

	<b>PROGETTISTA</b>  TechnipFMC	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 1 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

**PROGETTO:**

**RIFACIMENTO METANODOTTO  
"SANSEPOLCRO - TERRANUOVA BRACCIOLINI"  
DN 750 (30"), DP 75 bar ED OPERE CONNESSE**

*Attraversamento in subalveo del  
TORRENTE SOVARA*

**STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO E  
RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**



0	Emissione	M.VITELLI	M.AGOSTINI	V. FORLIVESI G. GIOVANNINI	27/07/2020
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 2 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITA'</b>	<b>4</b>
1.1	Premessa	4
1.2	Scopo e descrizione dell'elaborato	4
1.3	Disegno di Attraversamento	5
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>ANALISI DI CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBITO</b>	<b>8</b>
3.1	Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	8
3.2	Descrizione dell'ambito di attraversamento	9
3.3	Caratterizzazione litostratigrafica	11
<b>4</b>	<b>VALUTAZIONI IDROLOGICHE</b>	<b>13</b>
4.1	Generalità	13
4.2	Considerazioni specifiche preliminari	13
4.3	Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino	13
4.4	PGRAAC - Valutazioni idrologiche	15
4.5	Studio per Regolamento edilizio di Alghieri	17
4.6	Portata di progetto	18
<b>5</b>	<b>STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE</b>	<b>19</b>
5.1	Presupposti e limiti dello studio	19
5.2	Assetto geometrico e modellazione idraulica	20
5.3	Risultati della simulazione idraulica	22
5.4	Analisi dei risultati conseguiti	28
<b>6</b>	<b>VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO</b>	<b>29</b>
6.1	Generalità	29
6.2	Criteri di calcolo	30
6.3	Stima dei massimi approfondimenti attesi	32
6.4	Considerazione sui risultati conseguiti	33

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 3 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

<b>7</b>	<b>METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI</b>	<b>34</b>
7.1	Metodologia costruttiva: Microtunnel	34
7.2	Configurazioni geometriche di progetto	34
<b>8</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA TECNICA DEL MICROTUNNELLING</b>	<b>36</b>
8.1	Generalità	36
8.2	Requisiti generali del sistema costruttivo	36
8.3	Fasi Operative	38
8.4	Considerazioni sulla stabilità per filtrazione in sub-alveo	41
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA</b>	<b>44</b>
9.1	Quadro normativo generale	44
9.2	Quadro normativo di riferimento per l'ambito in esame	47
9.3	Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento	51
9.4	Analisi delle condizioni di compatibilità idraulica	52
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>55</b>
	<b>Appendice 1: Colonne Stratigrafiche dei sondaggi</b>	<b>57</b>
	<b>Appendice 2: Studio Idraulico - Metodologia di calcolo</b>	<b>61</b>
	<b>Appendice 3: Studio Idraulico- Report Programma HEC RAS</b>	<b>66</b>

**ANNESSI:**

- **Disegno di Attraversamento**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 4 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

## 1 GENERALITA'

### 1.1 Premessa

La società Snam S.p.A. intende realizzare un metanodotto denominato "Rifacimento metanodotto Sansepolcro - Terranuova Bracciolini, DN 750 (30") - DP 75bar", della lunghezza di circa 45km, che si sviluppa nell'ambito del territorio della Toscana e più esattamente in provincia di Arezzo, in sostituzione di un tratto di metanodotto in esercizio ed in fase di dismissione.

Il suddetto tracciato del metanodotto in progetto interseca l'alveo del torrente SOVARA nei pressi della località Tavernelle, nell'ambito del territorio comunale di Alghieri (AR). In corrispondenza del sopracitato attraversamento fluviale, la linea in progetto interferisce con l'alveo del corso d'acqua e le relative fasce fluviali censite nel Piano di Assetto Idrogeologico (PAI). Gli stessi ambiti territoriali risultano censiti nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Centrale (PGRAAC), come aree a pericolosità da alluvioni fluviali.

### 1.2 Scopo e descrizione dell'elaborato

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

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

Le scelte sono state effettuate, in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico, 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 dell'aspetto idraulico del corso d'acqua, subordinandola alla dinamica evolutiva dello stesso.

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

- Inquadramento territoriale dell'area d'attraversamento, in modo da consentire di individuare in maniera univoca il tratto del corso d'acqua interessato dall'interferenza con l'infrastruttura lineare in progetto;
- Caratterizzazione idrografica del corso d'acqua e analisi di caratterizzazione dell'ambito di attraversamento;
- Valutazioni idrologiche al fine di stimare le portate al colmo di piena di progetto in corrispondenza della sezione di studio (coincidente con quella dell'attraversamento in esame);
- Studio idraulico, volto ad individuare i parametri caratteristici di deflusso idrico ed i fenomeni associati alla dinamica fluviale locale in corrispondenza dell'ambito di attraversamento, con particolare riferimento alla valutazione dei fenomeni erosivi di fondo alveo;
- Descrizione delle scelte progettuali inerenti la metodologia costruttiva, la geometria della condotta in subalveo e le eventuali opere di presidio idraulico;

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 5 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

- Valutazioni inerenti la compatibilità idraulica del sistema d'attraversamento, in riferimento ai criteri stabiliti nelle Norme di Piano per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti di pericolosità idraulica ai sensi del PAI ed alle disposizioni stabilite dalla L.R. n.41/2018 della Regione Toscana.

### 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:

- DIS. AT-004  
*Microtunnel Bargellino (Attraversamento Torrente Sovara)*

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



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 6 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento del torrente Sovara da parte del metanodotto in progetto "Sansepolcro - Terranuova Bracciolini" DN750 (30") ricade nell'ambito del territorio di Alghieri (AR), nei pressi della località Tavernelle.

Dal punto di vista idrografico l'ambito di attraversamento ricade nel tratto medio-alto dello sviluppo del corso d'acqua, poco a monte della confluenza del torrente Libbia.

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

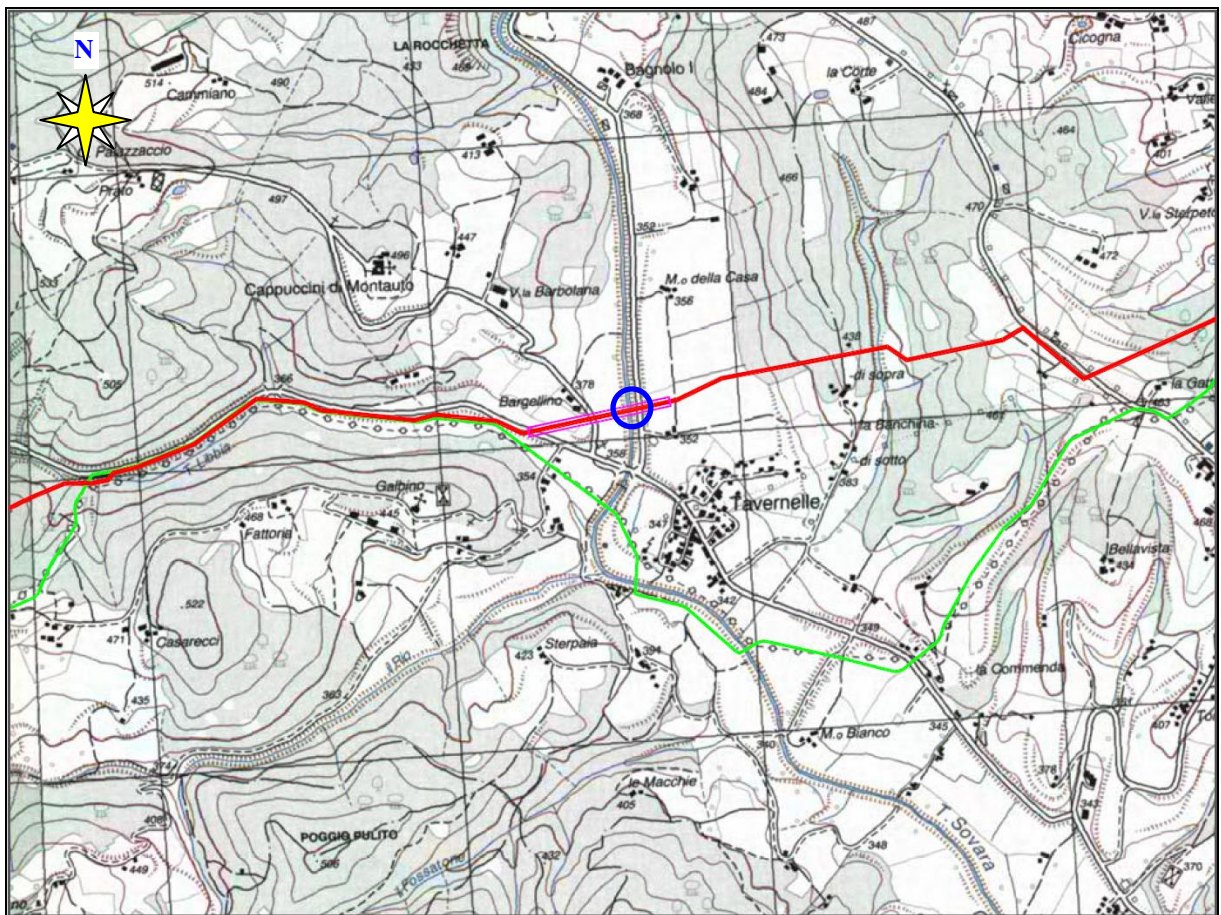


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 7 di 76	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

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		
Coord. Piane: Monte Mario, Zona 1 - Datum: Roma 40 (EPSG 3003)	1744300 m E	4826050 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 (riportato mediante una linea in colore rosso), il metanodotto in fase di dismissione (indicato tramite una linea in colore verde) e l'area di attraversamento del corso d'acqua in esame (evidenziata mediante un cerchio in colore blu).

Nella stessa figura è inoltre indicato schematicamente (mediante sagoma rettangolare in color 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 in trenchless.

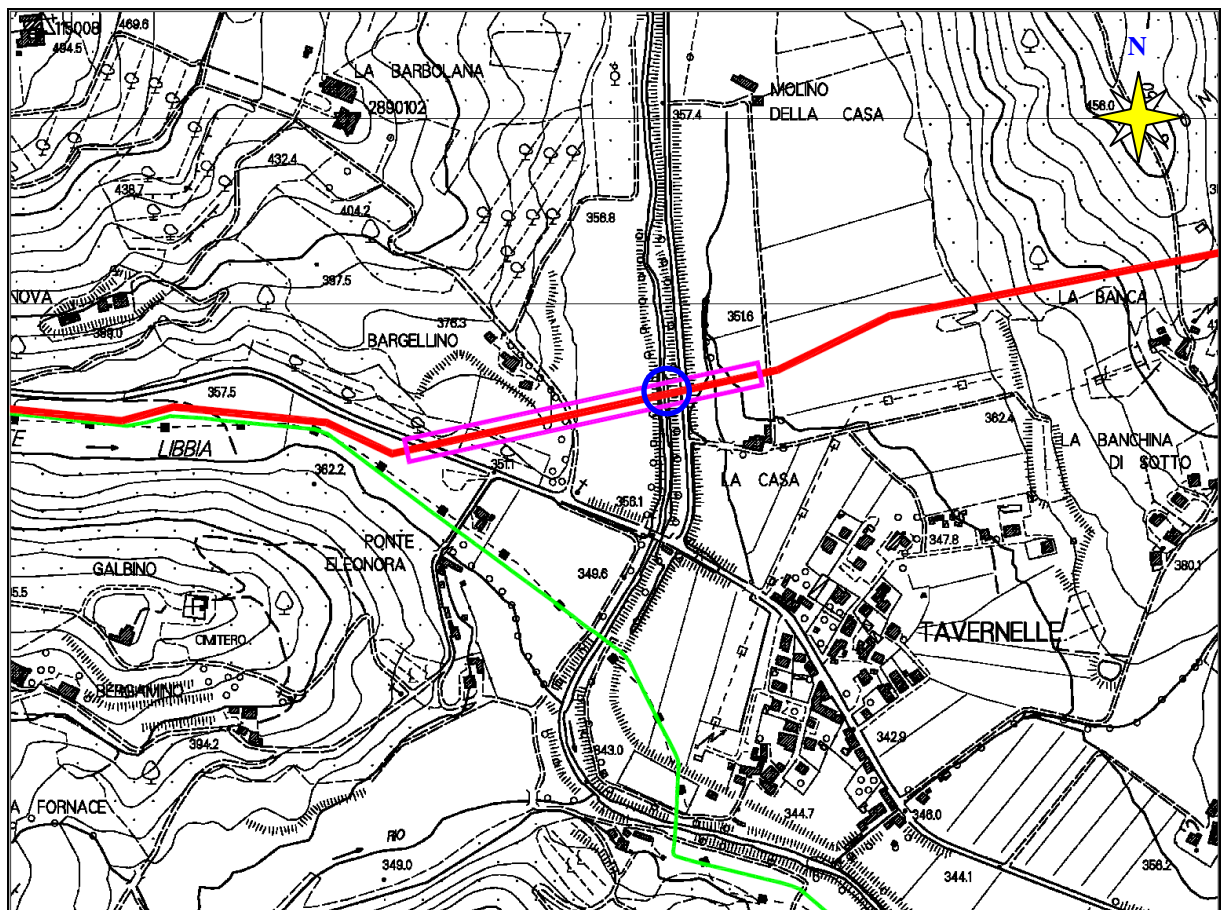


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

Dall'analisi della figura precedente si rileva che l'attraversamento in progetto del corso d'acqua ricade a circa 200m a monte del ponte della Strada provinciale della Libbia ed a circa 350m a monte dell'ultimo attraversamento da parte del metanodotto esistente (in fase dismissione).

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 8 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

### 3 ANALISI DI CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBITO

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

Il torrente Sovara rappresenta un corso d'acqua di significativa importanza, ricadente nella parte sommitale del bacino dell'alto Tevere. Il bacino del Sovara è caratterizzato da un bacino idrografico complessivo di circa 135 kmq, ricadente tra la Toscana e l'Umbria e più esattamente tra le provincie di Arezzo e di Perugia.

Il Sovara nasce presso Campo Maggio (690 m s.l.m.), nel territorio di Subbiano (Ar), si sviluppa nell'ambito dei territori comunali di Alghieri (Ar), Monterchi (Ar), Citerna (Pg) e infine di Città di Castello (Pg), ricevendo l'apporto idraulico di numerosi corsi d'acqua minori. Dopo un percorso di circa 30 km, il Sovara confluisce nel torrente Cerfone in località Vingone e quindi nel Tevere.

Il regime idrologico del corso d'acqua è tipicamente torrentizio, con andamento delle portate sostanzialmente legato al regime pluviometrico del bacino a monte (di tipo Sublitoraneo Appenninico). In particolare i periodi di piena si verificano in primavera e soprattutto in autunno, i periodi di magra (e di secca) si verificano in estate.

Nella figura seguente è riportato il bacino complessivo del corso d'acqua (in color magenta), su una base cartografica costituita dalle tavolette IGM, con indicazione dell'asta del corso d'acqua e del reticolo idrografico.

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.



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 9 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

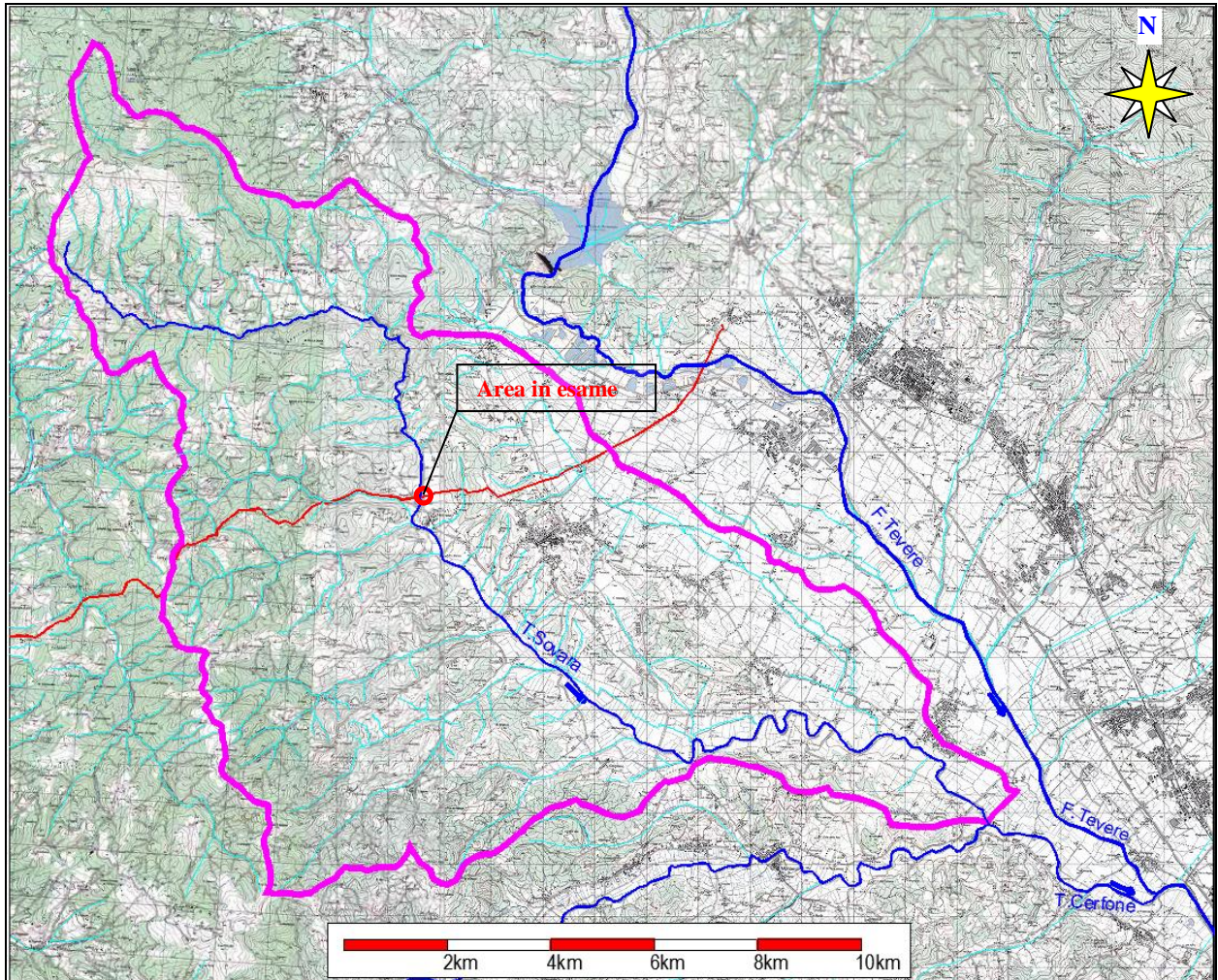


Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua, con indicazione dell'ambito in esame

Dall'esame della figura precedente si rileva l'attraversamento del metanodotto in progetto ricade in un ambito medio- alto dello sviluppo del corso d'acqua, a circa 17.5 km dalla foce nel torrente Cerfone.

### 3.2 Descrizione dell'ambito di attraversamento

L'ambito di attraversamento ricade in ambito medio- alto dello sviluppo del corso d'acqua, nei pressi della località Tavernelle e poco a monte della confluenza del torrente Libbia.

Nell'intorno dell'attraversamento il corso d'acqua assume un andamento longitudinale sub-rettilineo.

L'alveo presenta una larghezza al fondo di circa 10m, con sponde mediamente acclivi che si elevano dal fondo di circa 4÷5m. Nel lato in sinistra idrografica la sponda è sostanzialmente costituita da un rilevato arginale, di altezza di circa 5m, realizzato a protezione dell'abitato di Tavernelle e sulla sommità del quale si sviluppa la strada comunale del Bagnolo.



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 10 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

I sedimenti presenti in alveo sono rappresentati da ghiaie e da ciottolame. In prossimità dell'area d'attraversamento non si rileva la presenza di erosioni spondali localizzate significative; pertanto la configurazione d'alveo appare sostanzialmente stabile.

Il regime idrologico del Sovara è di tipo torrentizio, ed è strettamente condizionato dall'andamento delle precipitazioni; i deflussi sono massimi in novembre-aprile, e ridotti in giugno-settembre, con minime assolute in luglio ed agosto.

Al fine di consentire una visione diretta dell'ambito in esame nella figura seguente è riportata una foto aerea (estratta da Google Earth) dell'ambito d'interferenza tra il metanodotto e l'alveo del corso d'acqua, 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 è indicato schematicamente mediante una sagoma rettangolare in magenta a cavallo della condotta da posare.

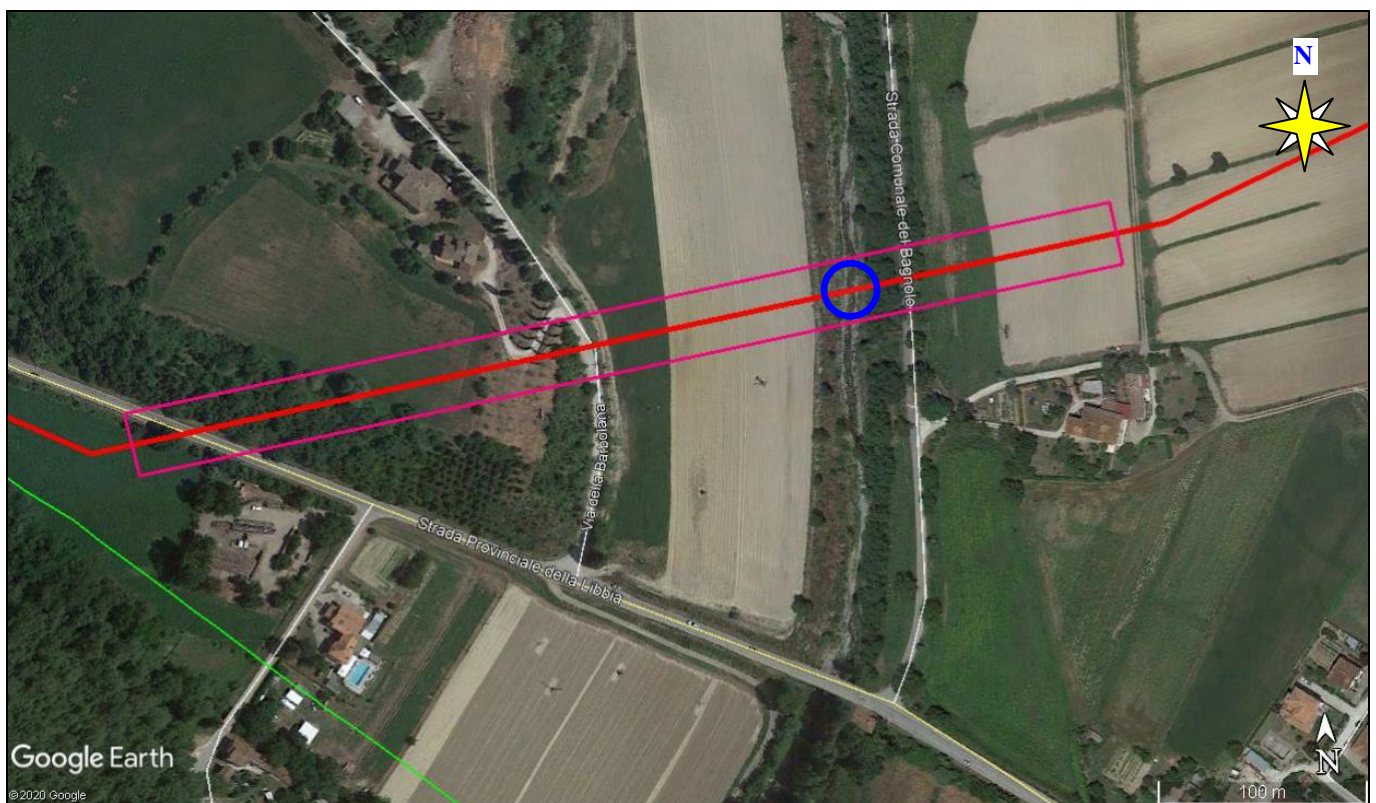


Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento (estratta da google earth)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 11 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Nella figura seguente è inoltre riportata una foto relativa all'ambito d'attraversamento in esame del corso d'acqua (foto scattata dalla sponda sinistra del corso d'acqua). La linea indicata in rosso rappresenta la posizione del tracciato del metanodotto in progetto. La stessa linea è stata riportata tratteggiata per indicare che l'attraversamento verrà eseguito in trivellazione.



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

### 3.3 Caratterizzazione litostratigrafica

Per l'acquisizione degli elementi che hanno permesso di esprimere un giudizio sui litotipi costituenti i terreni nell'ambito fluviale in esame, recentemente (nel Febbraio 2020) è stata eseguita una campagna geognostica nell'ambito fluviale in esame consistente in n.3 sondaggi:

- S10 (prof.20m): nel lato in sx idrografica del Sovara (estremità est della trivellazione);
- S11 (prof.35m): nel lato in dx idrografica del Sovara (parte intermedia della trivellazione);
- S12 (prof.15m): nei pressi dell'attraversamento della strada provinciale (estremità ovest della trivellazione);



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 12 di 76	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico in scala 1:10000, con l'ubicazione dei sondaggi di riferimento.

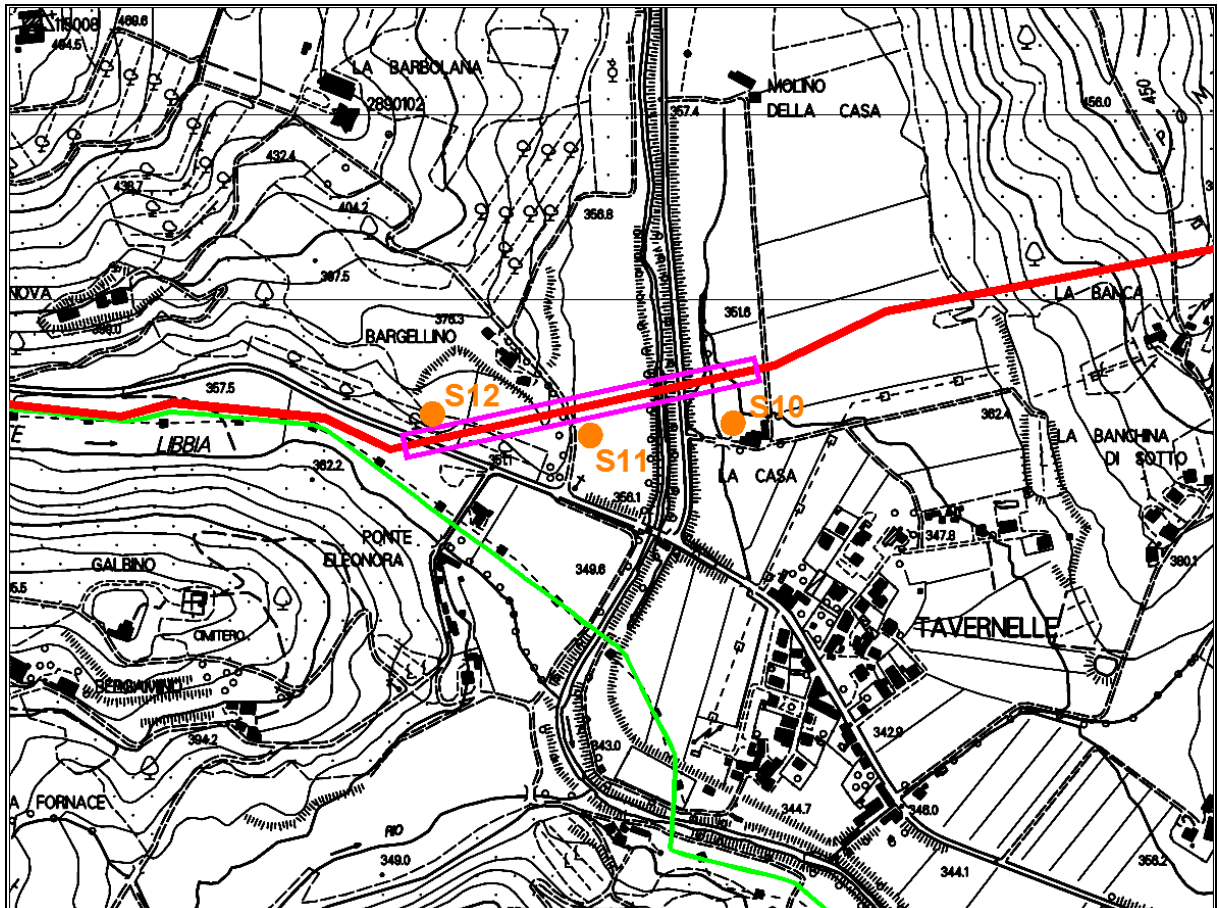


Fig.3.3/A: Planimetria in scala 1:10000, con ubicazione sondaggi

Per l'esame delle colonne stratigrafiche dei sondaggi di riferimento si rimanda alla visione dell'Appendice 1.

In particolare dall'esame delle colonne stratigrafiche del sondaggio S10 si evince la prevalenza di terreni coesivi. Tra 9m e 15.4m di profondità si individua un livello costituito da alternanze di argilliti e areniti litoidi fratturati.

Dall'esame delle colonne stratigrafiche del sondaggio S11 si evince la presenza di terreni coesivi per i primi 5.7m. Poi si individuano dei livelli costituiti da alternanze di argilliti e areniti litoidi (fratturati da 19m in poi).

Dall'esame delle colonne stratigrafiche del sondaggio S12 si evince la presenza di terreni coesivi per i primi 6m circa. Poi si individua uno strato di argilla intercalato da livelli decimetrici di arenaria litodide

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 13 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

## 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

Nello specifico per le valutazioni idrologiche ci si riferisce esplicitamente a degli "studi ufficiali" ricomprensivi anche l'ambito fluviale in esame e con particolare riferimento:

- agli studi riportati nel Piano di Assetto Idrologico del fiume Tevere (PAI) e nel Piano di Gestione del Rischio Alluvione del Distretto idrografico dell'Appennino Centrale (PGRAAC);
- alla Relazione idrologica - idraulica redatta, nel 2010, come documento di supporto per la redazione del Regolamento Edilizio del Comune di Alghieri (AR).

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

Si assume come sezione idrologica di studio quella di attraversamento del corso d'acqua da parte del metanodotto in progetto, che ricade in un ambito medio-alto dello sviluppo dell'asta del torrente, a circa 0.5 km a monte della confluenza, da destra, del torrente Libbia.

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





PROGETTISTA  TechnipFMC

COMMESSA  
NR/17143

CODICE TECNICO

LOCALITA'  
REGIONE TOSCANA

RE-CIV-002

PROGETTO  
Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini  
DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse

Fg. 14 di 76

Rev.  
0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

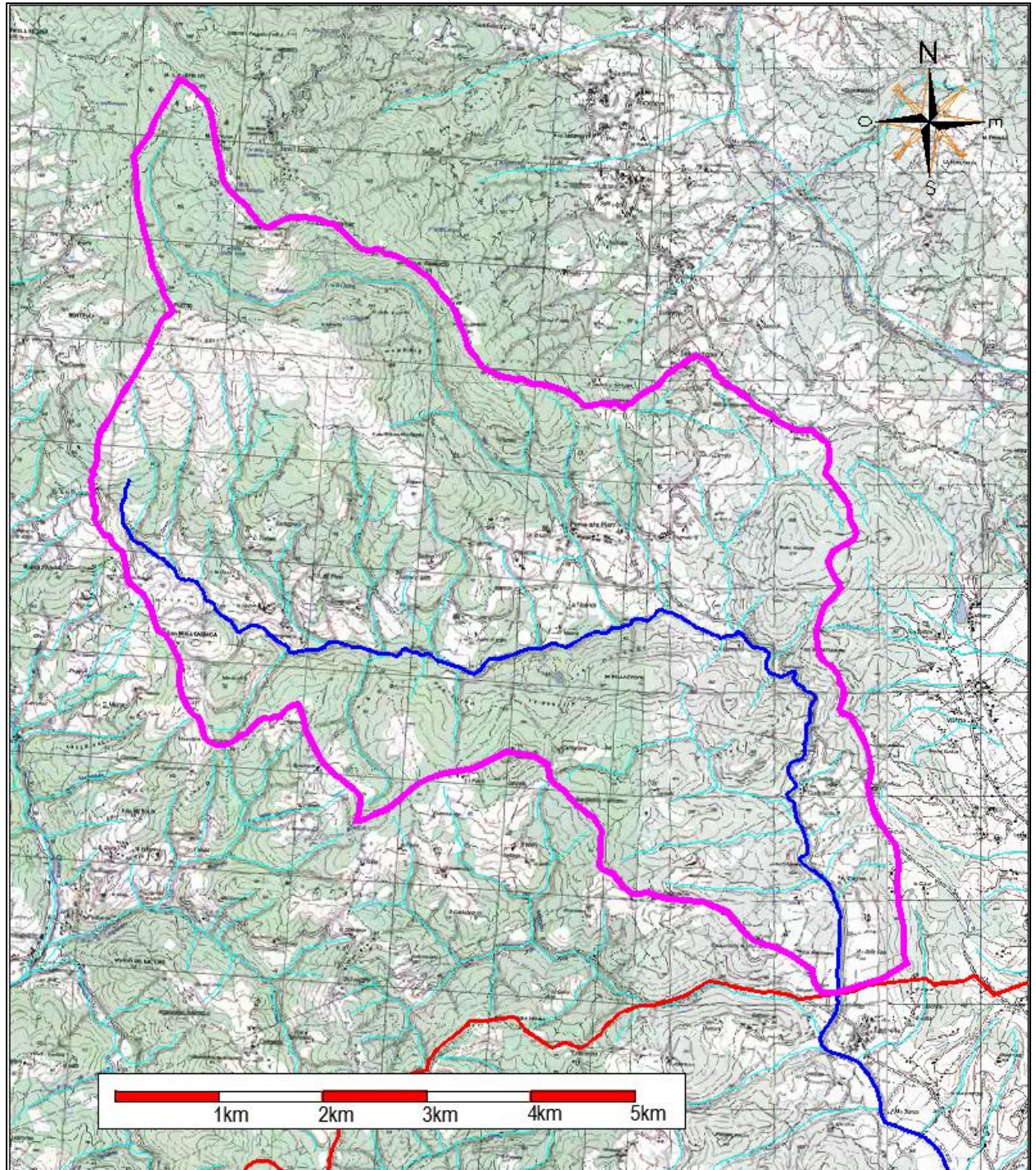


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio (di attraversamento)



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 15 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

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

*Tab.4.3/A: Parametri morfometrici*

Corso d'acqua / Sezione Studio	Superficie Bacino (kmq)	Lungh. asta principale (km)	Altitudine max Bacino (m)	Altitudine media Bacino (m)	Altitudine Sezione chiusura (m)
T.Sovara - Sez. studio (Attrav Met. DN 750)	33.5	12	1414	710	349

#### 4.4 PGRAAC - Valutazioni idrologiche

##### Generalità

Il Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale, nell'ambito del Piano di Gestione Rischio Alluvioni - PGRAAC (Adottato dal Comitato Istituzionale integrato il 17 dicembre 2015 e Approvato dal Comitato Istituzionale integrato il 3 marzo 2016), ha provveduto a redigere la mappatura di pericolosità da alluvione in considerazione delle alluvioni rare di estrema intensità, con tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento (P1 - bassa probabilità); le alluvioni poco frequenti, con tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (P2 - media probabilità); le alluvioni frequenti, con tempo di ritorno tra 20 e 50 anni (P3 - elevata probabilità).

Tale operazione ha condotto a relazionare le porzioni di territorio già definite come fasce di assetto idraulico A, B e C del PAI, comunque interessate da fenomeni di esondazione e riconducibili ai tre scenari definiti dalla Direttiva (evento raro, medio e frequente), a tre livelli di pericolosità omogenei:

- P1 evento riconducibile a tempo di ritorno minore uguale di 50 anni;
- P2 evento riconducibile a tempo di ritorno minore uguale di 200 anni;
- P3 evento riconducibile a tempo di ritorno maggiore di 200 anni.

La redazione delle mappe di pericolosità si è basata, essenzialmente, utilizzando al meglio quanto contenuto nel Piano di Assetto Idrogeologico e nei suoi aggiornamenti. Oltre alle perimetrazioni già comprese nel P.A.I. sono stati utilizzati:

- o studi di aggiornamento/revisione recenti, su tratti fluviali già ricompresi nel PAI, in corso di definitiva approvazione, ma validati dal punto di vista tecnico;
- o studi recenti, su tratti fluviali non indagati, redatti dopo l'ultimo aggiornamento del PAI in corso di definitiva approvazione, ma validati dal punto di vista tecnico.

Quindi si può affermare che il lavoro svolto nel PGRAAC è consistito nell'aggiornare, integrare e omogeneizzare quanto contenuto nel PAI vigente al fine di arrivare ad una rappresentazione omogenea e coerente con quanto previsto nell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010.

In particolare per quanto riguarda il tratto fluviale in esame, essendo ricadente nel reticolo secondario del Tevere, risulta uno di quei tratti per i quali si è fatto riferimento a studi sviluppati successivamente all'approvazione del 1° aggiornamento al PAI.

##### Valutazione idrologiche per l'ambito in esame

Al fine di definire le caratteristiche idrologiche (ed idrauliche) lungo l'asta fluviale del corso d'acqua, sono state considerate una serie di sezioni trasversali disposte con un passo ritenuto adeguato e nei punti ritenuti idraulicamente rappresentativi.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 16 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

In particolare per rappresentare l'ambito fluviale oggetto di studio nel presente elaborato, qui di seguito si riporta uno stralcio planimetrico (in scala 1:10.000) della tavola 6P delle mappe della pericolosità del PGRAAC, nel quale sono rappresentate in blu le sezioni idrologiche (ed idrauliche) di studio.

Nello stralcio è stato inoltre inserito (tramite una linea in rosso) il tracciato del metanodotto in progetto.

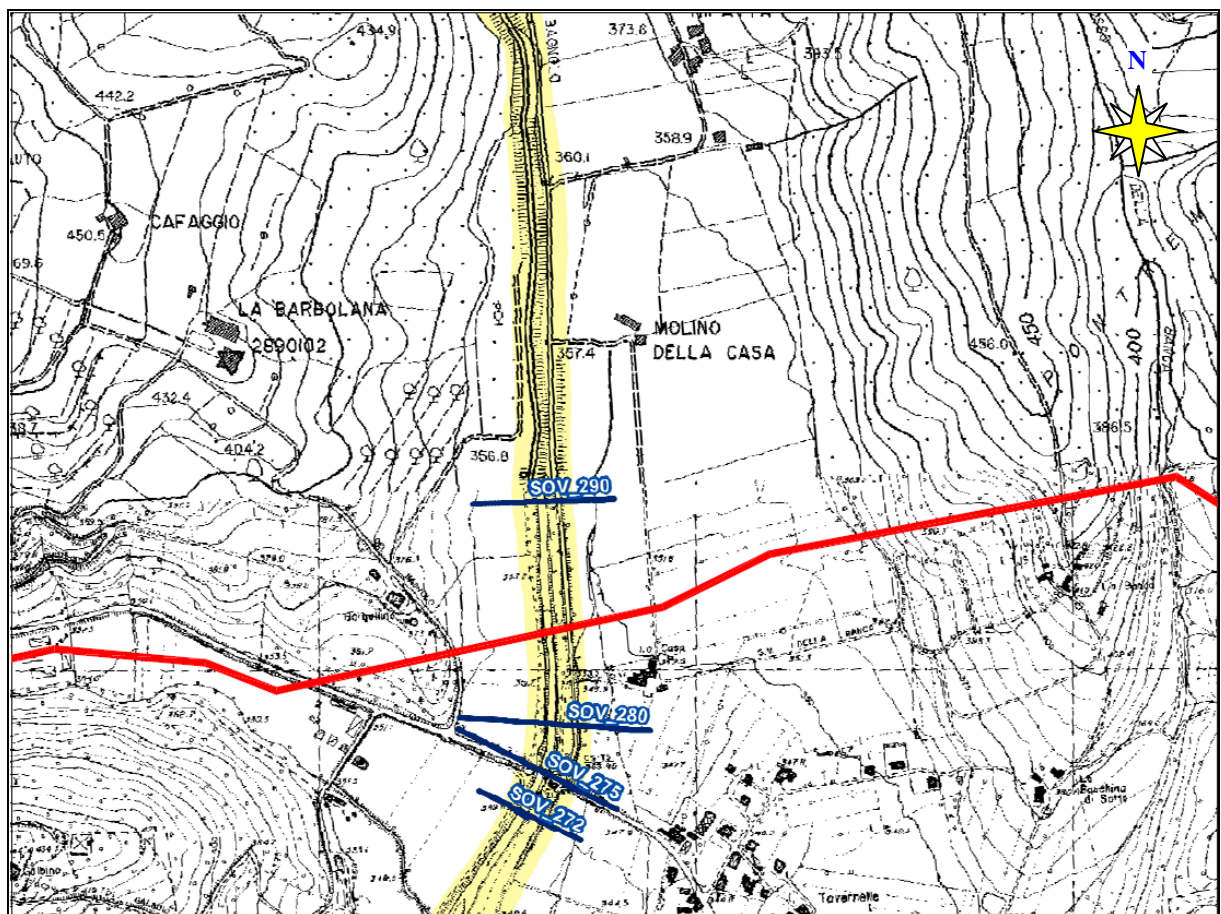


Fig.4.4/A: Stralcio della Tavola 6P delle mappe della pericolosità del PGRAAC

Dall'esame della figura precedente, si rileva che la sezione più prossima a quella di attraversamento del metanodotto in progetto risulta essere quella denominata "SOV\_280" negli elaborati del PGRAAC, la quale è localizzata a circa 120m a valle dell'attraversamento in progetto.

Per la sezione sopra citata, negli elaborati del PGRAAC, sono riportati i valori di portata indicati nella tabella seguente:

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 17 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

*Tab.4.4/A: Portate al colmo di piena (fonte elaborati PGRAAC)*

Corso d'acqua / Sezione Studio	Tratto	Portata pericolosità P3	Portata pericolosità P2	Portata pericolosità P1
		(mc/s) evento frequente	(mc/s) evento poco frequente	(mc/s) evento raro
Torrente Sovara / Sez: SOV_280	Torrente Sovara - tratto toscana	67	107	136

I tempi di ritorni (T) di riferimento per i vari scenari di evento considerati nella tabella precedente sono:

- P3 -evento frequente (elevata probabilità di accadimento):  $20 \leq T \leq 50$  anni;
- P2 -evento poco frequente (media probabilità di accadimento):  $100 \leq T \leq 200$  anni;
- P1 -evento raro (bassa probabilità di accadimento):  $200 \leq T \leq 500$  anni;

#### 4.5 Studio per Regolamento edilizio di Alghieri

##### Generalità

Il comune di Alghieri nella fase di redazione del regolamento edilizio, al fine di avere un adeguato quadro conoscitivo sull'assetto idrologico ed idraulico dei corsi d'acqua di significativa importanza nel proprio, ha commissionato la redazione di studi specialistici. La Relazione idrologica - idraulica è stata redatta nel 2010, dunque, come documento di supporto alla redazione del regolamento edilizio.

Nello studio, la stima degli idrogrammi di progetto associati ai diversi tempi di ritorno per i bacini idrografici in esame è stata eseguita mediante una modellistica idrologica afflussi-deflussi basata sull'idrogramma unitario istantaneo (IUH) e considerando valida l'ipotesi che la portata defluente associata ad uno specifico tempo di ritorno sia determinata da una sollecitazione meteorica di pari probabilità di accadimento.

In particolare, la trasformazione afflussi-deflussi viene descritta da un approccio idrologico costituito da tre componenti in serie: un modello di infiltrazione basato sul metodo SCS- CN (Soil Conservation Service, 1986), due modelli di formazione della piena basati sull'idrogramma unitario istantaneo (IUH) adimensionale e sul metodo cinematico ed, infine, il modello di Muskingum-Cunge (Cunge, 1969) per il trasferimento dell'onda di piena lungo i corsi d'acqua.

##### Risultati delle valutazioni idrologiche per l'ambito fluviale in esame

I risultati delle valutazioni idrologiche sul Sovara, a monte della confluenza con il Libbia (pertanto rappresentativi per l'ambito specifico in esame), in considerazione delle due differenti metodologie di calcolo, sono state estrapolate dalla Tabella 14 dell'elaborato sopra citato e riportati qui di seguito:

*Tab.4.5/A: Portate al colmo di piena (Regolamento edilizio di Alghieri)*

BACINO	Q picco CN3 modello semidistribuito					Q picco CN3 formula razionale				
	Tr 20	Tr 30	Tr 100	Tr 200	Tr 500	Tr 20	Tr 30	Tr 100	Tr 200	Tr 500
	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s	mc/s
T. Sovara	37.0	47.0	77.5	96.5	122.4	47.3	62.4	112.5	143.9	187.2

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 18 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

#### 4.6 Portata di progetto

Dall'analisi di raffronto tra le portate di piena riportate negli studi nel PGRAAC (di cui alla Tab.4.4/A) con quelle valutate negli studi per il Regolamento Edilizio di Alghieri (di cui alla Tab.4.5/A), si evince che l'applicazione del metodo razionale determina risultati di portate più elevate.

In tal senso si adotta un approccio conservativo. Ossia per la scelta della portata di progetto si considera quella duecentennale (associata ad un tempo di ritorno TR pari a 200 anni) valutata mediante l'applicazione della formula razionale (di cui alla Tab.4.5/A). A tal proposito nella tabella seguente si riepiloga dunque la portata di progetto, la quale verrà presa in considerazione per le verifiche idrauliche di cui al capitolo seguente.

*Tab.4.6/A: Portata di progetto - tabella riepilogativa*

		Sup. Bacino	Qprogetto	qmax
<b>Sezione Idrologica</b>		(kmq)	(mc/s)	(mc/s×kmq)
T. Sovara	Sez. di studio (Attrav Met. DN 750)	33.5	<b>143.9</b>	4.30



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 19 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

## 5 STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE

### 5.1 Presupposti e limiti dello studio

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

Lo studio è finalizzato alle seguenti determinazioni:

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

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

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

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

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

In *Appendice 2* della presente relazione viene descritta, con dettaglio, la metodologia di calcolo utilizzata; mentre in *Appendice 3* sono riportati i tabulati di report del programma di calcolo.

E' opportuno evidenziare che lo studio risulta pertinente sia alla attuale configurazione idraulica del corso d'acqua, che a quella di fine lavori. Ciò in quanto, con i lavori di costruzione del metanodotto, non verranno apportate al corso d'acqua alterazioni tali da modificarne le condizioni di deflusso della corrente.

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

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 20 di 76	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

## 5.2 Assetto geometrico e modellazione idraulica

### 5.2.1 *Assetto geometrico di modellazione dell'alveo*

Al fine di eseguire la modellazione idraulica nell'ambito di riferimento è stato considerato un tronco d'alveo idraulicamente significativo a cavallo della sezione di attraversamento del metanodotto, per uno sviluppo complessivo di circa 0.5 km.

I dati geometrici di base derivano dai DTM ricavati tramite voli Lidar con risoluzione 2x2 ("Fonte dei dati: Regione Toscana – "Rilievi Lidar" e scaricati dal portale "Geoscopio - Regione Toscana"), che hanno consentito la definizione delle caratteristiche geometriche dell'alveo e delle sponde lungo lo sviluppo del tronco d'alveo oggetto di analisi.

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

Entrando nello specifico, nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico, ricavato dai CTR regionali, nel quale l'asta del corso d'acqua è indicata in colore blu, 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 (RS80) coincide con la sezione di monte del tronco idraulico; la sezione 8 (RS10) rappresenta quella di valle.

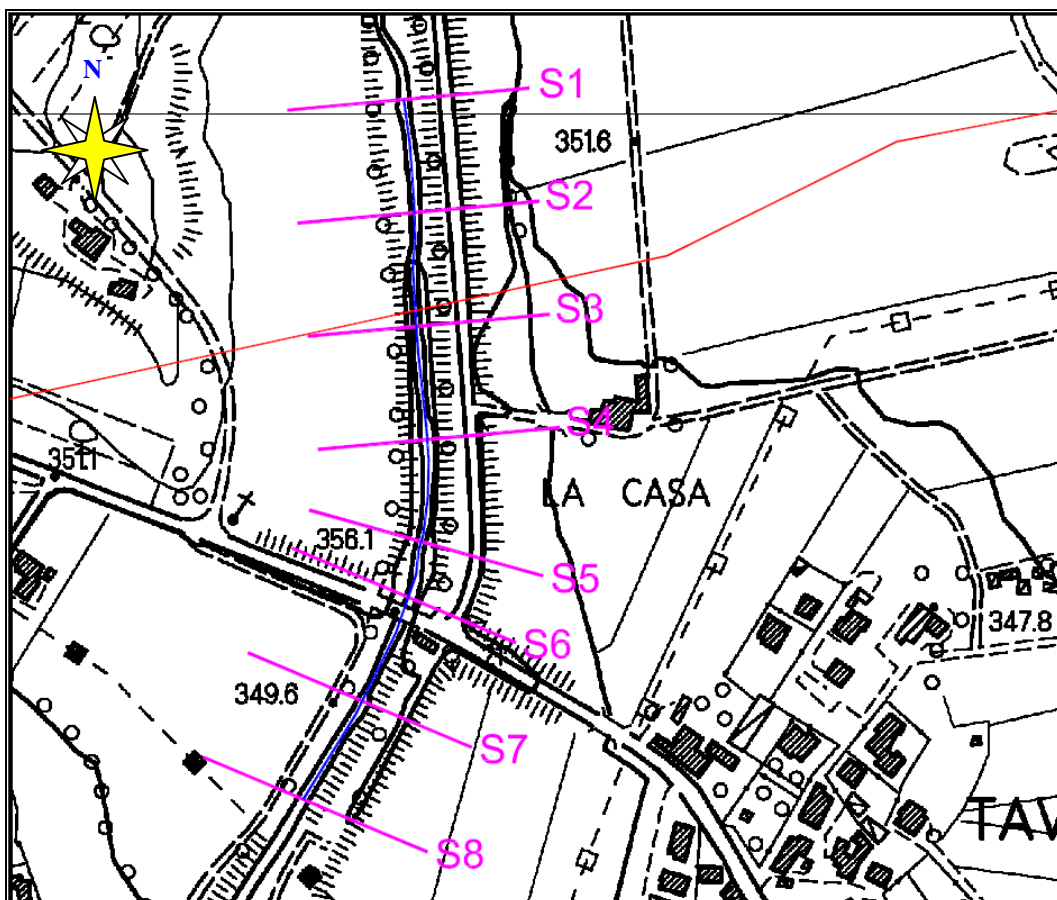


Fig.5.2/A: Stralcio CTR regionale, con tronco d'alveo analizzato e sezioni iniziali di input

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 21 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

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

Tab.5.2/A

SEZIONE IDRAULICA (River Station)	SEZIONE DEL RILIEVO	PROGRESSIVA (m)	DISTANZA dalla Sez. succ. (m)	DESCRIZIONE
RS80	Sez.1	0.00	70.04	Sezione di monte
RS70	Sez.2	70.04	70.34	
RS60	Sez.3	140.38	70.02	
RS50	Sez.4	210.40	63.37	
RS40	Sez.5	273.77	35.31	
RS30	Sez.6	309.08	70.13	Ciglio monte ponte stradale
RS20	Sez.7	379.21	70.74	
RS10	Sez.8	449.95	0.00	Sezione di valle

Nella figura seguente si riporta lo schema planimetrico di input geometrico utilizzato per la modellazione idraulica, dove le sezioni in verde scuro sono di input.

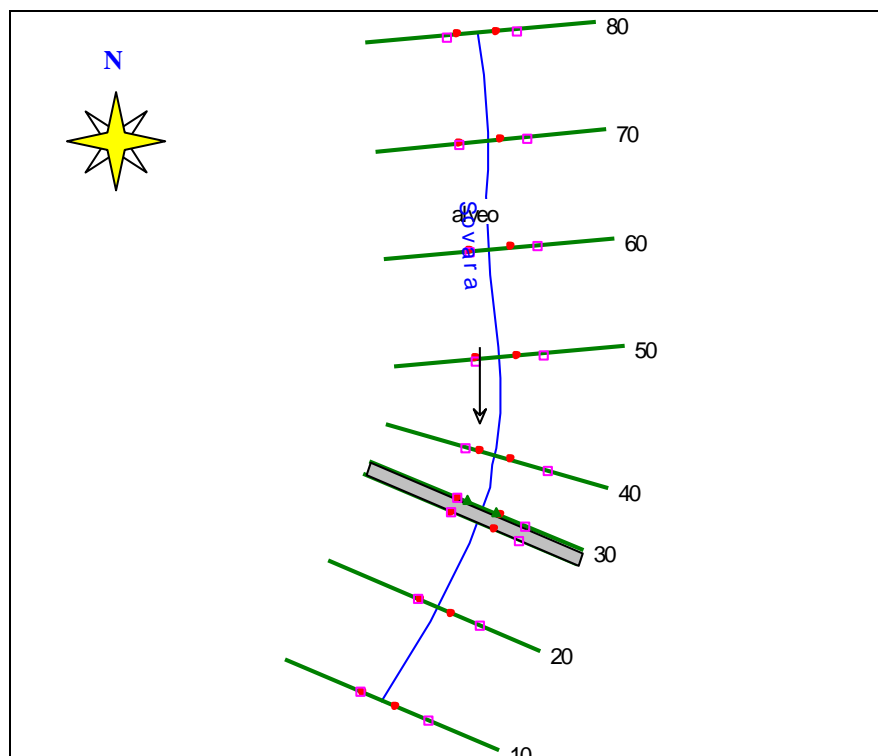


Fig.5.2/B: Modellazione geometrica in Hec Ras (RS80 a monte e RS10 a valle)

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 22 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

### 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:

- $Q_{200}=143.9$  mc/s

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

Le condizioni al contorno imposte alle estremità del tronco d'alveo oggetto di studio, sono costituite da un flusso in moto uniforme "normal depth" a monte (RS80) ed a valle (RS10), in considerazione delle pendenze al fondo individuate per i tratti immediatamente esterni all'estremità del tronco.

In aggiunta nella modellazione è stata considerata anche la presenza del ponte stradale, immediatamente a valle della RS30.

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

- 0,035 per l'alveo medio principale (Chan);
- 0,05 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 3*, 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.

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 23 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

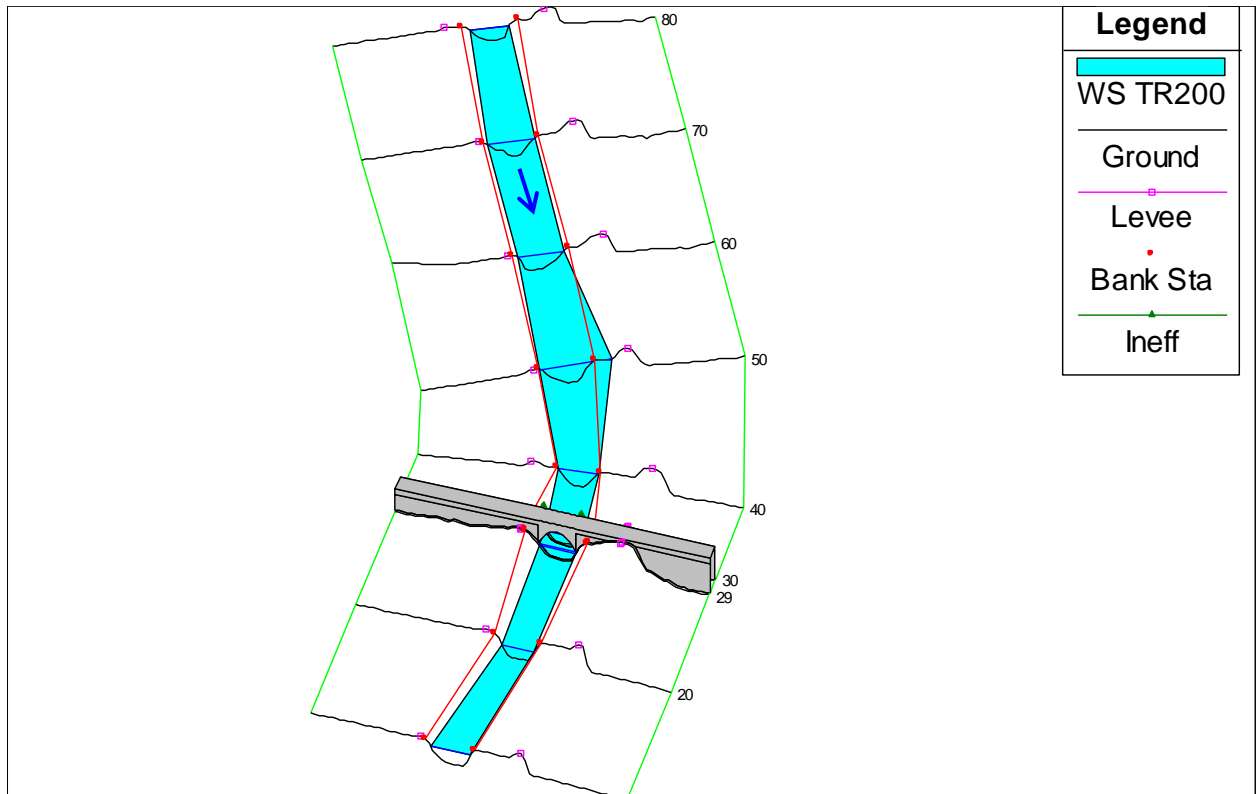


Fig.5.3/A: Schermata di Output del programma – visione prospettica (RS80: monte /RS10: valle)

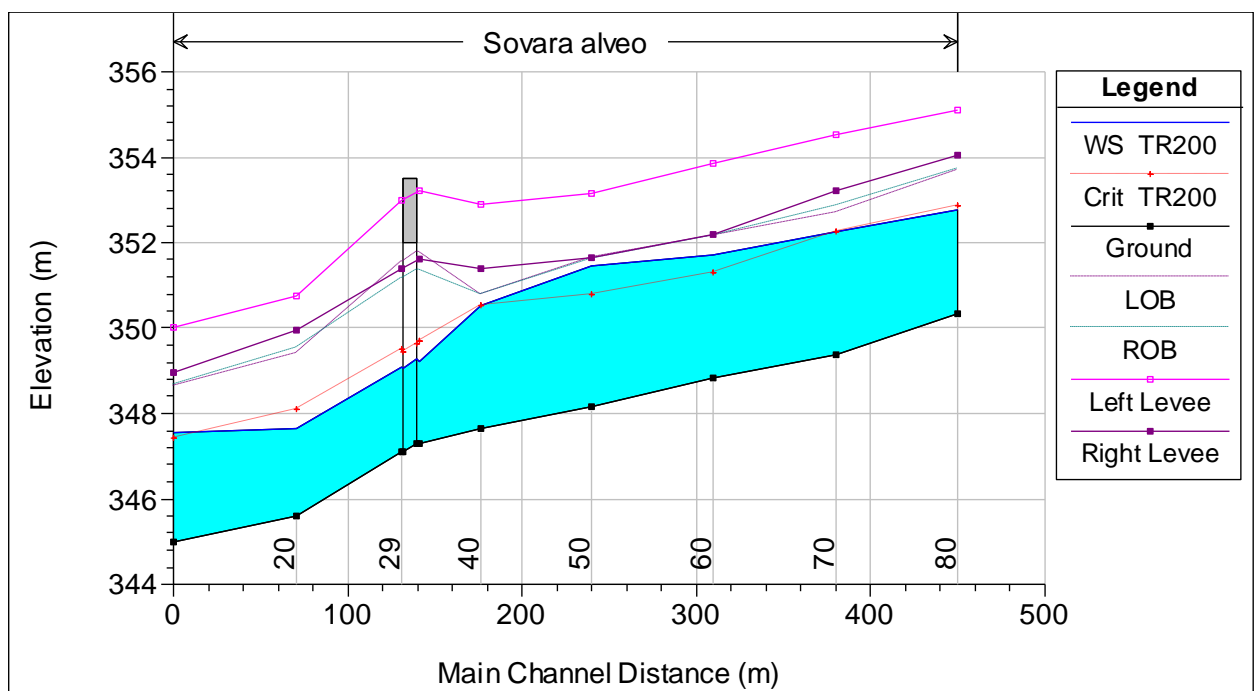


Fig.5.3/B: Schermata di Output del programma – Profilo longitudinale



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 24 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

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

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

River Station	Q Total (m3/s)	Min Ch Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Shear Chan (N/m2)	Froude Chl
80	143.9	350.32	352.76	352.87	353.81	0.013003	4.55	31.62	17.69	1.79	210.54	1.09
70	143.9	349.37	352.27	352.27	353.08	0.010764	3.99	36.09	22.11	1.63	164.68	1.00
60	143.9	348.84	351.7	351.3	352.27	0.005832	3.34	43.05	21.45	2.01	108.45	0.75
50	143.9	348.16	351.47	350.78	351.88	0.004145	2.86	50.46	27.88	2.03	78.73	0.64
40	143.9	347.66	350.52	350.52	351.44	0.010615	4.24	33.95	18.48	1.84	179.89	1.00
30	143.9	347.31	349.21	349.68	350.83	0.023664	5.63	25.57	17.54	1.51	336.14	1.46
29.5	Bridge											
29	143.9	347.11	349.08	349.49	350.54	0.021675	5.36	26.83	17.76	1.51	306.02	1.39
20	143.9	345.59	347.66	348.09	349.24	0.021325	5.57	25.85	15.49	1.67	322.21	1.38
10	143.9	344.98	347.54	347.43	348.35	0.009005	3.99	36.1	18.98	1.9	157.43	0.92

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

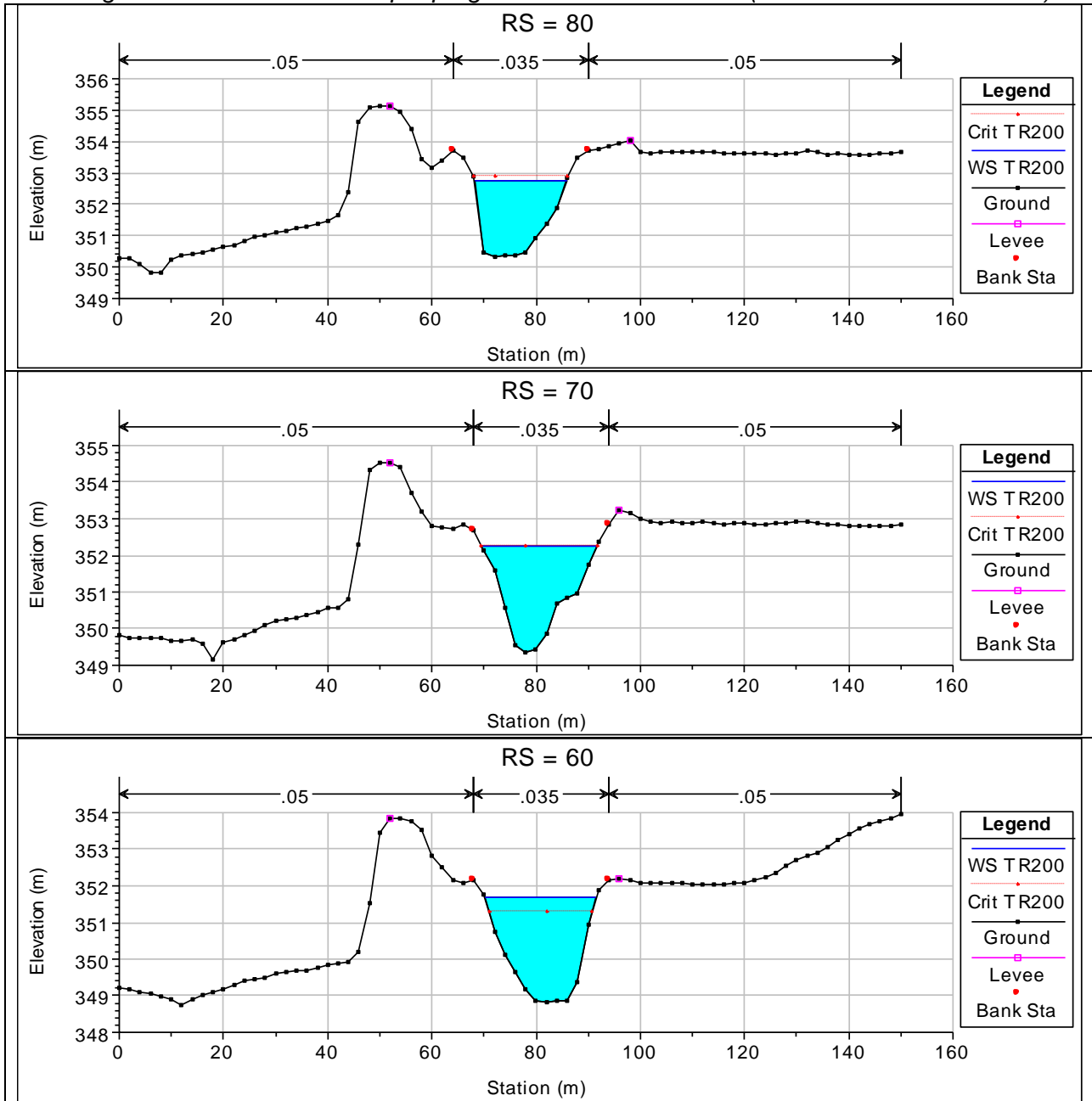
- River Station: Numero identificativo della sezione;
- Q Total: Portata complessiva defluente nell'intera sez. trasversale;
- Min. Ch Elev: Quota minima di fondo alveo;
- W.S. Elev: Quota del pelo libero;
- Crit W.S: Quota critica del pelo libero (corrispondente al punto di minimo assoluto della linea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

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

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 25 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Fig.5.3/C: Schermate di Output programma – Cross Section (RS80: monte /RS10: valle)





PROGETTISTA TechnipFMC

COMMESSA  
NR/17143

CODICE TECNICO

LOCALITA'  
REGIONE TOSCANA

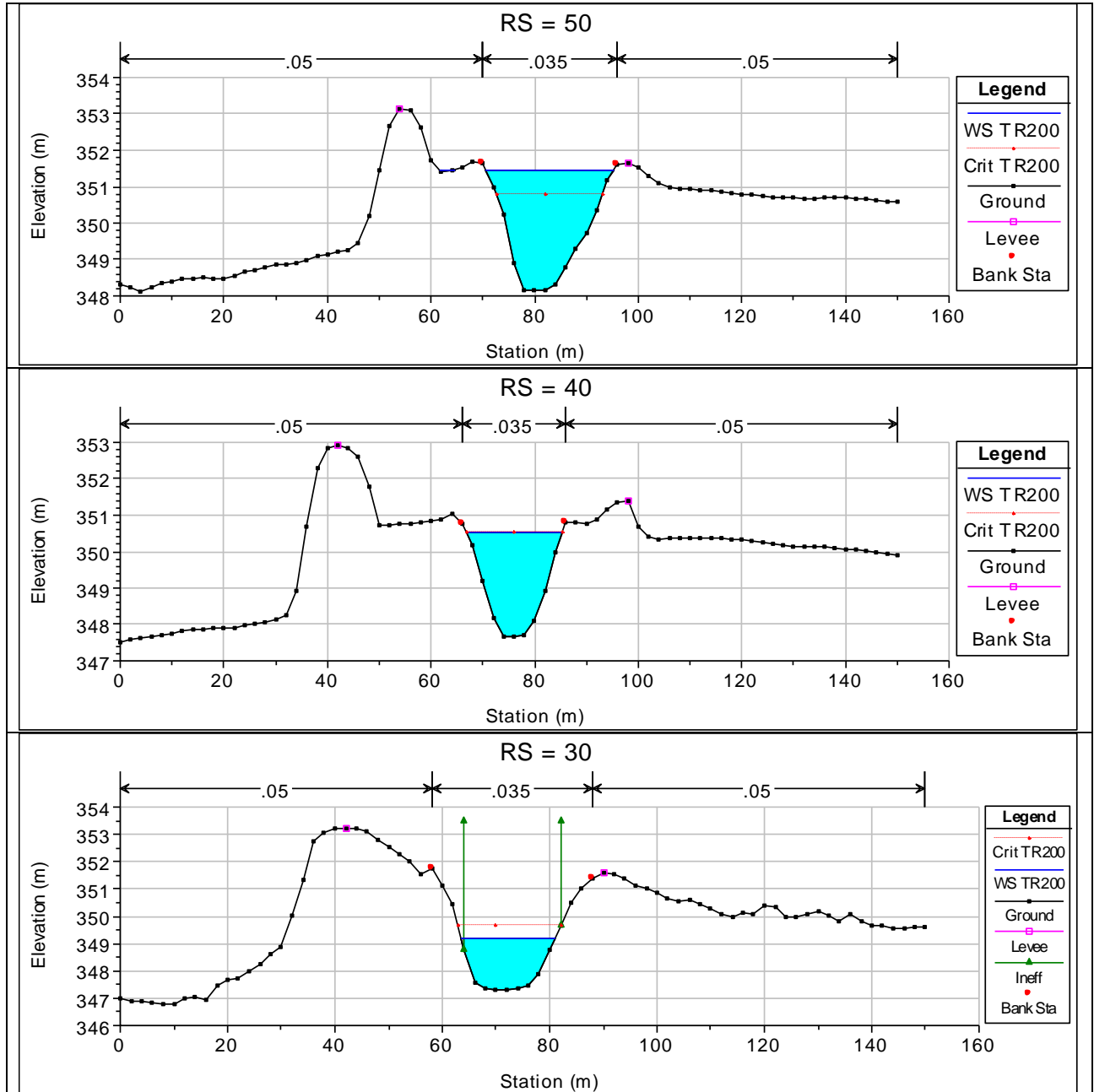
RE-CIV-002

PROGETTO  
Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini  
DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse

Fg. 26 di 76

Rev.  
0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036





PROGETTISTA TechnipFMC

COMMESSA  
NR/17143

CODICE TECNICO

LOCALITA'  
REGIONE TOSCANA

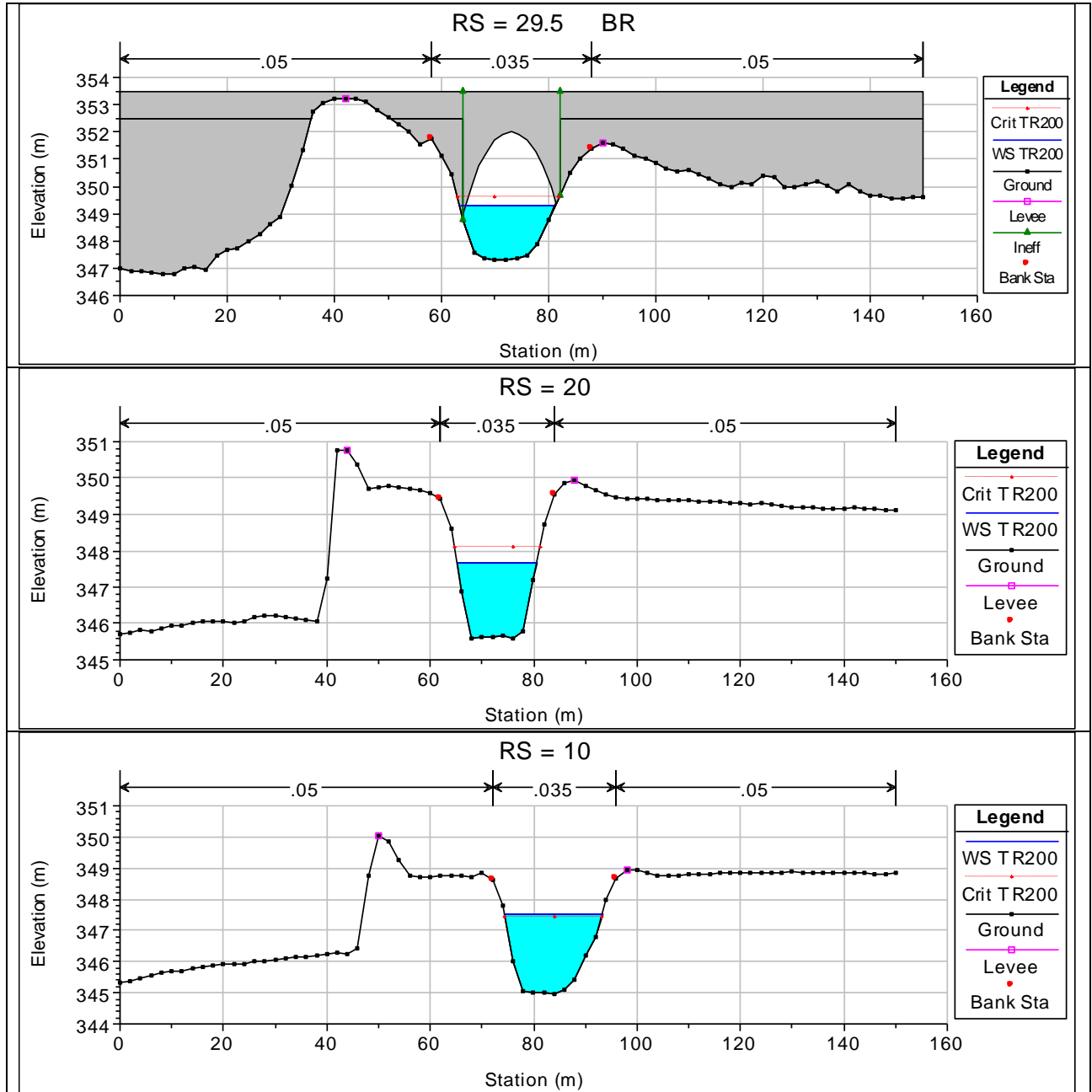
RE-CIV-002

PROGETTO  
Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini  
DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse

Fg. 27 di 76

Rev.  
0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036



	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 28 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

#### 5.4 Analisi dei risultati conseguiti

Nel paragrafo precedente sono state riportate le principali schermate di output del programma Hec Ras; mentre in *Appendice 3* 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, essendo delimitata da degli argini nel lato in sinistra idrografica, risulta in grado di contenere la portata di progetto.

Il ponte della strada provinciale della Libbia, presenta una configurazione adeguata per far defluire correttamente le acque.

Le velocità di deflusso in alveo della corrente, essendo molto pendente, risultano particolarmente elevate, ossia nell'ordine dei 4 m/s; con punte in prossimità del ponte stradale (dove c'è un incremento di pendenza) dove si raggiungono valori superiori ai 5 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.



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 29 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

## 6 VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO

### 6.1 Generalità

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

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

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

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

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

Nel seguito si descrivono quindi le espressioni generali che si ritengono utilizzabili nel caso in oggetto, per la valutazione dei fenomeni erosivi in alveo, al fine di quantificare il

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 30 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

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.

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

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

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

dove

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

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

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

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

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 31 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

### 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 comportano un temporaneo abbassamento della quota d'alveo, in corrispondenza del cavo tra le dune stesse.

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

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

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

### Diametro limite dei clasti trasportabili

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

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

dove

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

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

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

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 32 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

### 6.3 Stima dei massimi approfondimenti attesi

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

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

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

Le righe con campitura in grigio rappresentano le sezioni più prossime all'ambito di attraversamento in esame.

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

River Station	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Portata specifica (m <sup>3</sup> /s m)	Carico totale (m)	Approfond. Localizzati (m)	Arature di fondo (m)
80	143.9	4.55	17.69	1.79	8.13	2.85	1.54	0.90
70	143.9	3.99	22.11	1.63	6.51	2.44	1.35	0.82
60	143.9	3.34	21.45	2.01	6.71	2.58	1.40	1.01
50	143.9	2.86	27.88	2.03	5.16	2.45	1.27	1.02
40	143.9	4.24	18.48	1.84	7.79	2.76	1.50	0.92
30	143.9	5.63	17.54	1.51	8.20	3.13	1.61	0.76
29.5	Bridge							
29	143.9	5.36	17.76	1.51	8.10	2.97	1.57	0.76
20	143.9	5.57	15.49	1.67	9.29	3.25	1.70	0.84
10	143.9	3.99	18.98	1.9	7.58	2.71	1.48	0.95

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

Le righe con campitura in grigio rappresentano le sezioni più prossime all'ambito di attraversamento in esame.

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 33 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

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

River Station	Shear Chan (N/m <sup>2</sup> )	Diametro limite clasti trasportati (m)
80	210.54	0.25
70	164.68	0.19
60	108.45	0.13
50	78.73	0.09
40	179.89	0.21
30	336.14	0.39
29.5		
29	306.02	0.36
20	322.21	0.38
10	157.43	0.18

#### 6.4 Considerazione sui risultati conseguiti

Sulla base delle valutazioni di cui al paragrafo precedente si evince che, relativamente alle sezioni più prossime a quello di attraversamento (si vedano le righe con campitura in grigio di cui la Tab.6.3/A), le massimi erosioni attese al fondo alveo in concomitanza dell'evento di piena di progetto si attestano intorno a valori dell'ordine dei **1.4 m**.

La corrente, nel tratto di attraversamento in esame (si vedano le righe con campitura in grigio di cui la Tab.6.3/B), inoltre risulta potenzialmente in grado di movimentare clasti del diametro dell'ordine dei 0.20 m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 34 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

## 7 METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

### 7.1 Metodologia costruttiva: Microtunnel

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 corso d'acqua.

In tal senso l'insieme delle caratteristiche morfologiche, geologiche, ambientali, geometriche ed idrauliche dell'ambito d'attraversamento ha condotto alla individuazione del sistema di attraversamento mediante trivellazione con la tecnica del "microtunnelling", prevedendo l'utilizzo di una fresa a scudo chiuso, con bilanciamento di pressione in testa.

Tale sistema operativo è stato individuato nel caso specifico con lo scopo di salvaguardare dalle operazioni di scavo il corpo arginale presente in adiacenza dell'alveo nel lato in sinistra idrografica del corso d'acqua, nonché dell'assetto litostratigrafico dell'ambito in esame.

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.

Si evidenzia, inoltre, che nell'ambito della trivellazione è stato ricompreso anche l'attraversamento del tratto basale del rilievo morfologico in località Bargellino.

### 7.2 Configurazioni geometriche di progetto

La definizione geometrica del tunnel (e quindi delle condotte), viene effettuata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo del microtunnel e della condotta.

E' necessario infatti, assicurare adeguate profondità del cavo al di sotto dell'alveo rispettando allo stesso tempo i raggi di curvatura minimi consentiti dalla tubazione di linea, sia in termini di sollecitazioni indotte nel terreno che nei riguardi delle operazioni di varo della condotta.

Qui di seguito vengono descritte le caratteristiche geometriche del profilo di trivellazione del tunnel. Per l'analisi di dettaglio della configurazione geometrica d'attraversamento in subalveo, si rimanda alla visione dell'elaborato grafico di progetto precedentemente richiamato.

#### Geometria d'attraversamento

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 del microtunnel: di 480 metri circa (di cui 310m circa relativamente al tratto curvilineo e complessivamente circa 170m per i due tratti rettilinei);
- diametro interno del microtunnel: min. 2000mm;
- raggio di curvatura del tratto curvilineo pari a 1800 m;



	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 35 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

- copertura minima della generatrice superiore del tunnel dalle quote di fondo dell'alveo attivo: di circa 12 metri;
- distanza verticale minima della trivellazione dal piede esterno del rilevato arginale: oltre 11.5 metri (nel lato in sinistra idrografica);
- postazione di partenza (di spinta): in sinistra idrografica del fiume (lato monte senso gas), con profondità del pozzo di circa 6m dal piano campagna. Distanza dal piede esterno dell'argine sinistro di circa 95 m;
- postazione di arrivo (di recupero): in destra idrografica del fiume (lato valle senso gas);

Tale configurazione di progetto consente di realizzare il tunnel ad adeguate profondità sia nei confronti del fondo alveo, che dai manufatti esistenti in superficie (rilevati arginali); nonché di eseguire le postazioni di estremità con appropriati distacchi di sicurezza dall'alveo del corso d'acqua.

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

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 36 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

## 8 DESCRIZIONE DELLA TECNICA DEL MICROTUNNELLING

### 8.1 Generalità

Questa tecnologia consiste nella realizzazione di un tunnel di piccolo diametro (tra i 300 mm e fino a 3000 mm) mediante l'avanzamento controllato di uno scudo cilindrico, cui è applicato frontalmente un sistema di scavo e che consente di realizzare trivellazioni di sviluppi anche superiori ai 1000 m.

L'azione di avanzamento è esercitata da martinetti idraulici ubicati nella postazione di spinta, che agiscono sul tubo di rivestimento del tunnel (che in questo caso è di cemento armato). L'elemento principale del microtunneling è il microtunneller che è uno scudo telecomandato munito di una fresa rotante che disgrega il materiale durante l'avanzamento.

Le teste fresanti vengono scelte in funzione delle condizioni geologiche dei terreni interessati. Vi è la possibilità di combinare le varie soluzioni per ottenere teste "miste", utilizzabili in terreni che presentano nelle varie stratigrafie materiali diversi.

Qui di seguito si riporta la descrizione del sistema operativo di riferimento.

### 8.2 Requisiti generali del sistema costruttivo

I sistemi di trivellazione che utilizzano le tecniche del microtunneling presentano una serie di opzioni tali da garantire sia la fattibilità esecutiva del tunnel che il mantenimento di adeguati livelli di sicurezza rispetto alla stabilità dei terreni che del tunnel stesso.

La definizione del sistema operativo da adottare riguarda sostanzialmente i seguenti elementi: tipo di fresa di perforazione, tubi di protezione in c.a., intasamento del terreno di perforazione.

- La testa fresante sarà a tenuta idraulica  
 E' necessario ricorrere all'uso di un sistema che preveda una fresa integrale con scudo chiuso con bilanciamento della pressione sul fronte di scavo tramite fanghi bentonitici. In questo modo, in corso d'opera l'equilibrio delle pressioni sul fronte di scavo inibisce in modo sostanziale l'afflusso d'acqua verso il tunnel.
- Stazione di spinta principale e stazioni di spinta intermedie  
 La potenza della stazione di spinta principale sarà adeguata alle previste resistenze all'avanzamento, al numero delle eventuali stazioni intermedie ed alle modalità e caratteristiche esecutive che verranno adottate in fase di avanzamento della trivellazione.  
 L'unità di spinta principale verrà messa a contrasto con il muro reggispinga, realizzata all'interno della postazione di partenza della trivellazione.
- Sistema di controllo dell'avanzamento della trivellazione  
 Sarà approntato un sistema per il controllo (durante l'avanzamento) della direzionalità del tunnel (strumentazione ottica e laser), delle potenze impiegate, della velocità di rotazione dello scudo e delle pressioni dei fanghi di perforazione.  
 In considerazione della precisione di esecuzione richiesta ed essendo necessario il controllo in tempo reale sulla direzionalità del tunnel, il sistema sarà dotato di adeguati strumenti computerizzati per l'elaborazione dei dati rilevati con sistemi di puntamento ottico e laser. L'operatore addetto alla verifica dovrà operare con continuità sulla consolle di comando, posizionata all'esterno della postazione di

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 37 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

trivellazione, e tramite il sistema di puntamento laser controllerà l'andamento planimetrico ed altimetrico del tunnel realizzato.

- Tubi di rivestimento in c.a.** I tubi di rivestimento che saranno impiegati, sono anelli prefabbricati in conglomerato cementizio armato ( $R_{ck} \geq 35 \text{ N/mm}^2$ , con armatura FeB 44K). In considerazione degli elevati standard di qualità richiesti alle tubazioni, i manufatti in calcestruzzo armato saranno prodotti in stabilimento di prefabbricazione con materiali di qualità e caratteristiche controllate e certificate e dovranno presentare resistenze garantite per le massime sollecitazioni prevedibili. Il tubo di rivestimento sarà, inoltre, a tenuta idraulica, corredato di giunti a tenuta idraulica, capaci di resistere ad una pressione  $\geq 5-7 \text{ atm}$ .  
I manufatti, infine, saranno forniti di valvole di iniezione (almeno 3 manchettes per tubo) necessarie per eseguire nel terreno di trivellazione iniezioni fluidificanti con miscele bentonitiche durante le fasi di avanzamento ed iniezioni a base di miscele di cemento e bentonite per l'intasamento dell'intercapedine "terreno-tubo di protezione" nelle fasi finali di costruzione del minitunnel.
- Giunti di tenuta idraulica**  
Le giunzioni tra i tubi di rivestimento saranno di tipologia idonea per consentire la deviazione angolare del tunnel e la tenuta idraulica: l'incastro ed il centraggio tra due tubi successivi saranno garantiti mediante opportuna sagomatura dei bordi oppure con collari in acciaio annegati nel getto, la tenuta idraulica del giunto viene assicurata da anelli in gomma.  
Essendo richiesta l'ispezionabilità del tunnel durante tutte le fasi costruttive del tunnel, si porranno in opera giunti di tenuta idraulica tra i conci di caratteristiche sperimentate e certificate nelle condizioni di esercizio più gravose.
- Iniezioni di intasamento "tubo di rivestimento – terreno"**  
Al termine delle operazioni di scavo, è richiesta l'esecuzione di iniezioni di miscele cementizie dagli ugelli predisposti lungo le pareti dei tubi di rivestimento. Le iniezioni saranno effettuate per ogni singola valvola fino al rifiuto, con numero, modalità e pressioni d'iniezione adeguate per creare, nell'intorno del tubo, una zona di terreno completamente intasata e a bassa permeabilità.  
L'intasamento idraulico delle cavità tra tubo e terreno, riduce la filtrazione che può verificarsi lungo il contatto tra tubo di rivestimento e terreno in corso di realizzazione dell'opera.
- Sistema di evacuazione del materiale di scavo (slurry)**  
L'evacuazione dal fronte scavo del terreno frantumato verrà effettuato in sospensione per mezzo del circuito idraulico di alimentazione e recupero del fluido di perforazione (slurry). Il sistema deve quindi essere provvisto di un'unità di dissabbiatura o di una vasca di decantazione per la separazione del terreno di scavo dal fluido di perforazione.
- Impianto di produzione dei fanghi di perforazione**  
Verrà predisposto in cantiere un impianto di produzione di fanghi bentonitici necessari per il sostegno del fronte di scavo, per la lubrificazione della superficie di contatto tra tubo di protezione e terreno e per il trasporto in sospensione del terreno scavato.  
L'impianto di produzione sarà dotato di un'unità di miscelazione ad alta turbolenza per la preparazione della miscela, un dosatore a funzionamento automatico, silos di

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 38 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

stoccaggio, vasca di dissabbiatura e/o decantazione, circuito idraulico dello slurry e di pompe di ricircolo di potenza adeguata.

- Iniezioni di fluidificazione in corso di avanzamento  
Le iniezioni di fluidificazione per abbattere le resistenze all'avanzamento dovranno essere effettuate con cadenza, quantità e caratteristiche reologiche della miscela in modo da evitare plasticizzazioni anomale del terreno di trivellazione.
- Sigillatura dei giunti tra i tubi di rivestimento  
La sigillatura dei giunti tra i tubi di rivestimento sarà eseguita dall'interno del tunnel successivamente alle operazioni di avanzamento, con malta di cemento ad alta resistenza in modo da ottenere una superficie interna del tunnel perfettamente liscia e priva di risalti con lo scopo di realizzare un'ulteriore garanzia di tenuta dei giunti nei confronti di possibili fenomeni di filtrazione, in aggiunta a quella strutturale del giunto.
- Intasamento interno del tunnel  
Terminate le operazioni di varo ed eseguito il collegamento di linea delle condotte, dovrà essere realizzato il riempimento dell'intercapedine tra tubo di linea e tubo di rivestimento tramite idonee miscele, con lo scopo di saturare l'intercapedine stessa e impedire la formazione di flussi idrici all'interno del tubo di rivestimento ed eliminare la camera d'aria altrimenti presente tra tubo di linea e pareti del tunnel. Le miscele impiegate possono essere conglomerati cementizi addittivati e/o alleggeriti oppure miscele di tipo bentonitico.

### 8.3 Fasi Operative

Di seguito viene fornita la descrizione delle principali fasi operative per la costruzione del microtunnel e la messa in opera, al suo interno, delle condotte in acciaio.

#### Fasi Operative:

- Impianto cantiere;
- Esecuzione delle postazioni di estremità;
- Esecuzione della trivellazione;
- Varo delle condotte;
- Collaudo delle condotte;
- Posa dei cavi;
- Intasamento interno del tunnel;
- Ripristini.

#### Impianto cantiere

Il cantiere sarà costituito da due aree di dimensioni adeguate, ubicate in corrispondenza dei pozzi di spinta e di arrivo.

#### Esecuzione delle postazioni di estremità

Prima dell'installazione delle apparecchiature relative alla realizzazione del tunnel, si procederà alla costruzione del pozzo di spinta. La postazione di arrivo sarà realizzata prima dell'ultimazione della trivellazione (di cui al punto seguente).

Le metodologie realizzative dipendono dalle caratteristiche geomeccaniche dei terreni e dalla presenza della falda. I pozzi (postazione di trivellazione e di recupero) saranno di

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 39 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

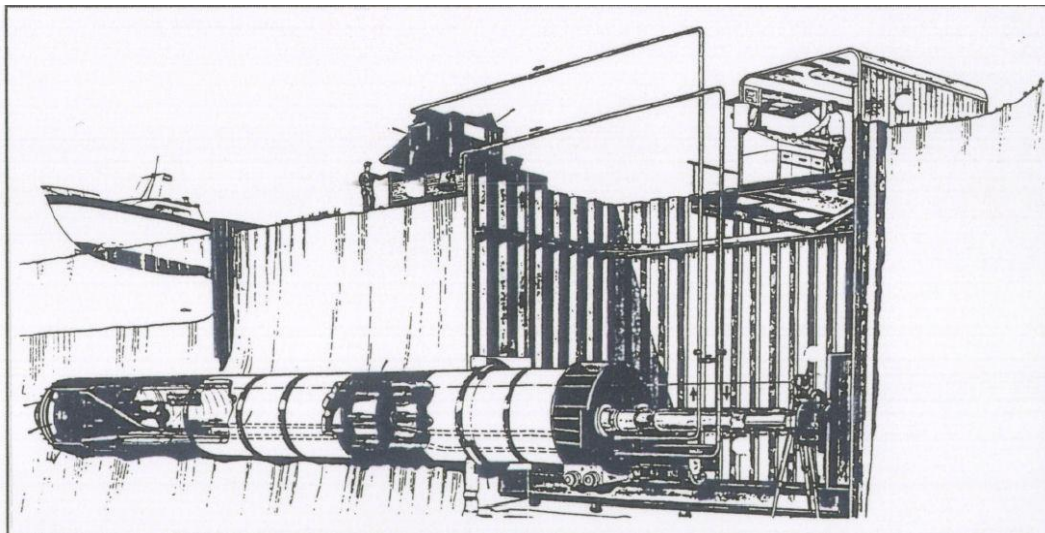
Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

dimensioni adeguate per effettuare tutte le lavorazioni occorrenti per la realizzazione del minitunnel e per essere equipaggiati con tutti gli impianti a corredo del sistema di trasporto. Saranno realizzate strutture di contenimento verticali adeguate a resistere a tutte le sollecitazioni esterne (spinta delle terre, spinta idrostatica, pressione della stazione di spinta principale e sovraccarichi al piano campagna). In particolare, nella realizzazione dei pozzi, dovendo essere realizzati sottofalda, saranno adottate tipologie strutturali che garantiscano la tenuta idraulica.

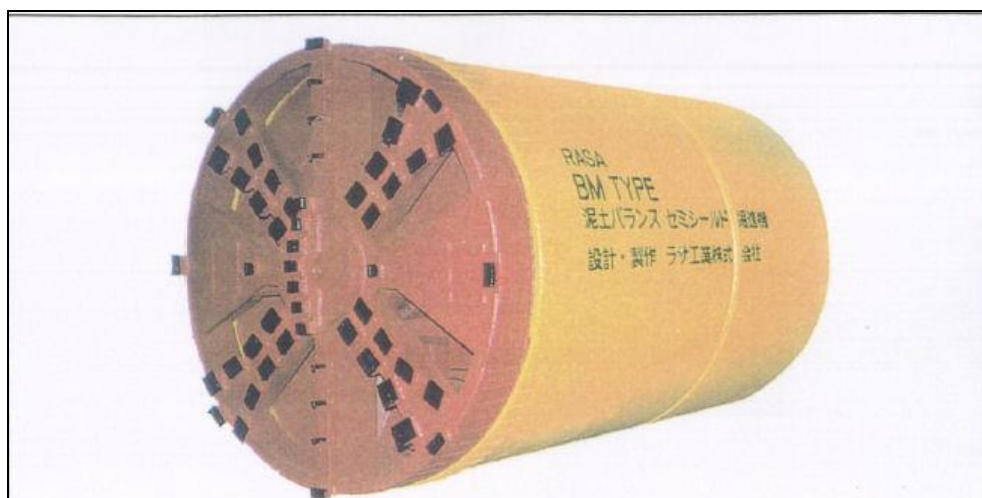
### Esecuzione della trivellazione

La trivellazione sarà eseguita con una fresa a scudo chiuso con il bilanciamento della pressione sul fronte di scavo. Le caratteristiche tecniche del sistema costruttivo è stato descritto nel capitolo precedente.

Nelle figure seguenti si riportano rispettivamente uno schema di trivellazione, a partire dalla postazione di trivellazione ed uno esempio di scudo a bilanciamento di pressione.



*Schema del sistema di trivellazione con microtunnel*



*Scudo con bilanciamento pressione meccanica del terreno (microtunneller)*



	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 40 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

### Varo delle condotte

Ciascuna condotta potrà essere collocata dentro il microtunnel con due metodologie:

- 1) - *Varo dell'intera colonna in unica soluzione*
- 2) - *Varo con inserimento progressivo delle singole barre*

Al fine di evitare lo strisciamento tra la condotta ed il fondo del tunnel e diminuire l'attrito radente che si sviluppa tra le due superfici verranno applicati alla condotta opportuni collari distanziatori costituiti da materiali in grado di resistere all'usura (collari RACI in PEAD rinforzato e/o in malta poliuretana gettati in opera).

- *Varo dell'intera colonna in unica soluzione*

La colonna di varo potrà essere predisposta rispettando la geometria di progetto.

La lunghezza della colonna di varo sarà formata da singoli tronconi che verranno assiemati man mano che le operazioni di infilaggio progrediranno.

La scelta della posizione e della lunghezza della colonna sarà fatta in funzione alla disponibilità di spazio e alle scelte operative dell'appaltatore.

In testa alla colonna di varo verrà saldata una testata di tiro alla quale, mediante un sistema di pulegge, verrà collegato il cavo in acciaio per il tiro. Dal lato opposto della colonna un argano, ovvero un sistema di martinetti, produrrà il tiro necessario all'infilaggio della condotta nel tunnel.

Lungo la colonna sarà disposto un sufficiente numero di mezzi di sollevamento che aiuteranno la condotta sia ad assumere la geometria elastica di varo prevista in progetto che le operazioni di infilaggio.

- *Varo con l'inserimento progressivo delle singole barre*

La scelta della posizione per il varo sarà fatta in funzione alla disponibilità di spazio e alle scelte operative dell'appaltatore.

Le singole barre verranno calate una alla volta nel pozzo con l'ausilio di trattori posatubi e qui assiemate mediante saldatura di testa.

L'inserimento nel tunnel avverrà perciò progressivamente grazie al tiro di un argano, posizionato nel pozzo opposto a quello di varo, collegato con un cavo in acciaio alla testata di tiro saldata sulla prima barra.

Le saldature del tratto di condotta in attraversamento saranno tutte radiografate ed accompagnate dal certificato di idoneità rilasciato dall'Istituto Italiano della Saldatura.

La condotta sarà protetta con:

- una protezione passiva esterna costituita da un rivestimento in polietilene estruso ad alta densità applicato in fabbrica dello spessore minimo di mm 3 ed un rivestimento interno in vernice epossidica.
- i giunti di saldatura saranno rivestiti in linea con fasce termorestringenti;
- una protezione attiva (catodica) attraverso un sistema di correnti impresse con apparecchiature poste lungo la linea.

### Collaudo idraulico delle condotte

Il tratto di ciascuna condotta interessato dall'attraversamento sarà sottoposto a prove di collaudo. In generale saranno prove idrauliche in opera con una pressione pari ad 1,2 volte la pressione massima di esercizio (75 bar).



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 41 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

La pressione di prova idraulica sarà controllata con manometro registratore. Il risultato della prova idraulica sarà verbalizzato.

#### Posa dei cavi

Insieme alle condotte, verranno collocati i vari cavi nell'ambito dei relativi alloggiamenti predisposti.

#### Intasamento del minitunnel

Al termine delle operazioni precedenti, si procederà all'intasamento totale del microtunnel mediante l'utilizzo di speciali miscele intasanti.

Le operazioni di intasamento avverranno trasportando la miscela intasante attraverso uno o più tubi in PEAD di diametro variabile tra i 100 e i 150 mm opportunamente fissati con cinghie alla volta del microtunnel. I tubi verranno installati nel microtunnel subito dopo la sua realizzazione.

Ultimate le operazioni di intasamento entrambe le estremità del tunnel saranno sigillate con tappi in calcestruzzo.

Le miscele intasanti che saranno utilizzate potranno essere essenzialmente di due tipi:

- a) miscele di bentonite, acqua e cemento;
- b) miscele a base di sabbia, cemento, acqua;

Entrambe le miscele assicurano l'intasamento dell'intercapedine senza la formazione di cavità e/o tratti vuoti.

Prima dell'inizio delle operazioni di intasamento saranno eseguite delle prove per individuare la composizione ottimale della miscela prescelta in relazione ai parametri di fluidità nella fase di posa in opera, la rapidità della presa, il basso ritiro volumetrico e la resistenza a compressione.

#### Ripristini

Al termine delle operazioni di intasamento interno del tunnel e del collegamento di linea (con i tratti già posati a monte e a valle dell'attraversamento), si procederà al ritombamento dei pozzi e allo sgombero delle aree di lavoro e al loro ripristino per la restituzione delle aree alle normali attività agricole.

### **8.4 Considerazioni sulla stabilità per filtrazione in sub-alveo**

Qui di seguito viene affrontato il problema della stabilità dei terreni rispettivamente nella configurazione transitoria nel corso di esecuzione dei lavori e a lungo termine, successiva al completamento dei lavori.

#### Stabilità per "filtrazione" in corso di esecuzione dei lavori

L'instabilità per filtrazione lungo una traiettoria preferenziale a permeabilità elevata rispetto al terreno può avvenire ogni qualvolta si verifica una repentina dissipazione del carico idraulico. Ciò si verifica quando nel "tubo di flusso" le perdite di carico idraulico sono piuttosto elevate, come nel caso di una trivellazione a "sezione aperta" dove può aversi un flusso all'interno del tubo di protezione oppure, nel terreno di trivellazione, qualora siano presenti "scavernamenti" lungo la trivellazione stessa.

Relativamente ai lavori d'interesse la tecnica adottata elimina tali rischi, presenti per alcune metodologie di scavo sottofalda, legati a possibili fenomeni di filtrazione lungo il

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 42 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

foro di trivellazione. Con tale tecnica infatti è possibile un bilanciamento delle pressioni litostatiche ed idrostatiche consentendo di operare con un sistema "chiuso" a tenuta idraulica. Infatti:

- la fresa presente sul fronte scavo è a sezione piena;
- l'allontanamento del terreno di perforazione avviene internamente al tubo di protezione con l'utilizzo di un apposito sistema idraulico. La quantità di terreno scavato è in rapporto costante con l'avanzamento del tunnel;
- Il tubo di rivestimento in c.a. che spinge la fresa assicura, puntualmente ed in ogni istante, il sostegno dello scavo ed il bilanciamento delle pressioni litostatiche ed idrostatiche (giunti a tenuta idraulica);
- I pozzi di spinta e di recupero, da realizzare con manufatti in c.a., saranno a tenuta idraulica. In particolare, l'anello di neoprene di tenuta idraulica presente sulla parete del pozzo di trivellazione consente il progressivo inserimento dei conci in c.a. impedendo eventuali flussi localizzati, in prossimità della parete esterna del tubo di protezione, verso il pozzo di spinta.

Come già accennato, la metodologia adottata è anche in grado di garantire un'adeguata tenuta della zona di contatto terreno-tubazione nei riguardi di eventuali moti di filtrazione preferenziali.

La lubrificazione del terreno a contatto con il rivestimento mediante un circuito esterno di fanghi, che consente di ridurre in maniera sensibile le resistenze laterali all'avanzamento, e la particolare configurazione del sistema di giunzione, che garantisce assenza di sovraingombri dei giunti nei confronti del diametro esterno del tubo di protezione in c.a., fanno venire meno la necessità di procedere ad un sovracarotaggio del foro rispetto al tubo di protezione ottenendosi così il diametro del foro praticamente coincidente con quello della tubazione di rivestimento.

#### Stabilità per "filtrazione" a lungo termine

Le motivazioni espresse sulla stabilità alla filtrazione durante le fasi operative, sono a maggior ragione valide per la configurazione finale dell'opera.

Si è già detto che la metodologia minimizza le deformazioni plastiche nel terreno e le conseguenti alterazioni delle caratteristiche di permeabilità: la sua rottura viene ottenuta per rotazione e non per taglio avendosi così una sorta di aderenza tra il rivestimento e il terreno (l'utilizzo dei fanghi bentonitici e la possibilità di bilanciare le pressioni esterne contribuiscono a minimizzare l'alterazione dello stato tensionale preesistente nel terreno).

Una garanzia rispetto ai fenomeni di filtrazione in sub-alveo 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 (in assenza del tunnel);

Viene inoltre introdotto un ulteriore grado di sicurezza, a garanzia della stabilità dell'insieme, riutilizzando lo stesso impianto già adoperato per le iniezioni in fase di avanzamento. Al termine dei lavori di trivellazione, il terreno prossimo al tubo di protezione viene "intasato" iniettando a bassa pressione una miscela di acqua, bentonite e cemento.

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 43 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Tali iniezioni hanno lo scopo di escludere, per ogni evenienza, l'instaurarsi di un flusso preferenziale lungo l'asse di trivellazione. Si ottiene così, nell'intorno del foro, un terreno a permeabilità sicuramente inferiore rispetto al terreno in posto.

L'esecuzione di tali iniezioni è prevista lungo tutto lo sviluppo longitudinale della trivellazione. Le due estremità del tunnel verranno sigillate con setti in c.a., in corrispondenza dei due pozzi (di spinta e di recupero). Quest'ultimi, al termine dei lavori, verranno riempiti con terreni a bassa permeabilità opportunamente costipati.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 44 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

## 9 VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA

### 9.1 Quadro normativo generale

#### 9.1.1 Direttiva 2007/60/CE (Floods Directive - FD)

La *Direttiva 2007/60/CE* cosiddetta "Direttiva alluvioni, Floods Directive – FD", entrata in vigore il 26 novembre 2007, ha istituito "un quadro per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni volto a ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche connesse con le alluvioni all'interno della Comunità".

In linea con i principi internazionali di gestione dei bacini idrografici già sostenuti dalla *Direttiva 2000/60/CE* (Direttiva Acque), la Direttiva Alluvioni promuove un approccio specifico per la gestione dei rischi di alluvioni e un'azione concreta e coordinata a livello comunitario, in base alla quale gli Stati membri dovranno essere realizzati i seguenti prodotti:

- valutazione preliminare del rischio di alluvione (individuazione di tutte le aree a potenziale rischio di inondazioni);
- mappe della pericolosità e del rischio di alluvione (mappare l'estensione dell'inondazione e gli elementi esposti al rischio in queste aree);
- piani di gestione del rischio di alluvione (adottare misure adeguate e coordinate per ridurre il rischio di alluvione).

La Direttiva promuove anche il coinvolgimento del pubblico nel processo di pianificazione, attraverso idonei strumenti di informazione e consultazione.

Ai sensi della Direttiva, tutti gli Stati membri devono dotarsi di Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) che contemplino tutti gli aspetti della gestione del rischio e in particolare "la prevenzione, la protezione, e la preparazione, comprese la previsione di alluvioni e i sistemi di allertamento".

La Direttiva delinea un percorso per la redazione dei Piani, definito da una serie di stadi di implementazione, caratterizzati da specifici obblighi e scadenze, all'interno di un ciclo di gestione con periodicità pari a 6 anni.

La Direttiva prevede, altresì, che entro 3 mesi dalle scadenze stabilite per ciascuno stadio di implementazione, vengano riportati alla Commissione Europea una serie di informazioni (reporting), secondo modalità e formati ben definiti.

I Piani di gestione del rischio di alluvione sono stati predisposti dalle Autorità di bacino distrettuali dei 5 distretti idrografici in cui è suddiviso il territorio nazionale (fiume Po, Alpi Orientali, Appennino settentrionale, Appennino centrale, Appennino Meridionale) nonché dalle regioni Sardegna e Sicilia. Il periodico riesame e l'eventuale aggiornamento dei Piani ogni 6 anni consente di adeguare la gestione del rischio di alluvioni alle mutate condizioni del territorio, anche tenendo conto del probabile impatto dei cambiamenti climatici sul verificarsi di alluvioni.

#### 9.1.2 D.Lgs. 49/2010

La Direttiva 2007/60/CE è stata recepita nell'ordinamento italiano con il con il D.Lgs. 49/2010, tenendo conto anche della normativa nazionale vigente, in particolar modo del D.Lgs. 152/2006 (recepimento italiano della Direttiva 2000/60/CE) e del DPCM 29 settembre 1998.

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 45 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

L'attuazione della Direttiva 2007/60/CE richiede l'individuazione preliminare delle unità di gestione (Unit of Management – UoM) o porzione di distretto e delle relative autorità competenti (Competent Authority – CA).

La competenza per la predisposizione delle valutazioni preliminari del rischio, dell'elaborazione delle mappe di pericolosità e rischio e della redazione dei piani di gestione è affidata alle Autorità di Bacino distrettuali a norma del D.Lgs. 152/2006, in conformità con le attività di predisposizione dei Piani di Assetto Idrogeologico già svolte. Alle Regioni e province autonome, in coordinamento tra loro e con il Dipartimento di Protezione Civile, spetta il compito di predisporre la parte dei piani di gestione per il distretto idrografico di riferimento relativa al sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idraulico ai fini di protezione civile.

#### Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni

Sulla base della valutazione preliminare del rischio, si individuano le aree per le quali sussisterebbe un rischio potenziale significativo di alluvioni o si possa ritenere probabile che questo si generi. Per queste zone riconosciute potenzialmente esposte a rischio di alluvioni sono state predisposte mappe di pericolosità e rischio di alluvioni.

Le mappe di pericolosità contengono la perimetrazione delle aree geografiche che potrebbero essere interessate dall'esonazione di un corso d'acqua secondo i seguenti scenari:

1. scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi;
2. media probabilità di alluvioni;
3. elevata probabilità di alluvioni;

indicando per ogni scenario i seguenti elementi:

- estensione dell'inondazione;
- altezza idrica o livello;
- caratteristiche del deflusso (velocità e portata).

Le mappe di rischio indicano le potenziali conseguenze negative derivanti da alluvioni per ciascuno dei tre scenari di pericolosità.

Il D.Lgs 49/2010, di recepimento della Direttiva, prevede 4 classi di rischio espresse in termini di:

- numero di abitanti potenzialmente interessati;
- infrastrutture e strutture strategiche;
- beni ambientali, storici e culturali;
- distribuzione e tipologia delle attività economiche;
- presenza di impianti potenzialmente inquinanti (Allegato I D.Lgs 59/2005) e di aree protette (Allegato 9 parte III D.Lgs 152/2006);
- altre informazioni considerate utili, come le aree soggette ad alluvioni con elevato volume di trasporto solido e colate detritiche o informazioni su fonti rilevanti di inquinamento.

L'esistenza nel territorio italiano dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), redatti ai sensi della Legge 183/89, ha fornito un'adeguata base di partenza, opportunamente aggiornata, omogenizzata e valorizzata, per l'adempimento agli obblighi di cui alla Direttiva. Quindi le mappe di pericolosità e rischio di alluvioni sono state realizzate a partire dai PAI ed in accordo con gli "Indirizzi operativi" emanati dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, con il contributo di ISPRA Istituto



	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 46 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, delle Autorità di Bacino Nazionali e del Tavolo tecnico Stato-Regioni.

### 9.1.3 Piani di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

I piani di gestione definiscono gli obiettivi della gestione del rischio di alluvioni per le zone in cui può sussistere un rischio potenziale ritenuto significativo, al fine di ridurre le possibili conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali, attraverso l'attuazione prioritaria di interventi strutturali e non strutturali e di azioni per la riduzione della pericolosità. Sulla base delle mappe di pericolosità e rischio di alluvioni le autorità competenti hanno predisposto i Piani di gestione del rischio di alluvioni coordinati a livello di distretto idrografico.

I piani riguardano tutti gli aspetti della gestione del rischio di alluvioni, e in particolare la prevenzione, la protezione e la preparazione, comprese le previsioni di alluvioni e i sistemi di allertamento, e tengono conto delle caratteristiche del bacino idrografico o del sottobacino interessato.

Il D.Lgs. 49/2010 dispone che i piani di gestione siano predisposti nell'ambito delle attività di pianificazione di bacino di cui al D.Lgs. 152/2006, facendo salvi gli strumenti già approntati in attuazione della normativa previgente e tenendo conto dei seguenti aspetti:

- la portata della piena e l'estensione dell'inondazione;
- le vie di deflusso delle acque e le zone con capacità di espansione naturale delle piene;
- gli obiettivi ambientali di cui alla parte terza, titolo II, del D.Lgs. 152/2006;
- la gestione del suolo e delle acque;
- la pianificazione e le previsioni di sviluppo del territorio;
- l'uso del territorio;
- la conservazione della natura;
- la navigazione e le infrastrutture portuali;
- i costi e i benefici;
- le condizioni morfologiche e meteomarine alla foce.

#### Riesami e aggiornamenti

Gli elementi dei piani di gestione del rischio di alluvioni dovranno essere riesaminati periodicamente e, se necessario, aggiornati tenendo conto delle probabili ripercussioni dei cambiamenti climatici sul verificarsi delle alluvioni.

La Direttiva dispone i termini per il riesame della valutazione preliminare del rischio di alluvioni al 22 dicembre 2018 e successivamente ogni sei anni, delle mappe di pericolosità e rischio di alluvioni al 22 dicembre 2019 e successivamente ogni sei anni, e dei Piani di Gestione al 22 dicembre 2021 e successivamente ogni sei anni.

#### Informazione e Partecipazione Pubblica

La comunicazione e la partecipazione pubblica all'iter di elaborazione dei piani di gestione del rischio di alluvioni rivestono, secondo la Direttiva, un ruolo strategico ai fini della condivisione e legittimazione dei piani stessi.

A tal fine, le Autorità di bacino distrettuali e le Regioni afferenti il bacino idrografico, in coordinamento tra loro e con il Dipartimento nazionale della Protezione Civile, ciascuna per le proprie competenze, devono mettere a disposizione del pubblico la valutazione

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 47 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

preliminare del rischio di alluvioni, le mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni ed i piani di gestione del rischio di alluvioni. Le stesse Autorità promuovono poi la partecipazione attiva all'elaborazione, al riesame e all'aggiornamento dei piani di gestione di tutti i soggetti competenti interessati.

Il Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare mette a disposizione del pubblico e della Comunità Europea le informazioni relative alla valutazione preliminare, alle mappe di rischio e pericolosità ed ai Piani di gestione del rischio di alluvioni sul Geoportale Nazionale, già punto di accesso nazionale alle informazioni territoriali e ambientali per la Direttiva INSPIRE 2007/2/EC.

## 9.2 Quadro normativo di riferimento per l'ambito in esame

### 9.2.1 Premessa

Dal 17 febbraio 2017, con la pubblicazione nella G.U.R.I. n. 27 del 2 febbraio 2017, è entrato in vigore il DM n.294 del 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.

Pertanto, con l'entrata in vigore della norma summenzionata, l'ambito specifico in esame (collocato all'interno del territorio del bacino del fiume Tevere) ricade nelle pertinenze territoriali dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale.

Lo strumento operativo previsto dalla legge italiana (D.Lgs. n.49 del 2010, che dà attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE) per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali è rappresentato dal Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA). Esso deve essere predisposto a livello di distretto idrografico.

### 9.2.2 Piano Gestione Rischi Alluvioni (PGRAAC)

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni dell'Appennino Centrale (PGRAAC) è stato Adottato dal Comitato Istituzionale integrato il 17 dicembre 2015 e Approvato dal Comitato Istituzionale integrato il 3 marzo 2016.

Il Distretto dell'Appennino Centrale è costituito da 6 sistemi idrografici. L'elenco delle Autorità di gestione nel Distretto dell' Appennino Centrale è riportato qui di seguito.

<i>CODICE</i>	<i>UNIT OF MANAGEMENT</i>
ITN010	Bacino nazionale del Tevere
ITR111, ITI028	Bacini regionali delle Marche e Bacino interregionale del fiume Tronto
ITR131, ITI023	Bacini regionali dell'Abruzzo e Bacino del interregionale fiume Sangro
ITR121	Bacini regionali del Lazio

Ai fini della predisposizione del Piano di gestione delle alluvioni per il Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale l'Autorità di bacino del Tevere svolge sia la funzione di coordinamento, sia quella di Unit of Management per il bacino del Tevere, mentre le

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 48 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Autorità di bacino regionale/interregionale precedentemente elencate svolgono il ruolo di Unit of Management per il bacino di loro competenza.

La finalità del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni è quella di ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche. Tale finalità generale pone quindi il PGRA in una posizione di prevalenza rispetto alla maggior parte dei piani e programmi urbanistici e di settore.

Tuttavia lo stesso Piano, per quanto concerne il Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale, è stato predisposto coerentemente con la pianificazione di bacino già vigente e dunque facendo salvi gli strumenti di pianificazione già predisposti in attuazione della normativa previgente, con particolare riferimento ai PAI (Piano di Assetto Idrogeologico).

Il PGRAAC è consistito dunque nell'aggiornare, integrare e omogeneizzare quanto contenuto nel PAI vigente al fine di arrivare ad una rappresentazione omogenea e coerente con quanto previsto nell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010.

Il Piano Alluvioni ha provveduto a redigere la mappatura di pericolosità da alluvione in considerazione delle alluvioni rare di estrema intensità, con tempo di ritorno fino a 500 anni dall'evento (P1 - bassa probabilità); le alluvioni poco frequenti, con tempo di ritorno fra 100 e 200 anni (P2 - media probabilità); le alluvioni frequenti, con tempo di ritorno tra 20 e 50 anni (P3 - elevata probabilità).

In particolare per quanto riguarda il tratto fluviale in esame, essendo ricadente nel reticolo del Tevere, tale operazione ha condotto a relazionare le porzioni di territorio già definite come fasce di assetto idraulico A, B e C del PAI dell'AdB del Tevere, comunque interessate da fenomeni di esondazione e riconducibili ai tre scenari definiti dalla Direttiva (evento raro, medio e frequente), a tre livelli di pericolosità omogenei:

- P1 evento riconducibile a tempo di ritorno minore uguale di 50 anni;
- P2 evento riconducibile a tempo di ritorno minore uguale di 200 anni;
- P3 evento riconducibile a tempo di ritorno maggiore di 200 anni.

La redazione delle mappe di pericolosità si è basata, essenzialmente, utilizzando al meglio quanto contenuto nel Piano di Assetto Idrogeologico e nei suoi aggiornamenti. Oltre alle perimetrazioni già comprese nel P.A.I. sono stati utilizzati:

- o studi di aggiornamento/revisione recenti, su tratti fluviali già ricompresi nel PAI, in corso di definitiva approvazione, ma validati dal punto di vista tecnico;
- o studi recenti, su tratti fluviali non indagati, redatti dopo l'ultimo aggiornamento del PAI in corso di definitiva approvazione, ma validati dal punto di vista tecnico.

### 9.2.3 PAI ex AdB Tevere

#### Generalità

Il PAI - Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (Approvato con D.P.C.M. del 10 Novembre 2006, pubblicato nella G.U. n. 33 del 9 Febbraio 2007), è stato redatto con l'obiettivo di tendere a minimizzare i possibili danni connessi ai rischi idrogeologici, costituendo un quadro di conoscenze e di regole atte a dare sicurezza alle popolazioni, agli insediamenti, alle infrastrutture, alle attese di sviluppo economico ed in generale agli investimenti nei territori del bacino.

Successivamente, con D.P.C.M. del 10 aprile 2013, è stato approvato il Piano di bacino del fiume Tevere - 6° stralcio funzionale - P.S. 6 - per l'assetto idrogeologico - PAI - primo aggiornamento. Nell'ambito dell'aggiornamento del PAI, tra l'altro, si è provveduto a revisionare le Norme di Attuazione, oltre ad implementare le mappature di pericolosità

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 49 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

e di rischio relativo al reticolo secondario e minore individuato nell'ambito del Piano stesso.

Successivamente alla approvazione del primo aggiornamento, le perimetrazioni sono state in taluni casi comunque modificate mediante degli appositi Decreti Segretariali.

#### PAI - Sintesi dei contenuti

Il Piano stralcio di assetto idrogeologico (PAI) persegue la finalità della migliore compatibilità tra le aspettative di utilizzo e di sviluppo del territorio e la naturale dinamica idrogeomorfologica del bacino, nel rispetto della tutela ambientale e della sicurezza delle popolazioni, degli insediamenti e delle infrastrutture.

Il PAI disciplina gli interventi sia per quanto riguarda l'assetto geomorfologico nel territorio, sia per l'assetto idraulico inerente al reticolo idrografico, principale, secondario e minore definito dal piano stesso.

In particolare, per quanto riguarda l'assetto idraulico, Il PAI individua n.3 fasce fluviali, nelle quali vengono disciplinati gli interventi e le attività di trasformazione del suolo al fine di individuare le misure di salvaguardia per il conseguimento degli obiettivi del piano.

In particolare il PAI definisce le seguenti fasce fluviali:

- **fascia A:** fascia caratterizzata dalla massima pericolosità ed è definita dal limite delle aree di esondazione diretta della piena di riferimento con  $Tr = 50$  anni;
- **fascia B:** è compresa tra il limite delle aree di esondazione diretta ed indiretta delle piene con  $Tr = 50$  anni e  $Tr = 200$  anni.
- **La fascia C:** comprende le porzioni di territorio inondabili comprese tra le piene con  $Tr = 200$  anni e  $Tr = 500$  anni.

Le Norme di Attuazione (N.A.) ai sensi dell'Art.23 (Titolo III - Assetto Idraulico), comma 2, stabilisce le seguenti finalità del Piano:

- a) la protezione ed il recupero della naturale dinamica fluviale compatibilmente con quanto ai punti successivi;
- b) la tutela della popolazione e la difesa dei centri abitati, degli insediamenti produttivi, delle infrastrutture e dei beni di particolare pregio, soggetti ad un livello di pericolo idraulico non compatibile;
- c) la prevenzione del rischio idraulico.

L' Art. 28 comma 2 delle N.A., individua le prescrizioni dirette per gli interventi consentiti nella fascia A. In particolare alla lettera e) viene stabilito che sono ammessi: gli interventi di ampliamento di opere pubbliche o di pubblico interesse, riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché di realizzazione di nuove infrastrutture lineari e/o a rete non altrimenti localizzabili...

Tali interventi sono consentiti a condizione che non costituiscano significativo ostacolo al libero deflusso e/o significativa riduzione dell'attuale capacità d'invaso, non costituiscano impedimento alla realizzazione di interventi di attenuazione e/o eliminazione delle condizioni di rischio e siano coerenti con la pianificazione degli interventi di protezione civile;

Gli Artt. 29 e 30 individuano le prescrizioni dirette sugli interventi consentiti nelle fasce B e C, le quali sono ovviamente meno restrittive nei confronti di quelle previste per la fascia A.

L' Art. 46 comma 1 delle N.A., stabilisce che all'interno delle fasce fluviali e delle aree a rischio idraulico e/o geomorfologico è consentita la realizzazione di opere pubbliche e di interesse pubblico purché compatibili con le condizioni di assetto idraulico e/o



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 50 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

geomorfologico definite dal PAI e non altrimenti localizzabili; a tale scopo l'autorità proponente indice una Conferenza di servizi con la presenza obbligatoria dell'autorità competente alla gestione del vincolo idraulico o idrogeologico e dell'AdB del Tevere.

#### 9.2.4 L.R. n. 41/2018

La Regione Toscana, in data 24/07/2018, ha emanato L.R.41/2018 "*Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014.*

La Legge regionale è stata emanata, nel rispetto del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni), al fine di ridurre le conseguenze negative, derivanti dalle alluvioni, per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche, nonché al fine di mitigare i fenomeni di esondazione e dissesto idrogeologico, disciplina la gestione del rischio di alluvioni in relazione alle trasformazioni del territorio e la tutela dei corsi d'acqua (cfr: art.1 - oggetto).

La Legge regionale all'art.3, comma 2, lettera b) stabilisce che negli alvei, nelle golene sono consentite le realizzazione di reti dei servizi essenziali e opere sovrapassanti o sottopassanti il corso d'acqua.

Ciò a condizione che, ai sensi dell'art.3, comma 5, vi sia previa autorizzazione della struttura regionale competente, che verifica la compatibilità idraulica nel rispetto delle seguenti condizioni:

- a) sia assicurato il miglioramento o la non alterazione del buon regime delle acque;
- b) non interferiscano con esigenze di regimazione idraulica, accessibilità e manutenzione del corso d'acqua e siano compatibili con la presenza di opere idrauliche;
- c) non interferiscano con la stabilità del fondo e delle sponde;
- d) non vi sia aggravio del rischio in altre aree derivante dalla realizzazione dell'intervento;
- e) non vi sia aggravio del rischio per le persone e per l'immobile oggetto dell'intervento;

L'art. 13, comma 4, stabilisce che nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, gli interventi di seguito indicati possono essere realizzati alle condizioni stabilite:

- c) nuove infrastrutture a rete per la distribuzione della risorsa idrica, il convogliamento degli scarichi idrici, il trasporto di energia e gas naturali nonché l'adeguamento e l'ampliamento di quelle esistenti, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio;

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 51 di 76	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

### 9.3 Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento

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 fiume (indicato con un cerchio in blu) e più in generale con le fasce fluviali del corso d'acqua stesso (riportate mediante campiture semi-trasparenti di varia colorazione).

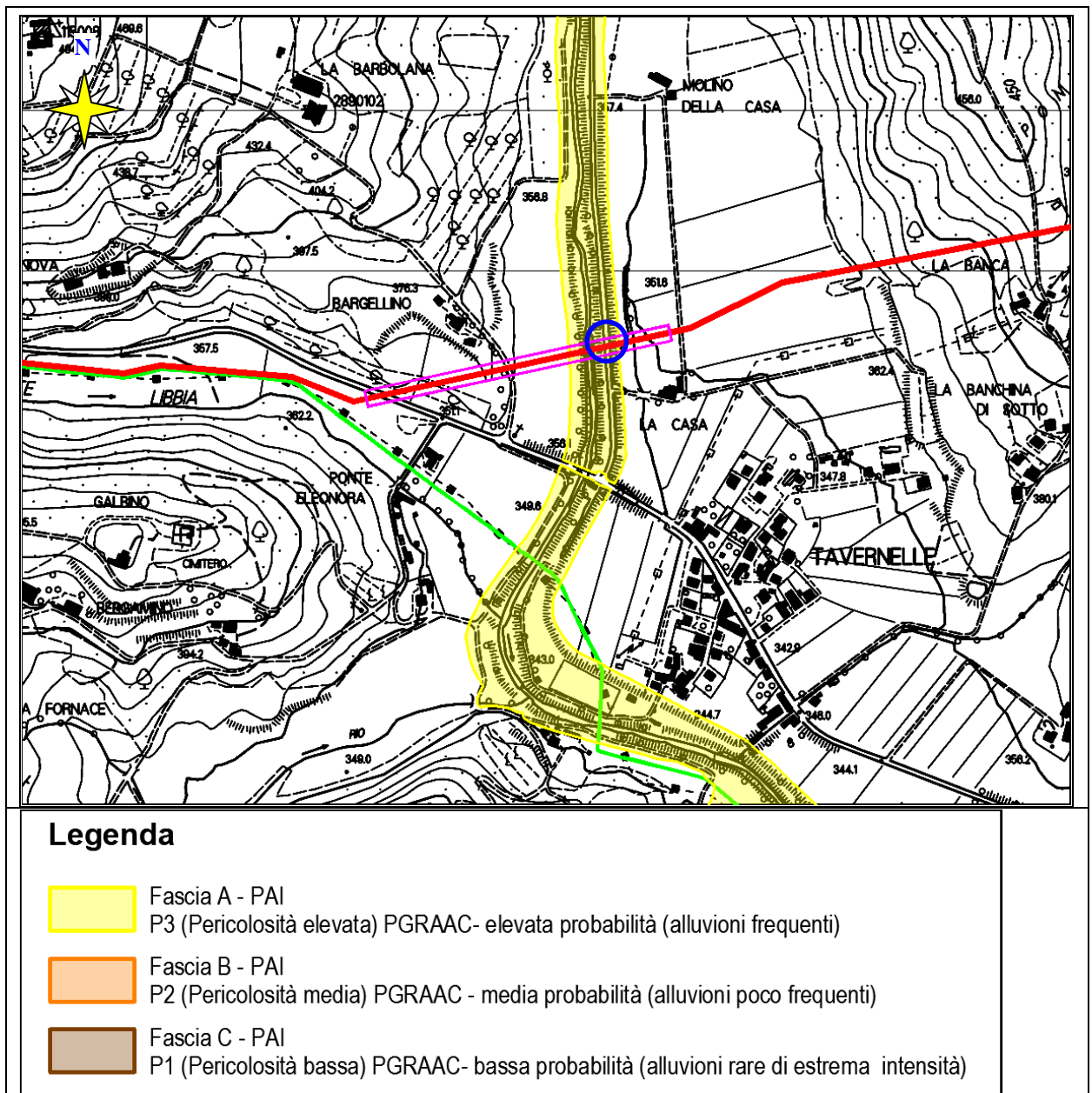


Fig.9.3/A: Interferenze tra metanodotto in progetto con le aree inondabili del corso d'acqua

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 52 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Dall'analisi della figura precedente si rileva che il metanodotto in progetto, in corrispondenza dell'ambito di attraversamento del corso d'acqua, interferisce con Fascia A (ad elevata pericolosità idraulica) individuata nel PAI.

Lo stesso ambito territoriale è censito come area P3 (a pericolosità elevata da alluvioni fluviali) nel PGRAAC.

Dalla medesima Fig.9.3/A si può anche rilevare che sia l'alveo del corso d'acqua, che le fasce fluviali, verranno superate integralmente mediante trivellazione (il cui sviluppo longitudinale è indicato mediante una sagoma rettangolare in magenta) e pertanto ad elevate profondità di posa in subalveo.

#### 9.4 Analisi delle condizioni di compatibilità idraulica

##### Considerazioni di carattere generale

Il metanodotto in progetto rappresenta un'infrastruttura lineare di interesse pubblico. In tal senso, in riferimento alle Norme di Piano, risulta tra le tipologie di opere per le quali è consentito l'interferenza con l'alveo del corso d'acqua e le relative fasce fluviali individuate nella cartografia PAI.

La tipologia d'intervento è consentita anche dalle disposizioni di cui alla L.R. n. 41/2018.

Si precisa che l'interferenza specifica con le aree di pericolosità idraulica del corso d'acqua è stata determinata da considerazioni a più ampia scala che riguardano l'intera direttrice di tracciato dell'opera, per l'individuazione della quale nel SIA sono state attentamente valutate ed analizzate varie alternative di progetto. In particolare si sottolinea che in ogni caso non è risultato possibile evitare l'interessamento di aree di pericolosità idraulica di pertinenza del corso d'acqua in esame, in quanto il punto di partenza del metanodotto è localizzato nel lato in sinistra idrografica del corso d'acqua, mentre il punto terminale di linea è posizionato nel lato in destra.

In ogni caso, 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/o allagamento dell'area.

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

Le uniche strutture visibili risulteranno essere le paline ed i cartelli indicatori e pertanto, in ragione di quanto esposto, 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.

Infine, in considerazione della tipologia di opera (tubazione interrata) e senza alcun impianto di servizio previsto nell'ambito fluviale in esame, non si prevede alcun incremento del carico insediativo nell'area di intervento.

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 53 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

### Considerazioni specifiche

In precedenza è stato evidenziato (si veda la Fig.9.3/A) che l'intera regione fluviale del corso d'acqua verrà attraversata in trivellazione ad elevate profondità di posa. Pertanto, alla luce della metodologia operativa individuata e delle scelte progettuali, si evidenzia quanto segue:

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

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

1. *Modifiche indotte sul profilo involuppo 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'involuppo 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'esonazione 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.



	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 54 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

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.

#### Compatibilità ai sensi del PAI

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

In particolare si prevede che la costruzione del metanodotto non introduca alcun elemento significativo di ostacolo al libero deflusso e/o significativa riduzione dell'attuale capacità d'invaso. Peraltro l'opera non determina impedimenti alla realizzazione di interventi di attenuazione e/o eliminazione delle condizioni di rischio nell'ambito fluviale in esame.

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

#### Compatibilità ai sensi della L.R n.41/2018

Alla luce di quanto precedentemente affermato si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti alla metodologia costruttiva ed alla configurazione geometrica della condotta, siano congruenti le disposizioni stabilite dalla Legge Regionale.

In particolare si prevede che la costruzione del metanodotto non introduca alcuna alterazione del regime attuale di deflusso delle acque e 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.

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

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 55 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

## 10 CONCLUSIONI

La società Snam S.p.A. intende realizzare un metanodotto denominato "Rifacimento metanodotto Sansepolcro - Terranuova Bracciolini, DN 750 (30") - DP 75bar", che si sviluppa nell'ambito del territorio della Toscana, più esattamente in provincia di Arezzo, in sostituzione di un tratto di metanodotto in esercizio ed in fase di dismissione.

La suddetta linea in progetto, nell'ambito del territorio comunale di Alghieri (AR), attraversa l'alveo del torrente SOVARA.

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 dell'alveo del corso d'acqua in esame è stata prevista l'adozione di un sistema di attraversamento in trenchless, la tecnica del "microtunnelling", utilizzando una fresa a bilanciamento di pressione.

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

La geometria della trivellazione è stata configurata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo della condotta, assicurando adeguate profondità al di sotto dell'alveo e dei manufatti a terra e rispettando allo stesso tempo, i raggi di curvatura minimi tecnicamente 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 fluviale, 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 del tunnel garantiscono i necessari livelli di sicurezza sia per il metanodotto che per l'alveo sovrastante.

Nell'analisi delle interferenze tra la linea in progetto con le Fasce Fluviali censite dal PAI (redatto dall' ex Autorità di Bacino del Tevere), si è rilevato che in corrispondenza dell'ambito di attraversamento fluviale in esame, il metanodotto in progetto interferisce con l'alveo con la Fascia A. Lo stesso ambito territoriale è censito come area P3 (a pericolosità elevata da alluvioni fluviali) nel PGRAAC.

In tal senso, nel presente studio di compatibilità, è stato evidenziato che l'intervento di 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 introduce alterazioni al regime attuale di deflusso delle acque e/o riduzione della capacità di invaso e di laminazione del corso d'acqua. L'intervento, inoltre, non determina alcun aggravio delle condizioni di rischio idraulico nell'area (non è previsto l'incremento del carico insediativo), né tantomeno in ambiti esterni.

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 56 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>




Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Pertanto si ritiene che la specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti lo specifico attraversamento possano essere ritenute COMPATIBILI con le disposizioni contenute nelle Norme del PAI e con quelle stabilite nella L.R. n.41/2018 della Regione Toscana.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 57 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036




### Appendice 1: Colonne Stratigrafiche dei sondaggi

													
Redattore <b>Dott. Geol. Marco Andolina</b>	Oggetto <b>MET. SANSEPOLCRO-TERRANUOVA BRACCIOLINI</b> <b>Campagna geognostica</b>	Ordine n° <b>IP1078IP01</b>	Pag. 1/1										
Operatore <b>Pasquale Patti</b>	Attrezzatura _____	Quota Bocca Foro s.l.m.: <b>352,00 m.</b>	Coordinate X Y <b>X:259625,62 - Y:4825837,37</b>										
Tipo di perforazione: <b>Carotaggio continuo a rotaz. idraulica</b>	<b>SONDAGGIO S 10</b>	Profondità raggiunta <b>20,00 m.</b>	Inizio/Fine - Esecuzione <b>05/02/20 - 05/02/20</b>										
Tipo sonda: <b>CMV 800</b>													
Scala (mt.)	Litologia	Descrizione	Quota	RQD %	% Carotaggio	Quota falsa scoperta	S.P.T.	Prelievo Campioni	Corona Perforazione	Pocket Penetrom. Kg/Cm <sup>2</sup>	Scissione Tattile N/Cm <sup>2</sup>	Strum. Geotecnica	
1							n° 2; 3; 3 1,50	1,00 S10CR1 1,50	W/CS	0,5	5,00		
2		Argilla limo-sabbiosa di colore avana chiaro, poco consistente.								1,0	6,00		
3										0,5	2,00		
4							n° 2; 6; 7 3,50	3,00 S10CR2 3,50		0,5	2,00		
5			4,70							0,5	1,80		
6		Limo argilloso sabbioso di colore avana-grigiastro, con inclusi ciottoli millimetrici, molto plastico e poco consistente	6,50							0,5	2,00		
7		Ghiaia media, poligenica con ciottoli sub-arrotondati immersi in matrice limo-sabbiosa di colore avana.	6,80										
8		Argilla a struttura scagliettata di colore grigio, consistente.											
9			9,00					8,75 S10CR1 9,00	D/CD				
10		Altemanza di argilliti e areniti litoidi, fratturati lungo i giunti di strato con angoli compresi fra 45° e 60°.											
11													
12													
13									12,40 S10CR2 12,76				
14			15,40						D/CD				
15		Argilla a struttura scagliettata di colore grigio scuro, consistente.											
16													
17													
18													
19													
20			20,00										
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa Corona: W-Widia, D-Diamantata													
<b>Cassette catalogatrici N° 4</b>										<b>Redattore</b>			






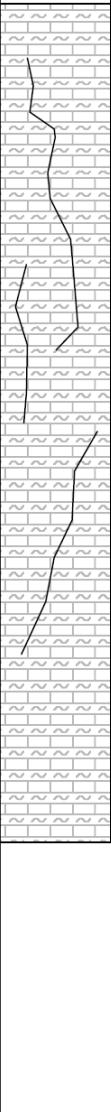
	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 58 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

													
<b>Redattore</b> Dott. Geol. Marco Andolina	<b>Oggetto</b> MET. SANSEPOLCRO-TERRANUOVA BRACCIOLINI Campagna geognostica	<b>Ordine n°</b> IP1078IP01	<b>Pag.</b> 1/2										
<b>Operatore</b> Pasquale Patti	<b>Attrezzatura</b> -----	<b>Quota Bocca Foro s.l.m.:</b> m.	<b>Coordinate X Y</b> X: - Y:										
<b>Tipo di perforazione:</b> Carotaggio continuo a rotaz. idraulica Tipo sonda: CMV 800	<b>SONDAGGIO S 11</b>	<b>Profondità raggiunta</b> 35,00 m.	<b>Inizio/Fine - Esecuzione</b> 03/21/20 - 04/02/20										
Scala (mt.)	Litologia	Descrizione	Quota	RQD %	%Carotaggio	Quota Solida acqua	S.P.T.	Prelievo Campioni	Caratter. Carotiere	Pocket Penetrom. Kg/Cm <sup>2</sup>	Scissometri Tascabile N/Cm <sup>2</sup>	Strum. Geotecnica	
1		Argilla debolmente limosa e ghiaiosa di colore nocciola, con ciottoli millimetri	1,40					CA1 0,00-1,00 1,00 S11CR1 1,30					
2		Limo argilloso sabbioso di colore avana con inclusi spezzoni centimetrici di arenaria. Mediamente consistente.						CA2 3,00-4,00 3,70 S11CR2 4,00	W/CS				
3													
4													
5				5,70									
6		Alternanza di argilliti a struttura scagliettata di colore grigio con livelli arenitico-pelitici, litoidi di colore grigio scuro. Lo spessore dei livelli arenitico-pelitici varia verso il basso da decimetrici a metrici.					n° 36:R.F. 7,00	CA3 6,00-7,00	W/CS				
7													
8													
9													
10													
11									11,60 S11CR3 11,80	W/CS			
12													
13									13,70 S11CR4 14,00				
14													
15													
16													
17									W/CD				
18													
19			19,00										
20		Alternanza di argilliti a struttura scagliettata di colore grigio .....		60									
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa Corona: W-Widia, D-Diamantata										<b>Redattore</b>			




	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 59 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

														
<b>Redattore</b> Dott. Geol. Marco Andolina	<b>Oggetto</b> MET. SANSEPOLCRO-TERRANUOVA BRACCIOLINI Campagna geognostica	<b>Ordine n°</b> IP1078IP01	Pag. 2/2											
<b>Operatore</b> Pasquale Patti	<b>Attrezzatura</b> -----	<b>Quota Bocca Foro s.l.m.:</b> m.	<b>Coordinate X Y</b> X: - Y:											
<b>Tipo di perforazione:</b> Carotaggio continuo a rotaz. idraulica	<b>SONDAGGIO S 11</b>	<b>Profondità raggiunta</b> 35,00 m.	<b>Inizio/Fine - Esecuzione</b> 03/21/20 - 04/02/20											
<b>Tipo sonda:</b> CMV 800														
Scala (mt.)	Litologia	Descrizione	Quota	RQD %	% Carotaggio	Quota Solida recuperata	S.P.T.	Prelievo Campioni	Carotaggio	Pocket Penetration Kg/Cm <sup>2</sup>	Scissometri Tascabile N/Cm <sup>2</sup>	Sfrutti Geotecn.		
21		Alternanza di argilliti e areniti, litoidi a tratti molto fratturati, con fratture principali lungo i giunti di strato con angoli compresi tra 45° e 60°.	40											
22			82							W/CD				
23			32											
24			53											
25			34											
26			77											
27			31								W/CD			
28			44											
29			58											
30			89											
31			45											
32			64								W/CD			
33			93											
34			30											
35			96		35,00									
36														
37														
38														
39														
40														
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa Corona: W-Widia, D-Diamantata								<b>Cassette catalogatrici N° 7</b>		<b>Redattore</b>				

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 60 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

												
<b>Redattore</b> Dott. Geol. Marco Andolina	<b>Oggetto</b> MET. SANSEPOLCRO-TERRANUOVA BRACCIOLINI Campagna geognostica	<b>Ordine n°</b> IP1078IP01	<b>Pag.</b> 1/1									
<b>Operatore</b> Pasquale Patti	<b>Attrezzatura</b> Piezometro da 3" a tubo aperto	<b>Quota Bocca Foro s.l.m.:</b> 393,00 m.	<b>Coordinate X Y</b> X:260409,45 - Y:4826039,66									
<b>Tipo di perforazione:</b> Carotaggio continuo a rotaz. idraulica	<b>SONDAGGIO S 12</b>	<b>Profondità raggiunta</b> 15,00 m.	<b>Inizio/Fine - Esecuzione</b> 05/02/20 - 06/02/20									
<b>Tipo sonda:</b> CMV 800												
Scala (mt.)	Litologia	Descrizione	Quota	RQD %	%Carotaggio	Quota Sonda acquifera	S.P.T.	Prelievo Campioni	Carotaggio	Pocket Penetration Kg/Cm <sup>2</sup>	Scissometri Tassabile N/Cm <sup>2</sup>	Strum. Geotecnica piec. Tubo aperto
1		Argilla limo-sabbiosa di colore avana, molto plastica poco consistente.	1.10					CA1 0,00-1,00				
2		Sabbia limo-argillosa di colore avana poco addensata	1.70									
3						2,73	n°17:16:8 2,40		W/Cs			
4		Argilla debolmente limosa e ghiaiosa con ciottoli arenitici a spigoli vivi, di colore avana						CA 2 3,00-4,00				
5												
6			6.10					CA 3 6,00-7,00	W/Cs			
7								7,30 S12CR1				
8							n°29:39:R.F 7,50	7,50				
9								8,70 S12CR2				
10		Argilla di colore grigio chiaro e strie biancastre, a struttura scagliettata, con intercalati livelli decimetrici di arenaria litoide, alle quote: 8,60-9,60 / 9,80-10,20/ 10,70-11,60 / 13,60-13,90.										
11												
12								12,30 S12CR3				
13								12,60				
14												
15			15.00									
16												
17												
18												
19												
20												
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa Corona: W-Widia, D-Diamantata												
<b>Cassette catalogatrici N° 3</b>										<b>Redattore</b>		

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 61 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

## Appendice 2: Studio Idraulico - Metodologia di calcolo

### Codice di calcolo

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

Il calcolo del profilo in moto permanente è stato eseguito per mezzo della versione 4.1. Il modello Hec-Ras permette di calcolare, per canali naturali od artificiali, il profilo idrico di correnti gradualmente variate ed in condizioni di moto stazionario (sia in regime di corrente lenta che di corrente veloce).

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

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

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

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

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

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

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

dove:

- $A$ , area della sezione bagnata (m<sup>2</sup>);
- $\Lambda$ , coefficiente di attrito di Chezy (m<sup>1/2</sup>/s);
- $g$ , accelerazione di gravità (m/s<sup>2</sup>);
- $h$ , altezza del pelo libero rispetto ad un livello di riferimento orizzontale (m);



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 62 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

- $Q$ , portata ( $m^3/s$ );
- $R$ , raggio idraulico (m);
- $\alpha$ , coefficiente di distribuzione della quantità di moto;
- $q$ , portata laterale addotta ( $m^2/s$ ).

### Condizioni di moto

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

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

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

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

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

in cui

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

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

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

in cui

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

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 63 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

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

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

$$Q = KJ^{0.5}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

### Assetto geometrico

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

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 64 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

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

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

### Condizioni al contorno

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

Le condizioni al contorno disponibili sono:

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

### Risultati dei calcoli idraulici

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

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

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

E' fornita anche la linea del carico totale ottenuta come

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 65 di 76	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

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

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

$$\frac{\beta_2 Q_2^2}{gA_2} + A_2 Y_{2,b} + \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot i - \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot J_m - \frac{\beta_1 Q_1^2}{gA_1} - A_1 Y_{1,b} = 0$$

dove:

- il primo ed il quinto termine rappresentano le spinte idrodinamiche dovute alle quantità di moto (con  $\beta$  coefficiente di 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.



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 66 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

### Appendice 3: Studio Idraulico- Report Programma HEC RAS

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

```

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

```

#### PROJECT DATA

Project Title: Sovara  
Project File : Sovara.prj

Project in SI units

#### PLAN DATA

Plan Title: Plan 01  
Plan File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Sansepolcro\Sovara.p01

Geometry Title: Sovara  
Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Sansepolcro\Sovara.g01

Flow Title : Sovara  
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Sansepolcro\Sovara.f01

#### Plan Summary Information:

Number of: Cross Sections = 9 Multiple Openings = 0  
Culverts = 0 Inline Structures = 0  
Bridges = 1 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: Sovara  
Flow File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Sansepolcro\Sovara.f01

#### Flow Data (m3/s)

River	Reach	RS	TR200
Sovara	alveo	80	143.9

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 67 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Boundary Conditions

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Sovara	alveo	TR200	Normal S = 0.013	Normal S = 0.009

GEOMETRY DATA

Geometry Title: Sovara  
Geometry File : C:\Users\Marco\Desktop\HEC STUDI MIEI old\Sansepolcro\Sovara.g01

CROSS SECTION

RIVER: Sovara  
REACH: alveo RS: 80

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 76

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	350.3	2	350.26	4	350.11	6	349.82	8	349.83
10	350.25	12	350.35	14	350.41	16	350.47	18	350.57
20	350.63	22	350.71	24	350.84	26	350.95	28	351.01
30	351.1	32	351.17	34	351.26	36	351.28	38	351.39
40	351.48	42	351.65	44	352.38	46	354.62	48	355.08
50	355.11	52	355.11	54	354.93	56	354.42	58	353.46
60	353.16	62	353.4	64	353.69	66	353.47	68	352.9
70	350.47	72	350.32	74	350.36	76	350.38	78	350.47
80	350.9	82	351.37	84	351.87	86	352.85	88	353.49
90	353.72	92	353.76	94	353.85	96	353.93	98	354.05
100	353.66	102	353.63	104	353.65	106	353.67	108	353.67
110	353.66	112	353.66	114	353.65	116	353.6	118	353.62
120	353.63	122	353.6	124	353.6	126	353.58	128	353.6
130	353.6	132	353.7	134	353.68	136	353.59	138	353.6
140	353.59	142	353.59	144	353.59	146	353.63	148	353.62
150	353.67								

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	64	.035	90	.05

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	64	90	70.04	70.04	70.04	.1	.3
Left Levee	Station=	52	Elevation=	355.11			
Right Levee	Station=	98	Elevation=	354.05			

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	353.81	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.06	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	352.76	Reach Len. (m)	70.04	70.04	70.04
Crit W.S. (m)	352.87	Flow Area (m2)		31.62	
E.G. Slope (m/m)	0.013003	Area (m2)		31.62	
Q Total (m3/s)	143.90	Flow (m3/s)		143.90	
Top Width (m)	17.69	Top Width (m)		17.69	
Vel Total (m/s)	4.55	Avg. Vel. (m/s)		4.55	
Max Chl Dpth (m)	2.94	Hydr. Depth (m)		1.79	
Conv. Total (m3/s)	1261.9	Conv. (m3/s)		1261.9	
Length Wtd. (m)	70.04	Wetted Per. (m)		19.15	
Min Ch El (m)	350.32	Shear (N/m2)		210.54	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	2489.65	4692.03
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)	0.01	15.95	
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)	0.21	8.79	

CROSS SECTION

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

**TECHNIP ITALY DIREZIONE LAVORI S.p.A.** - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 68 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

RIVER: Sovara  
REACH: alveo RS: 70

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num=		76											
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	349.84	2	349.74	4	349.75	6	349.73	8	349.76	10	349.67	12	349.67	14	349.7
10	349.67	12	349.67	14	349.7	16	349.6	18	349.14	20	349.63	22	349.72	24	349.82
20	349.63	22	349.72	24	349.82	26	349.95	28	350.11	30	350.22	32	350.27	34	350.3
30	350.22	32	350.27	34	350.3	36	350.39	38	350.45	40	350.55	42	350.56	44	350.81
40	350.55	42	350.56	44	350.81	46	352.29	48	354.33	50	354.53	52	354.54	54	354.43
50	354.53	52	354.54	54	354.43	56	353.71	58	353.18	60	352.82	62	352.77	64	352.72
60	352.82	62	352.77	64	352.72	66	352.83	68	352.7	70	352.12	72	351.57	74	350.58
70	352.12	72	351.57	74	350.58	76	349.55	78	349.37	80	349.45	82	349.88	84	350.68
80	349.45	82	349.88	84	350.68	86	350.84	88	350.98	90	351.75	92	352.39	94	352.85
90	351.75	92	352.39	94	352.85	96	353.22	98	353.16	100	353	102	352.93	104	352.9
100	353	102	352.93	104	352.9	106	352.91	108	352.9	110	352.9	112	352.91	114	352.87
110	352.9	112	352.91	114	352.87	116	352.86	118	352.87	120	352.88	122	352.86	124	352.84
120	352.88	122	352.86	124	352.84	126	352.88	128	352.89	130	352.91	132	352.93	134	352.89
130	352.91	132	352.93	134	352.89	136	352.86	138	352.86	140	352.82	142	352.82	144	352.82
140	352.82	142	352.82	144	352.82	146	352.82	148	352.82	150	352.85				
150	352.85														

Manning's n Values		num=		3	
Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	68	.035	94	.05

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff Contr.	Expan.
	68	94	70.34	70.34	70.34	.1	.3
Left Levee	Station=	52	Elevation=	354.54			
Right Levee	Station=	96	Elevation=	353.22			

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	353.08	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.81	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	352.27	Reach Len. (m)	70.34	70.34	70.34
Crit W.S. (m)	352.27	Flow Area (m <sup>2</sup> )		36.09	
E.G. Slope (m/m)	0.010764	Area (m <sup>2</sup> )		36.09	
Q Total (m <sup>3</sup> /s)	143.90	Flow (m <sup>3</sup> /s)		143.90	
Top Width (m)	22.11	Top Width (m)		22.11	
Vel Total (m/s)	3.99	Avg. Vel. (m/s)		3.99	
Max Chl Dpth (m)	3.13	Hydr. Depth (m)		1.63	
Conv. Total (m <sup>3</sup> /s)	1387.0	Conv. (m <sup>3</sup> /s)		1387.0	
Length Wtd. (m)	70.34	Wetted Per. (m)		23.13	
Min Ch El (m)	349.37	Shear (N/m <sup>2</sup> )		164.68	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	2489.65	4596.28
Frctn Loss (m)	0.54	Cum Volume (1000 m <sup>3</sup> )	0.01	13.58	
C & E Loss (m)	0.07	Cum SA (1000 m <sup>2</sup> )	0.21	7.39	

CROSS SECTION

RIVER: Sovara  
REACH: alveo RS: 60

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num=		76											
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	349.21	2	349.16	4	349.11	6	349.04	8	348.97	10	348.92	12	348.76	14	348.9
10	348.92	12	348.76	14	348.9	16	349.03	18	349.11	20	349.18	22	349.31	24	349.41
20	349.18	22	349.31	24	349.41	26	349.45	28	349.5	30	349.59	32	349.64	34	349.67
30	349.59	32	349.64	34	349.67	36	349.7	38	349.75	40	349.83	42	349.87	44	349.92
40	349.83	42	349.87	44	349.92	46	350.18	48	351.53						

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 69 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

50	353.46	52	353.86	54	353.83	56	353.75	58	353.54
60	352.81	62	352.51	64	352.15	66	352.09	68	352.17
70	351.77	72	350.74	74	350.1	76	349.66	78	349.17
80	348.86	82	348.84	84	348.85	86	348.85	88	349.37
90	350.94	92	351.9	94	352.17	96	352.2	98	352.16
100	352.09	102	352.06	104	352.07	106	352.08	108	352.06
110	352.05	112	352.05	114	352.05	116	352.04	118	352.06
120	352.09	122	352.17	124	352.25	126	352.36	128	352.53
130	352.69	132	352.81	134	352.89	136	353.06	138	353.26
140	353.42	142	353.55	144	353.67	146	353.76	148	353.85
150	353.97								

Manning's n Values num= 3  
Sta n Val Sta n Val Sta n Val  
0 .05 68 .035 94 .05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
68 94 70.02 70.02 70.02 .1 .3  
Left Levee Station= 52 Elevation= 353.86  
Right Levee Station= 96 Elevation= 352.2

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	352.27	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.57	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	351.70	Reach Len. (m)	70.02	70.02	70.02
Crit W.S. (m)	351.30	Flow Area (m2)		43.05	
E.G. Slope (m/m)	0.005832	Area (m2)		43.05	
Q Total (m3/s)	143.90	Flow (m3/s)		143.90	
Top Width (m)	21.45	Top Width (m)		21.45	
Vel Total (m/s)	3.34	Avg. Vel. (m/s)		3.34	
Max Chl Dpth (m)	2.94	Hydr. Depth (m)		2.01	
Conv. Total (m3/s)	1884.4	Conv. (m3/s)		1884.4	
Length Wtd. (m)	70.02	Wetted Per. (m)		22.70	
Min Ch El (m)	348.84	Shear (N/m2)		108.45	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	2489.65	4596.28
Frctn Loss (m)	0.34	Cum Volume (1000 m3)	0.01	10.79	
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	0.21	5.86	

CROSS SECTION

RIVER: Sovara  
REACH: alveo RS: 50

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 76

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	348.33	2	348.23	4	348.11	6	348.22
10	348.41	12	348.49	14	348.49	16	348.5
20	348.49	22	348.56	24	348.65	26	348.72
30	348.86	32	348.88	34	348.9	36	348.98
40	349.14	42	349.2	44	349.24	46	349.45
50	351.45	52	352.68	54	353.14	56	353.1
60	351.72	62	351.4	64	351.44	66	351.52
70	351.66	72	351	74	350.22	76	348.9
80	348.17	82	348.16	84	348.32	86	348.8
90	349.73	92	350.36	94	351.18	96	351.6
100	351.53	102	351.28	104	351.09	106	350.98
110	350.93	112	350.92	114	350.89	116	350.86
120	350.8	122	350.77	124	350.75	126	350.72
130	350.69	132	350.67	134	350.67	136	350.69
140	350.69	142	350.65	144	350.65	146	350.61
150	350.58					148	350.59

Manning's n Values num= 3



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 70 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Sta n Val      Sta n Val      Sta n Val  
0      .05      70      .035      96      .05

Bank Sta: Left    Right    Lengths: Left Channel    Right    Coeff Contr.    Expan.  
                    70      96                      63.37    63.37    63.37                      .1      .3  
Left Levee      Station=      54      Elevation=    353.14  
Right Levee      Station=      98      Elevation=    351.64

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	351.88	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.42	Wt. n-Val.	0.050	0.035	
W.S. Elev (m)	351.47	Reach Len. (m)	63.37	63.37	63.37
Crit W.S. (m)	350.78	Flow Area (m2)	0.12	50.34	
E.G. Slope (m/m)	0.004145	Area (m2)	0.12	50.34	
Q Total (m3/s)	143.90	Flow (m3/s)	0.02	143.88	
Top Width (m)	27.88	Top Width (m)	3.09	24.78	
Vel Total (m/s)	2.85	Avg. Vel. (m/s)	0.15	2.86	
Max Chl Dpth (m)	3.36	Hydr. Depth (m)	0.04	2.03	
Conv. Total (m3/s)	2235.2	Conv. (m3/s)	0.3	2234.9	
Length Wtd. (m)	63.37	Wetted Per. (m)	3.10	25.99	
Min Ch El (m)	348.16	Shear (N/m2)	1.54	78.73	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	2585.40	4692.03
Frctn Loss (m)	0.40	Cum Volume (1000 m3)	0.00	7.53	
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	0.10	4.24	

CROSS SECTION

RIVER: Sovara  
REACH: alveo                      RS: 40

INPUT

Description:

Station Elevation Data      num=      76

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	347.51	2	347.58	4	347.61	6	347.65	8	347.71
10	347.76	12	347.81	14	347.86	16	347.86	18	347.9
20	347.91	22	347.92	24	347.98	26	348.02	28	348.06
30	348.12	32	348.24	34	348.94	36	350.68	38	352.3
40	352.84	42	352.91	44	352.86	46	352.6	48	351.78
50	350.73	52	350.74	54	350.77	56	350.77	58	350.82
60	350.84	62	350.88	64	351.03	66	350.77	68	350.17
70	349.19	72	348.18	74	347.67	76	347.66	78	347.69
80	348.08	82	348.92	84	349.98	86	350.8	88	350.8
90	350.76	92	350.88	94	351.16	96	351.36	98	351.4
100	350.69	102	350.41	104	350.35	106	350.36	108	350.38
110	350.37	112	350.39	114	350.39	116	350.38	118	350.34
120	350.32	122	350.3	124	350.27	126	350.23	128	350.17
130	350.15	132	350.12	134	350.12	136	350.14	138	350.09
140	350.05	142	350.04	144	350.01	146	349.99	148	349.94
150	349.91								

Manning's n Values      num=      3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	66	.035	86	.05

Bank Sta: Left    Right    Lengths: Left Channel    Right    Coeff Contr.    Expan.  
                    66      86                      35.31    35.31    35.31                      .1      .3  
Left Levee      Station=      42      Elevation=    352.91  
Right Levee      Station=      98      Elevation=    351.4

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	351.44	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.92	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	350.52	Reach Len. (m)	35.31	35.31	35.31

Documento di proprietà Snam Rete Gas. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

**TECHNIP ITALY DIREZIONE LAVORI S.p.A.** - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 71 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Crit W.S. (m)	350.52	Flow Area (m2)	33.95
E.G. Slope (m/m)	0.010615	Area (m2)	33.95
Q Total (m3/s)	143.90	Flow (m3/s)	143.90
Top Width (m)	18.48	Top Width (m)	18.48
Vel Total (m/s)	4.24	Avg. Vel. (m/s)	4.24
Max Chl Dpth (m)	3.01	Hydr. Depth (m)	1.84
Conv. Total (m3/s)	1396.7	Conv. (m3/s)	1396.7
Length Wtd. (m)	35.31	Wetted Per. (m)	19.64
Min Ch El (m)	347.66	Shear (N/m2)	179.89
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68 2010.87 4692.03
Frctn Loss (m)	0.31	Cum Volume (1000 m3)	4.85
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	2.87

CROSS SECTION

RIVER: Sovara  
REACH: alveo RS: 30

INPUT

Description:

Station Elevation Data	num=	76
Sta Elev	Sta Elev	Sta Elev
0 346.97	2 346.91	4 346.87
10 346.79	12 346.98	14 347.02
20 347.68	22 347.75	24 348
30 348.88	32 350.04	34 351.32
40 353.19	42 353.23	44 353.2
50 352.54	52 352.28	54 352.01
60 351.11	62 350.42	64 348.75
70 347.31	72 347.32	74 347.37
80 348.77	82 349.67	84 350.49
90 351.6	92 351.55	94 351.41
100 350.84	102 350.66	104 350.55
110 350.28	112 350.1	114 349.97
120 350.38	122 350.33	124 349.95
130 350.18	132 350.01	134 349.84
140 349.66	142 349.68	144 349.54
150 349.62		146 349.53

Manning's n Values	num=	3
Sta n Val	Sta n Val	Sta n Val
0 .05	58 .035	88 .05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
58 88 10 10 10 .1 .3

Ineffective Flow	num=	2
Sta L Sta R Elev	Permanent	
0 64 353.5	T	
82 150 353.5	T	
Left Levee	Station=	42 Elevation= 353.23
Right Levee	Station=	90 Elevation= 351.6

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	350.83	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.61	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	349.21	Reach Len. (m)	1.00	1.00	1.00
Crit W.S. (m)	349.68	Flow Area (m2)		25.57	
E.G. Slope (m/m)	0.023664	Area (m2)		25.70	
Q Total (m3/s)	143.90	Flow (m3/s)		143.90	
Top Width (m)	17.54	Top Width (m)		17.54	
Vel Total (m/s)	5.63	Avg. Vel. (m/s)		5.63	
Max Chl Dpth (m)	2.42	Hydr. Depth (m)		1.51	
Conv. Total (m3/s)	935.4	Conv. (m3/s)		935.4	
Length Wtd. (m)	1.00	Wetted Per. (m)		17.66	
Min Ch El (m)	347.31	Shear (N/m2)		336.14	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	2010.87	4309.02

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 72 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Frctn Loss (m)	0.54	Cum Volume (1000 m3)	3.80
C & E Loss (m)	0.07	Cum SA (1000 m2)	2.24

BRIDGE

RIVER: Sovara  
REACH: alveo RS: 29.5

INPUT

Description:

Distance from Upstream XS = 1  
Deck/Roadway Width = 8  
Weir Coefficient = 1.4

Upstream Deck/Roadway Coordinates

num=	16															
	Sta	Hi	Cord	Lo	Cord	Sta	Hi	Cord	Lo	Cord	Sta	Hi	Cord	Lo	Cord	
	0	353.5		352		63.99	353.5		352		64	353.5		349		
	65.5	353.5		350		67	353.5	350.75			68.5	353.5		351.3		
	70	353.5	351.7			71.5	353.5	351.93			73	353.5		352		
	74.5	353.5	351.93			76	353.5	351.7			77.5	353.5		351.3		
	79	353.5	350.75			80.5	353.5	350			82	353.5		349		
	150	353.5		352												

Upstream Bridge Cross Section Data

Station Elevation Data	num= 76									
	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
	0	346.97	2	346.91	4	346.87	6	346.84	8	346.81
	10	346.79	12	346.98	14	347.02	16	346.93	18	347.44
	20	347.68	22	347.75	24	348	26	348.26	28	348.64
	30	348.88	32	350.04	34	351.32	36	352.73	38	353.05
	40	353.19	42	353.23	44	353.2	46	353.13	48	352.8
	50	352.54	52	352.28	54	352.01	56	351.53	58	351.76
	60	351.11	62	350.42	64	348.75	66	347.55	68	347.36
	70	347.31	72	347.32	74	347.37	76	347.48	78	347.89
	80	348.77	82	349.67	84	350.49	86	351	88	351.37
	90	351.6	92	351.55	94	351.41	96	351.12	98	351.02
	100	350.84	102	350.66	104	350.55	106	350.59	108	350.45
	110	350.28	112	350.1	114	349.97	116	350.12	118	350.07
	120	350.38	122	350.33	124	349.95	126	349.95	128	350.07
	130	350.18	132	350.01	134	349.84	136	350.09	138	349.83
	140	349.66	142	349.68	144	349.54	146	349.53	148	349.62
	150	349.62								

Manning's n Values	num= 3					
	Sta	n	Val	Sta	n	Val
	0	.05		58	.035	
				88	.05	

Bank Sta:	Left	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	58	88	.1		.3

Ineffective Flow	num= 2			
	Sta L	Sta R	Elev	Permanent
	0	64	353.5	T
	82	150	353.5	T
Left Levee	Station=	42	Elevation=	353.23
Right Levee	Station=	90	Elevation=	351.6

Downstream Deck/Roadway Coordinates

num=	16															
	Sta	Hi	Cord	Lo	Cord	Sta	Hi	Cord	Lo	Cord	Sta	Hi	Cord	Lo	Cord	
	0	353.5		352		63.99	353.5		352		64	353.5		349		
	65.5	353.5		350		67	353.5	350.75			68.5	353.5		351.3		
	70	353.5	351.7			71.5	353.5	351.93			73	353.5		352		
	74.5	353.5	351.93			76	353.5	351.7			77.5	353.5		351.3		
	79	353.5	350.75			80.5	353.5	350			82	353.5		349		
	150	353.5		352												

Downstream Bridge Cross Section Data

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 73 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Station Elevation Data num= 76

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	346.77	2	346.71	4	346.67	6	346.64	8	346.61
10	346.59	12	346.78	14	346.82	16	346.73	18	347.24
20	347.48	22	347.55	24	347.8	26	348.06	28	348.44
30	348.68	32	349.84	34	351.12	36	352.53	38	352.85
40	352.99	42	353.03	44	353	46	352.93	48	352.6
50	352.34	52	352.08	54	351.81	56	351.33	58	351.56
60	350.91	62	350.22	64	348.55	66	347.35	68	347.16
70	347.11	72	347.12	74	347.17	76	347.28	78	347.69
80	348.57	82	349.47	84	350.29	86	350.8	88	351.17
90	351.4	92	351.35	94	351.21	96	350.92	98	350.82
100	350.64	102	350.46	104	350.35	106	350.39	108	350.25
110	350.08	112	349.9	114	349.77	116	349.92	118	349.87
120	350.18	122	350.13	124	349.75	126	349.75	128	349.87
130	349.98	132	349.81	134	349.64	136	349.89	138	349.63
140	349.46	142	349.48	144	349.34	146	349.33	148	349.42
150	349.42								

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	58	.035	88	.05

Bank Sta: Left Right Coeff Contr. Expan.

Left	Right	Coeff	Contr.	Expan.
58	88	.1	.3	

Left Levee Station= 42 Elevation= 353  
Right Levee Station= 90 Elevation= 351.4

Upstream Embankment side slope = 0 horiz. to 1.0 vertical  
Downstream Embankment side slope = 0 horiz. to 1.0 vertical  
Maximum allowable submergence for weir flow = .98  
Elevation at which weir flow begins =  
Energy head used in spillway design =  
Spillway height used in design =  
Weir crest shape = Broad Crested

Number of Abutments = 1

Abutment Data

Upstream num= 6

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	352.5	64	352.5	64	345	82	345	82	352.5
150	352.5								

Downstream num= 6

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	352.5	64	352.5	64	345	82	345	82	352.5
150	352.5								

Number of Bridge Coefficient Sets = 1

Low Flow Methods and Data  
Energy  
Selected Low Flow Methods = Highest Energy Answer

High Flow Method  
Energy Only

Additional Bridge Parameters  
Add Friction component to Momentum  
Do not add Weight component to Momentum  
Class B flow critical depth computations use critical depth  
inside the bridge at the upstream end  
Criteria to check for pressure flow = Upstream energy grade line

BRIDGE OUTPUT Profile #TR200

E.G. US. (m)	350.83	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	349.21	E.G. Elev (m)	350.77	350.59

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 74 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Q Total (m3/s)	143.90	W.S. Elev (m)	349.27	349.05
Q Bridge (m3/s)	143.90	Crit W.S. (m)	349.63	349.44
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	1.96	1.94
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	5.42	5.48
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	26.57	26.25
Weir Submerg		Froude # Chl	1.39	1.25
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	102.36	102.83
Min El Weir Flow (m)	353.50	Hydr Depth (m)	1.55	1.54
Min El Prs (m)	352.00	W.P. Total (m)	18.05	18.30
Delta EG (m)	0.28	Conv. Total (m3/s)	982.3	954.1
Delta WS (m)	0.14	Top Width (m)	17.12	16.99
BR Open Area (m2)	58.22	Frctn Loss (m)	0.02	0.18
BR Open Vel (m/s)	5.48	C & E Loss (m)	0.04	0.00
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	309.78	320.02
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00

CROSS SECTION

RIVER: Sovara  
REACH: alveo RS: 29

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 76

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	346.77	2	346.71	4	346.67	6	346.64	8	346.61
10	346.59	12	346.78	14	346.82	16	346.73	18	347.24
20	347.48	22	347.55	24	347.8	26	348.06	28	348.44
30	348.68	32	349.84	34	351.12	36	352.53	38	352.85
40	352.99	42	353.03	44	353	46	352.93	48	352.6
50	352.34	52	352.08	54	351.81	56	351.33	58	351.56
60	350.91	62	350.22	64	348.55	66	347.35	68	347.16
70	347.11	72	347.12	74	347.17	76	347.28	78	347.69
80	348.57	82	349.47	84	350.29	86	350.8	88	351.17
90	351.4	92	351.35	94	351.21	96	350.92	98	350.82
100	350.64	102	350.46	104	350.35	106	350.39	108	350.25
110	350.08	112	349.9	114	349.77	116	349.92	118	349.87
120	350.18	122	350.13	124	349.75	126	349.75	128	349.87
130	349.98	132	349.81	134	349.64	136	349.89	138	349.63
140	349.46	142	349.48	144	349.34	146	349.33	148	349.42
150	349.42								

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	58	.035	88	.05

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff Contr.	Expan.
	58		60.13	60.13	.1	.3
Left Levee	Station=	42	Elevation=	353		
Right Levee	Station=	90	Elevation=	351.4		

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	350.54	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.47	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	349.08	Reach Len. (m)	60.13	60.13	60.13
Crit W.S. (m)	349.49	Flow Area (m2)		26.83	
E.G. Slope (m/m)	0.021675	Area (m2)		26.83	
Q Total (m3/s)	143.90	Flow (m3/s)		143.90	
Top Width (m)	17.76	Top Width (m)		17.76	
Vel Total (m/s)	5.36	Avg. Vel. (m/s)		5.36	
Max Chl Dpth (m)	2.49	Hydr. Depth (m)		1.51	
Conv. Total (m3/s)	977.4	Conv. (m3/s)		977.4	
Length Wtd. (m)	60.13	Wetted Per. (m)		18.64	
Min Ch El (m)	347.11	Shear (N/m2)		306.02	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	2010.87	4309.02



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 75 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	3.78
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	2.22

CROSS SECTION

RIVER: Sovara  
REACH: alveo RS: 20

INPUT

Description:

Station	Elevation	Data	num=	76	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	345.7				2	345.75	4	345.82	6	345.8	8	345.87
10	345.93				12	345.96	14	346.01	16	346.04	18	346.04
20	346.04				22	346.01	24	346.04	26	346.17	28	346.21
30	346.21				32	346.19	34	346.15	36	346.1	38	346.07
40	347.25				42	350.76	44	350.76	46	350.36	48	349.69
50	349.73				52	349.78	54	349.76	56	349.7	58	349.65
60	349.59				62	349.42	64	348.6	66	346.89	68	345.6
70	345.64				72	345.63	74	345.65	76	345.59	78	345.78
80	347.21				82	348.73	84	349.53	86	349.85	88	349.96
90	349.79				92	349.65	94	349.56	96	349.47	98	349.44
100	349.43				102	349.42	104	349.4	106	349.39	108	349.4
110	349.39				112	349.37	114	349.36	116	349.34	118	349.32
120	349.32				122	349.28	124	349.31	126	349.29	128	349.25
130	349.2				132	349.2	134	349.2	136	349.17	138	349.14
140	349.16				142	349.21	144	349.16	146	349.16	148	349.11
150	349.1											

Manning's n	Values	num=	3	Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
				0	.05	62	.035	84	.05

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	62	84		70.74	70.74		.1	.3
Left Levee		Station=	44	Elevation=	350.76			
Right Levee		Station=	88	Elevation=	349.96			

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	349.24	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.58	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	347.66	Reach Len. (m)	70.74	70.74	70.74
Crit W.S. (m)	348.09	Flow Area (m2)		25.85	
E.G. Slope (m/m)	0.021325	Area (m2)		25.85	
Q Total (m3/s)	143.90	Flow (m3/s)		143.90	
Top Width (m)	15.49	Top Width (m)		15.49	
Vel Total (m/s)	5.57	Avg. Vel. (m/s)		5.57	
Max Chl Dpth (m)	2.07	Hydr. Depth (m)		1.67	
Conv. Total (m3/s)	985.4	Conv. (m3/s)		985.4	
Length Wtd. (m)	70.74	Wetted Per. (m)		16.78	
Min Ch El (m)	345.59	Shear (N/m2)		322.21	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	2106.63	4213.25
Frctn Loss (m)	1.29	Cum Volume (1000 m3)		2.19	
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)		1.22	

CROSS SECTION

RIVER: Sovara  
REACH: alveo RS: 10

INPUT

Description:

Station	Elevation	Data	num=	76	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
---------	-----------	------	------	----	-----	------	-----	------	-----	------	-----	------

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-002</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 76 di 76</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-036

0	345.31	2	345.38	4	345.47	6	345.55	8	345.65
10	345.67	12	345.68	14	345.77	16	345.83	18	345.87
20	345.91	22	345.94	24	345.94	26	346	28	346.01
30	346.06	32	346.1	34	346.15	36	346.17	38	346.19
40	346.22	42	346.3	44	346.25	46	346.44	48	348.75
50	350.02	52	349.85	54	349.26	56	348.74	58	348.73
60	348.69	62	348.74	64	348.75	66	348.75	68	348.73
70	348.83	72	348.63	74	347.79	76	346	78	345.04
80	345	82	344.99	84	344.98	86	345.12	88	345.42
90	346.19	92	346.79	94	347.97	96	348.66	98	348.96
100	348.93	102	348.86	104	348.75	106	348.75	108	348.78
110	348.8	112	348.8	114	348.82	116	348.85	118	348.87
120	348.87	122	348.86	124	348.84	126	348.85	128	348.87
130	348.88	132	348.87	134	348.87	136	348.87	138	348.86
140	348.87	142	348.87	144	348.84	146	348.8	148	348.81
150	348.83								

Manning's n Values	num=	3
Sta n Val	Sta n Val	Sta n Val
0 .05	72 .035	96 .05

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff Contr.	Expan.
	72	96		0	0	.1	.3
Left Levee	Station=		50	Elevation=	350.02		
Right Levee	Station=		98	Elevation=	348.96		

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	348.35	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.81	Wt. n-Val.		0.035	
W.S. Elev (m)	347.54	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	347.43	Flow Area (m2)		36.10	
E.G. Slope (m/m)	0.009005	Area (m2)		36.10	
Q Total (m3/s)	143.90	Flow (m3/s)		143.90	
Top Width (m)	18.98	Top Width (m)		18.98	
Vel Total (m/s)	3.99	Avg. Vel. (m/s)		3.99	
Max Chl Dpth (m)	2.56	Hydr. Depth (m)		1.90	
Conv. Total (m3/s)	1516.4	Conv. (m3/s)		1516.4	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		20.25	
Min Ch El (m)	344.98	Shear (N/m2)		157.43	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	7181.68	2393.89	4692.03
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			