.7 46.99 2.52
 47.49 2.47 47.99 2.42 48.49 2.38 48.99 2.29 49.49 2.09
 49.99 1.9 50.49 1.79 50.99 1.76 51.49 1.83 51.99 1.85
 52.49 1.89 52.99 1.88 53.49 1.82 53.99 1.86 54.49 1.96
 54.99 2.04 55.49 2.1 55.99 2.13 56.49 2.17 56.99 2.25
 57.49 2.26 57.99 2.46 58.49 2.69 58.99 2.88 59.49 3.12
 59.99 3.33 60.49 3.58 60.99 3.85 61.49 4.05 61.99 4.36
 62.49 4.7 62.99 4.95 63.49 5.06 63.99 5.14 64.49 5.16
 64.99 5.14 65.49 5.16 65.99 5.17 66.49 5.16 66.99 5.13
 67.49 5.08 67.99 5.08 68.49 4.95 68.99 4.84 69.49 4.61
 69.99 4.34 70.49 4.08 70.99 3.85 71.49 3.62 71.99 3.4
 72.49 3.21 72.99 3.17 73.49 3.17 73.99 3.16 74.49 3.13
 74.99 3.07 75.49 3.02 75.99 3 76.49 3.02 76.99 3
 77.49 2.98 77.99 2.98 78.49 2.96 78.99 2.98 79.49 2.95
 79.99 2.96 80.49 2.99 80.99 3 81.49 2.99 81.99 2.95
 82.49 2.93 82.99 2.95 83.49 2.96 83.99 2.97 84.49 2.95
 84.99 2.94 85.49 2.92 85.99 2.93 86.49 2.94 86.99 2.94
 87.49 2.91 87.99 2.88 88.49 2.88 88.99 2.9 89.49 2.9
 89.99 2.9 90.49 2.9 90.99 2.94 91.49 3 91.99 3.05
 92.49 3.09 92.99 3.12 93.49 3.13 93.99 3.15 94.49 3.15
 94.99 3.14 95.49 3.12 95.99 3.13 96.49 3.17 96.99 3.18
 97.49 3.19 97.99 3.17 98.49 3.17 98.99 3.17 99.49 3.16
 99.99 3.16 100.49 3.18 100.99 3.18 101.49 3.17 101.99 3.2
 102.49 3.19 102.99 3.19 103.49 3.2 103.99 3.2 104.49 3.19
 104.99 3.16 105.49 3.14 105.99 3.13 106.49 3.08 106.99 3.07
 107.49 3.06 107.99 3.04 108.49 3.04 108.99 3.05 109.49 3.06
 109.99 3.1 110.49 3.11 110.99 3.11 111.49 3.11 111.99 3.13

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 93 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

112.49	3.13	112.99	3.13	113.48	3.1	113.98	3.08	114.48	3.08
114.98	3.06	115.48	3.05	115.98	3.06	116.48	3.09	116.98	3.08
117.48	3.04	117.98	3.04	118.48	3	118.98	3.01	119.48	2.98
119.98	2.97	120.48	2.98	120.98	2.98	121.48	3	121.98	2.99
122.48	2.99	122.98	3	123.48	2.99	123.98	3	124.48	2.97
124.98	2.96	125.48	2.97	125.98	2.97	126.48	2.94	126.98	2.96
127	2.96								

Manning's n Values num= 3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val
0 .05 39.99 .03 64.49 .05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
39.99 64.49 21.16 21.16 21.16 .1 .3
Left Levee Station= 36.5 Elevation= 6.67
Right Levee Station= 65.99 Elevation= 5.17

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	5.67	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.57	Wt. n-Val.		0.030	
W.S. Elev (m)	5.09	Reach Len. (m)	21.16	21.16	21.16
Crit W.S. (m)	4.56	Flow Area (m2)		47.06	
E.G. Slope (m/m)	0.003865	Area (m2)		47.06	
Q Total (m3/s)	158.00	Flow (m3/s)		158.00	
Top Width (m)	21.33	Top Width (m)		21.33	
Vel Total (m/s)	3.36	Avg. Vel. (m/s)		3.36	
Max Chl Dpth (m)	3.33	Hydr. Depth (m)		2.21	
Conv. Total (m3/s)	2541.4	Conv. (m3/s)		2541.4	
Length Wtd. (m)	21.16	Wetted Per. (m)		22.83	
Min Ch EI (m)	1.76	Shear (N/m2)		78.15	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		262.36	
Frctn Loss (m)	0.09	Cum Volume (1000 m3)		0.96	
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)		0.45	

CROSS SECTION

RIVER: Calvano
REACH: alveo RS: 10

Nome File: 5718-001-P-RT-D-0018_0.doc

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 94 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 258

Sta	Elev								
0	6.78	.5	6.79	1	6.82	1.5	6.82	2	6.84
2.5	6.84	3	6.85	3.5	6.86	4	6.88	4.5	6.86
5	6.86	5.5	6.87	6	6.88	6.5	6.8	7	6.66
7.5	6.48	8	6.38	8.5	6.28	9	6.05	9.5	5.78
10	5.28	10.5	4.81	11	4.65	11.5	4.65	12	4.63
12.5	4.64	13	4.62	13.5	4.56	14	4.46	14.5	4.39
15	4.4	15.5	4.36	16	4.3	16.5	4.24	17	4.21
17.5	4.17	18	4.12	18.5	4.11	19	4.13	19.5	4.12
20	4.03	20.5	3.99	21	3.93	21.5	3.95	22	3.94
22.5	3.96	23	4.12	23.5	4.16	24	4.2	24.5	4.28
25	4.53	25.5	4.67	26	4.75	26.5	4.89	27	4.85
27.5	4.84	28	4.89	28.5	4.94	29	4.97	29.5	5.04
30	5.13	30.5	5.24	31	5.39	31.5	5.52	32	5.56
32.5	5.54	33	5.54	33.5	5.61	34	5.75	34.5	5.78
35	5.71	35.5	5.65	36	5.61	36.5	5.57	37	5.59
37.5	5.63	37.99	5.67	38.49	5.67	38.99	5.72	39.49	5.76
39.99	5.72	40.49	5.54	40.99	5.32	41.49	5.07	41.99	4.86
42.49	4.67	42.99	4.56	43.49	4.33	43.99	3.96	44.49	3.71
44.99	3.38	45.49	2.87	45.99	2.59	46.49	2.37	46.99	2.29
47.49	2.34	47.99	2.13	48.49	2	48.99	1.95	49.49	1.94
49.99	1.94	50.49	1.96	50.99	2.03	51.49	2.05	51.99	2
52.49	1.95	52.99	1.91	53.49	1.91	53.99	1.94	54.49	1.99
54.99	2.08	55.49	2.05	55.99	2.08	56.49	2.11	56.99	2.21
57.49	2.28	57.99	2.29	58.49	2.53	58.99	3	59.49	3.41
59.99	3.63	60.49	3.79	60.99	3.98	61.49	4.29	61.99	4.46
62.49	4.7	62.99	4.91	63.49	5.11	63.99	5.29	64.49	5.34
64.99	5.33	65.49	5.31	65.99	5.29	66.49	5.26	66.99	5.25
67.49	5.22	67.99	5.21	68.49	5.23	68.99	5.15	69.49	5.07
69.99	4.92	70.49	4.7	70.99	4.47	71.49	4.42	71.99	4.29
72.49	4.02	72.99	3.63	73.49	3.38	73.99	3.25	74.49	3.2
74.99	3.17	75.49	3.08	75.99	3	76.49	2.97	76.99	2.96
77.49	2.97	77.99	2.95	78.49	2.9	78.99	2.93	79.49	2.95
79.99	2.96	80.49	2.98	80.99	2.97	81.49	2.9	81.99	2.9
82.49	2.91	82.99	2.92	83.49	2.93	83.99	2.92	84.49	2.92
84.99	2.93	85.49	2.91	85.99	2.89	86.49	2.89	86.99	2.88
87.49	2.87	87.99	2.86	88.49	2.85	88.99	2.8	89.49	2.79
89.99	2.8	90.49	2.81	90.99	2.86	91.49	2.88	91.99	2.87

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 95 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

92.49	2.89	92.99	2.92	93.49	2.91	93.99	2.9	94.49	2.9
94.99	2.91	95.49	2.93	95.99	2.95	96.49	2.96	96.99	2.93
97.49	2.92	97.99	2.91	98.49	2.9	98.99	2.89	99.49	2.89
99.99	2.92	100.49	2.94	100.99	2.96	101.49	2.98	101.99	2.97
102.49	2.97	102.99	3	103.49	3.01	103.99	3.01	104.49	3.01
104.99	2.99	105.49	2.99	105.99	3.02	106.49	3.02	106.99	3.02
107.49	3.03	107.99	3.04	108.49	3.03	108.99	3.06	109.49	3.07
109.99	3.04	110.49	3	110.99	2.99	111.49	3.01	111.99	3
112.49	3.01	112.99	3.01	113.48	3.03	113.98	3.03	114.48	3.01
114.98	3.01	115.48	3.03	115.98	3.03	116.48	3.03	116.98	3.05
117.48	3.05	117.98	3.05	118.48	3.05	118.98	3.04	119.48	3.04
119.98	3.04	120.48	3.04	120.98	3.02	121.48	3.03	121.98	3.03
122.48	3.04	122.98	3.03	123.48	3.01	123.98	3	124.48	2.98
124.98	2.98	125.48	2.97	125.98	2.95	126.48	2.95	126.98	3.01
127.48	3.12	127.98	3.23	128	3.24				

Manning's n Values num= 3
 Sta n Val Sta n Val Sta n Val
 0 .05 39.99 .03 63.99 .05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.
 39.99 63.99 0 0 0 .1 .3
 Left Levee Station= 39.49 Elevation= 5.76
 Right Levee Station= 64.49 Elevation= 5.34

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	5.56	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.68	Wt. n-Val.		0.030	
W.S. Elev (m)	4.89	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	4.55	Flow Area (m2)		43.34	
E.G. Slope (m/m)	0.005001	Area (m2)		43.34	
Q Total (m3/s)	158.00	Flow (m3/s)		158.00	
Top Width (m)	21.01	Top Width (m)		21.01	
Vel Total (m/s)	3.65	Avg. Vel. (m/s)		3.65	
Max Chl Dpth (m)	2.98	Hydr. Depth (m)		2.06	
Conv. Total (m3/s)	2234.3	Conv. (m3/s)		2234.3	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		22.54	
Min Ch EI (m)	1.91	Shear (N/m2)		94.31	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		343.80	
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITA' REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 96 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

SUMMARY OF MANNING'S N VALUES

River: Calvano

Reach	River Sta.	n1	n2	n3
alveo	60	.05	.03	.05
alveo	50	.05	.03	.05
alveo	40	.05	.03	.05
alveo	30	.05	.03	.05
alveo	20	.05	.03	.05
alveo	10	.05	.03	.05

SUMMARY OF REACH LENGTHS

River: Calvano

Reach	River Sta.	Left	Channel	Right
alveo	60	37.38	37.38	37.38
alveo	50	31.99	31.99	31.99
alveo	40	30.29	30.29	30.29
alveo	30	30.17	30.17	30.17
alveo	20	21.16	21.16	21.16
alveo	10	0	0	0

SUMMARY OF CONTRACTION AND EXPANSION COEFFICIENTS

River: Calvano

Reach	River Sta.	Contr.	Expan.
-------	------------	--------	--------

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0018	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 97 di 97	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-213

alveo	60	.1	.3
alveo	50	.1	.3
alveo	40	.1	.3
alveo	30	.1	.3
alveo	20	.1	.3
alveo	10	.1	.3