

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 1 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

**PROGETTO:**

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

*Attraversamento in subalveo del  
**FIUME ARNO***

**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> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 2 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

## 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	10
3.3	Caratterizzazione litostratigrafica	12
<b>4</b>	<b>VALUTAZIONI IDROLOGICHE</b>	<b>14</b>
4.1	Generalità	14
4.2	Considerazioni specifiche preliminari	14
4.3	Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino	14
4.4	PGRA - Generalità sulla modellazione idrologica	16
4.5	PGRA - Risultati riferiti all'ambito in esame	17
4.6	Portata di progetto	19
<b>5</b>	<b>VALUTAZIONI DI CARATTERE IDRAULICO</b>	<b>20</b>
5.1	Premessa	20
5.2	PGRA - Cenni sui risultati della modellazione idraulica	20
5.3	Studio Idraulico in moto permanente	23
<b>6</b>	<b>VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO</b>	<b>31</b>
6.1	Generalità	31
6.2	Criteri di calcolo	32
6.3	Stima dei massimi approfondimenti attesi	34
6.4	Considerazione sui risultati conseguiti	35

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</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 87</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

<b>7</b>	<b>METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI</b>	<b>36</b>
7.1	Metodologia costruttiva: Microtunnel	36
7.2	Configurazioni geometriche di progetto	36
<b>8</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA TECNICA DEL MICROTUNNELLING</b>	<b>38</b>
8.1	Generalità	38
8.2	Requisiti generali del sistema costruttivo	38
8.3	Fasi Operative	40
8.4	Considerazioni sulla stabilità per filtrazione in sub-alveo	43
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA</b>	<b>46</b>
9.1	Quadro normativo generale	46
9.2	Quadro normativo di riferimento per l'ambito in esame	49
9.3	Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento	55
9.4	Analisi delle condizioni di compatibilità idraulica	56
9.5	Interferenza con Piano Rischio Idraulico (PRI) e Verifica compatibilità	59
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>62</b>
	<b>Appendice 1: Colonne Stratigrafiche dei sondaggi</b>	<b>64</b>
	<b>Appendice 2: Studio Idraulico - Metodologia di calcolo</b>	<b>68</b>
	<b>Appendice 3: Studio Idraulico- Report Programma HEC RAS</b>	<b>73</b>
	<b>ANNESSI:</b>	
	• <b>Disegno di Attraversamento</b>	

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 4 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

## 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 fiume ARNO in un ambito di confine tra i territori comunali di Capolona (AR) e di Arezzo, nei pressi della località Venere.

In corrispondenza del sopracitato attraversamento fluviale, il tracciato del metanodotto in progetto interferisce con delle aree censite di pericolosità da alluvioni fluviali, ai sensi del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) redatto dal Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale.

### 1.2 Scopo e descrizione dell'elaborato

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

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);
- Valutazioni idrauliche, volte 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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 5 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

- Valutazioni inerenti la compatibilità idraulica del sistema d'attraversamento, in riferimento alle misure di prevenzione e di protezione stabilite nella Disciplina di Piano del PGRA ed in considerazione della regolamentazione di normativa per gli interventi ricadenti in ambiti censiti di pericolosità da alluvione fluviale.

### 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-007  
*Microtunnel Fiume Arno*

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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 6 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento del fiume Arno da parte del metanodotto in progetto "Sansepolcro - Terranuova Bracciolini" DN750 (30") ricade in un ambito di confine tra i territori comunali di Capolona (AR) e di Arezzo, nei pressi della località Venere.

Dal punto di vista idrografico l'ambito di attraversamento ricade nel tratto terminale del sottobacino del "Casentino"; a circa 2.3km a monte della confluenza, da sinistra, del Canale Maestro della Chiana.

Al fine di consentire l'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 e l'area di attraversamento in esame è indicata mediante un cerchio in colore blu.

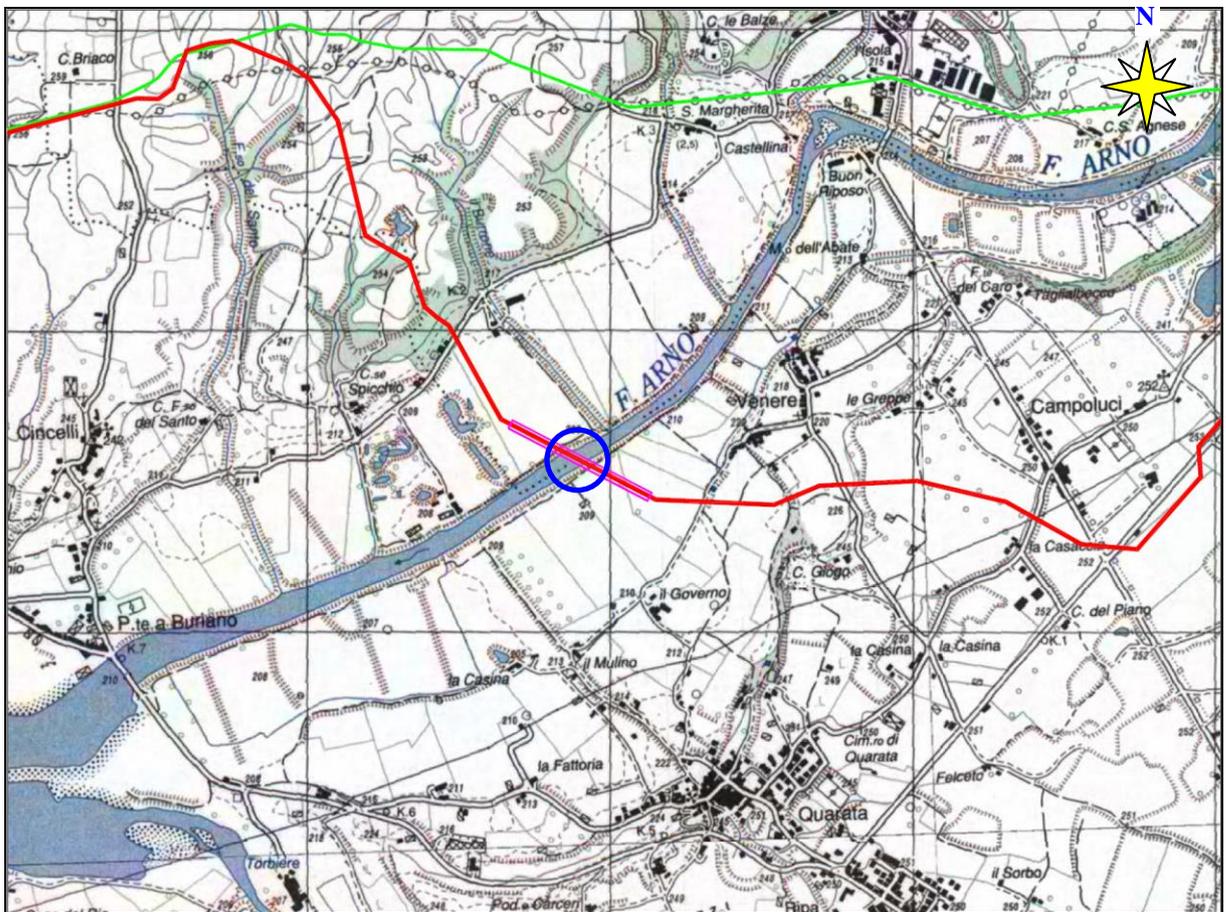


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

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

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

Coordinate ambito di attraversamento del corso d'acqua		
Coord. Piane: Monte Mario, Zona 1 - Datum: Roma 40 (EPSG 3003)	1727840 m E	4821390 m N

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 7 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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) 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.

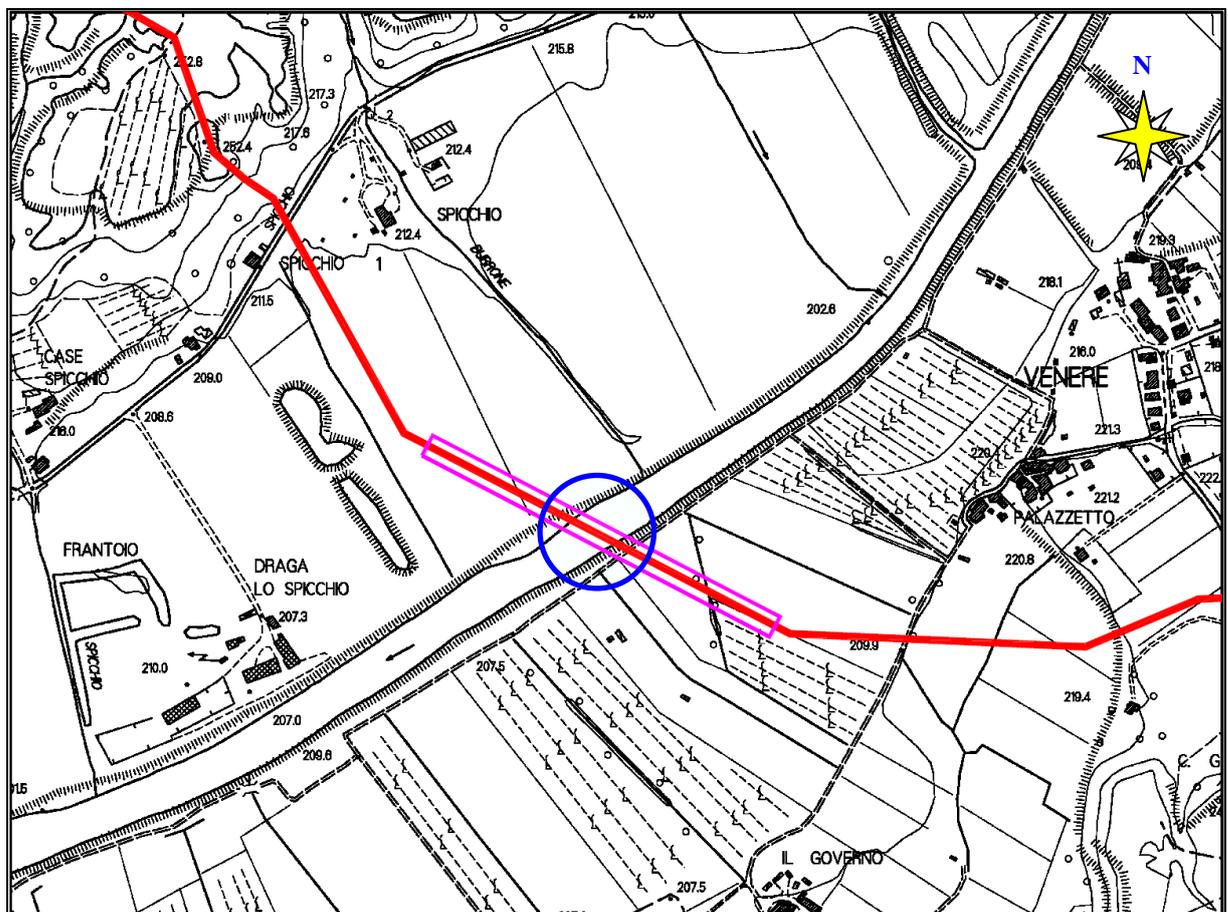


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 8 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

### 3 ANALISI DI CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBITO

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

Il fiume Arno rappresenta il secondo maggior fiume dell'Italia peninsulare, dopo il Tevere, e il principale corso d'acqua della Toscana.

L'Arno ha origine dal versante meridionale del Monte Falterona, in Casentino, alla quota di 1.385 m s.l.m., nel comune di Pratovecchio Stia in provincia di Arezzo.

Dopo un primo tratto percorso con direzione prevalente nord-ovest/sud-est, in cui riceve l'apporto idrico di corsi d'acqua prevalentemente a carattere torrentizio, l'Arno lascia il Casentino e, attraverso la stretta di Santa Maria, sbocca nella piana di Arezzo.

A circa 60 km dalle sorgenti, nei pressi del bordo occidentale della piana, si congiunge con il Canale Maestro della Chiana. Entra quindi nel Valdarno Superiore dove scorre in direzione sud-est/nord-ovest sino a Pontassieve alla confluenza con la Sieve, suo principale affluente di destra.

Da qui piega decisamente verso ovest e mantiene tale direzione fino alla foce. È in questo ultimo tratto che confluiscono i restanti importanti affluenti di destra e di sinistra. Oltre al Canale Maestro della Chiana ed alla Sieve, sopra menzionati, gli altri affluenti significativi dell'Arno sono, in destra, il Mugnone, il Bisenzio, l'Ombrone Pistoiese e il Canale dell'Usciana, mentre in sinistra troviamo la Greve, la Pesa, l'Elsa e l'Era.

Quindi, dopo uno sviluppo di circa 241 km, l'asta principale del corso d'acqua sfocia nel Mar Tirreno a Bocca d'Arno, nei pressi di Marina di Pisa.

Il bacino imbrifero si estende per una superficie complessiva di 8.228 Km<sup>2</sup>, quasi integralmente ricadente nell'ambito del territorio della Regione Toscana. Infatti il territorio del bacino interessa la Regione Toscana per il 98% circa e la Regione Umbria per il 2% circa, comprendendo le province di Arezzo, Firenze, Pistoia, Pisa e, marginalmente, Siena, Lucca, Livorno e Perugia.

L'intero bacino viene solitamente suddiviso in 6 sottobacini, riportati con le relative estensioni nella tabella seguente.

	Nome	Superficie (km <sup>2</sup> )
SOTTOBACINI	Casentino	883
	Val di Chiana	1.368
	Valdamo Superiore	984
	Sieve	843
	Valdamo Medio	1.383
	Valdamo inferiore	2.767

Il regime delle portate dell'Arno, a dispetto della notevole estensione del suo bacino idrografico (il 5° d'Italia dopo Po, Tevere, Adige e Tanaro), è sostanzialmente torrentizio, a causa della natura dei terreni (prevalentemente impermeabili).

La disaggregazione a livello stagionale dell'andamento pluviometrico nel bacino del fiume Arno identifica i seguenti regimi: sublitoraneo nelle zone più interne, con massimi in autunno e primavera e minimo estivo, e sub-mediterraneo o mediterraneo nelle zone più prossime alla costa, con massimo invernale e minimo estivo. Il regime continentale, con massimo estivo e minimo invernale, è scarsamente individuabile e può presentarsi sporadicamente in qualche anno nelle parti più interne del bacino.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 9 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

Le piene maggiormente significative si verificano solitamente nel periodo tra novembre ed aprile. In particolare la piena maggiormente devastante, fu quella del 4 novembre 1966 che sfiorò secondo alcune stime 2.500 m<sup>3</sup>/s a Pisa, 3.540 a Rosano (Rignano sull'Arno) e ben 4.100 a Firenze (che ne fu pesantemente investita): allora l'Arno esondò dalle arginature invadendo ampie zone del Casentino, della piana empoles e pisana, e soprattutto l'intero centro storico di Firenze, causando decine di vittime e danni incalcolabili al patrimonio artistico e monumentale della città; a Pisa crollò uno dei principali ponti cittadini.

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.

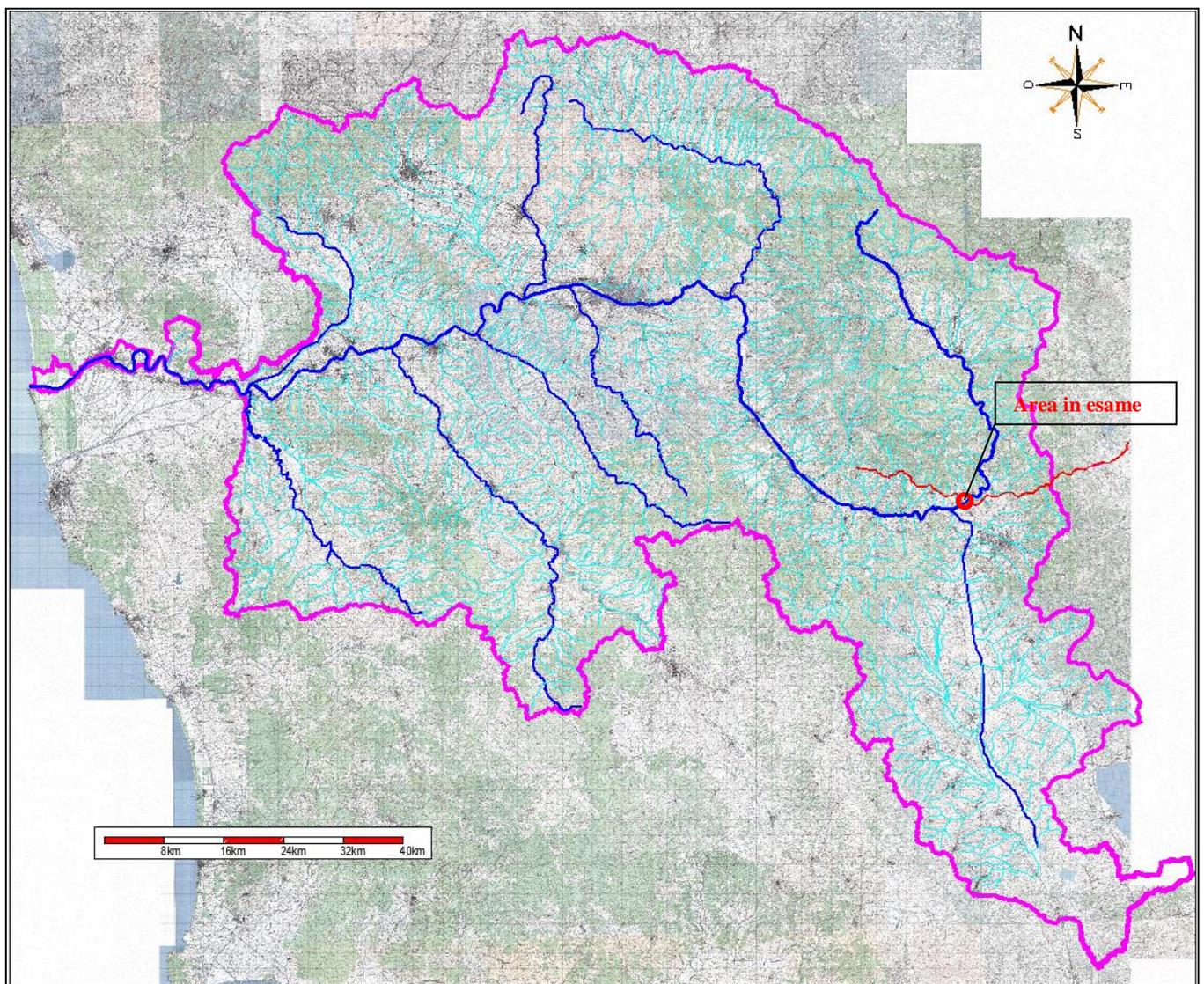


Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua, con indicazione dell'ambito in esame

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 10 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

Dall'esame della figura precedente si rileva che l'attraversamento del metanodotto in progetto ricade in un ambito di monte dello sviluppo del corso d'acqua (nel tratto terminale del sottobacino del "Casentino"), poco a monte della confluenza, da sinistra, del Canale Maestro della Chiana.

Il regime idrologico, in corrispondenza dell'ambito di attraversamento, è sostanzialmente di tipo torrentizio, con andamento delle portate sostanzialmente legato al regime pluviometrico nel bacino a monte (di tipo sublitoraneo Appenninico). In particolare i periodi di piena si verificano in autunno -primavera e periodo di magra in estate.

A tal proposito nella figura seguente si riporta l'istogramma dell'andamento delle portate medie mensili del corso d'acqua riferito alla stazione idrometrica di "Arno a Subbiano", (posizionata poco a monte dell'ambito in esame, con bacino sotteso 738 kmq), relativamente al periodo 1960-2018 (*elaborazione dati estrapolati dal sito del Settore Idrologico della Regione Toscana*).

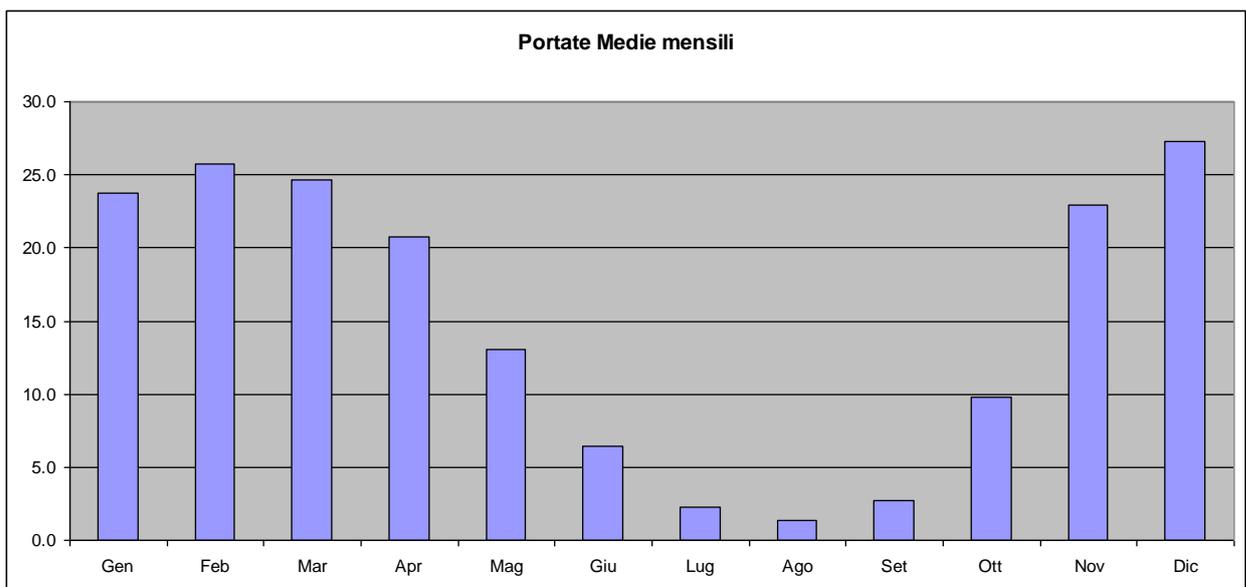


Fig.3.1/B: Arno a Subbiano - Portate medie mensili (dati periodo 1960- 2018)

### 3.2 Descrizione dell'ambito di attraversamento

Dall'esame della Fig.3.1/A si rileva che l'ambito di attraversamento ricade nel tratto di monte del corso d'acqua (nel tratto terminale del sottobacino del "Casentino"), poco a monte della confluenza, da sinistra, del Canale Maestro della Chiana.

Nell'intorno dell'attraversamento il corso d'acqua assume un andamento longitudinale moderatamente sinuoso.

L'alveo del fiume presenta una configurazione incisa, con larghezza al fondo di circa 60÷70m e con sponde, mediamente acclivi, che si elevano dal fondo di circa 7m e sono interessate da una vegetazione arbustiva ed arborea ripariale.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 11 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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.

Nelle ampie aree golenali presenti sia in destra, che in sinistra idrografica, si individuano una serie di rilevati arginali ortogonali alla direzione di deflusso delle acque e finalizzate a confinare le potenziali esondazioni del corso d'acqua e a limitare le velocità di deflusso.

Il regime idrologico dell'Arno 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 (si veda la Fig.3.1/B).

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.

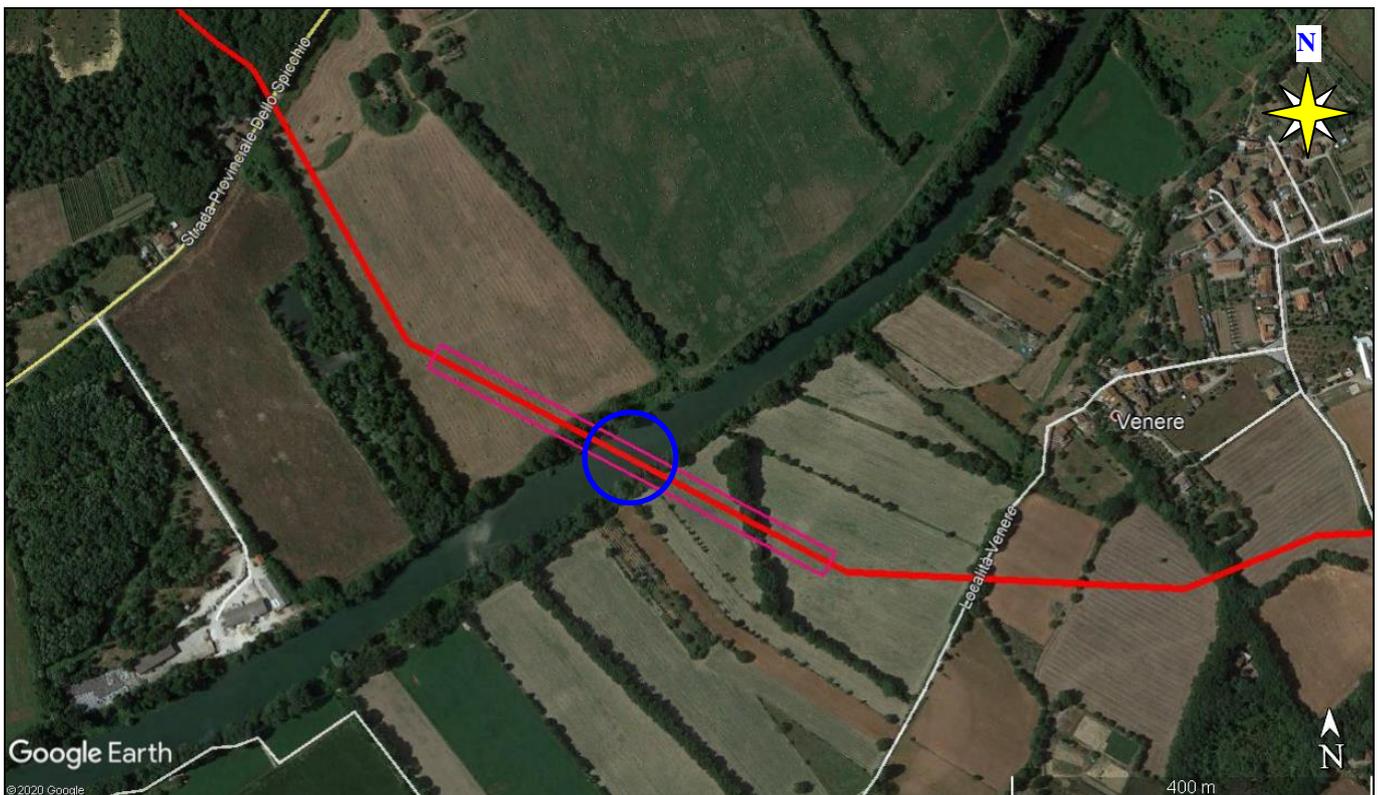


Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento (estratta da google earth)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 12 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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.

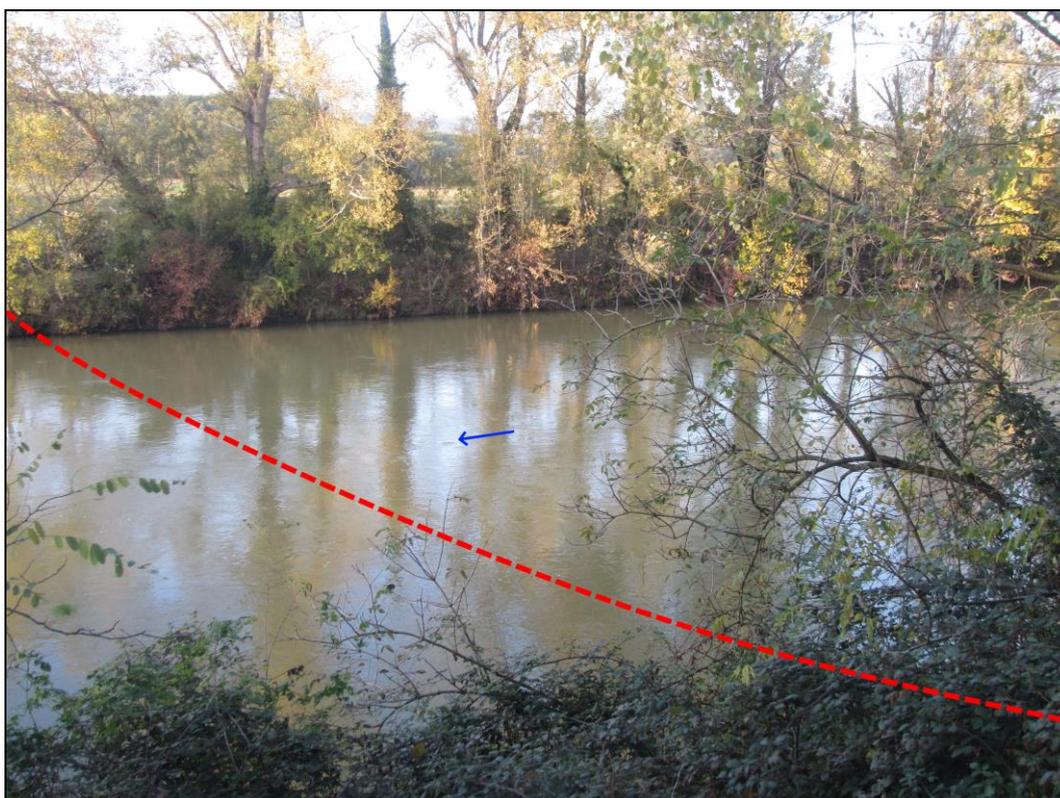


Fig.3.2/B: Foto ambito di attraversamento del corso d'acqua

### 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.2 sondaggi, denominati S25 e S26 e spinti rispettivamente sino a 25m e 30m di profondità. In aggiunta sono state effettuate n.2 tomografie geoelettriche, una in sinistra e l'altra in destra idrografica.

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

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 13 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

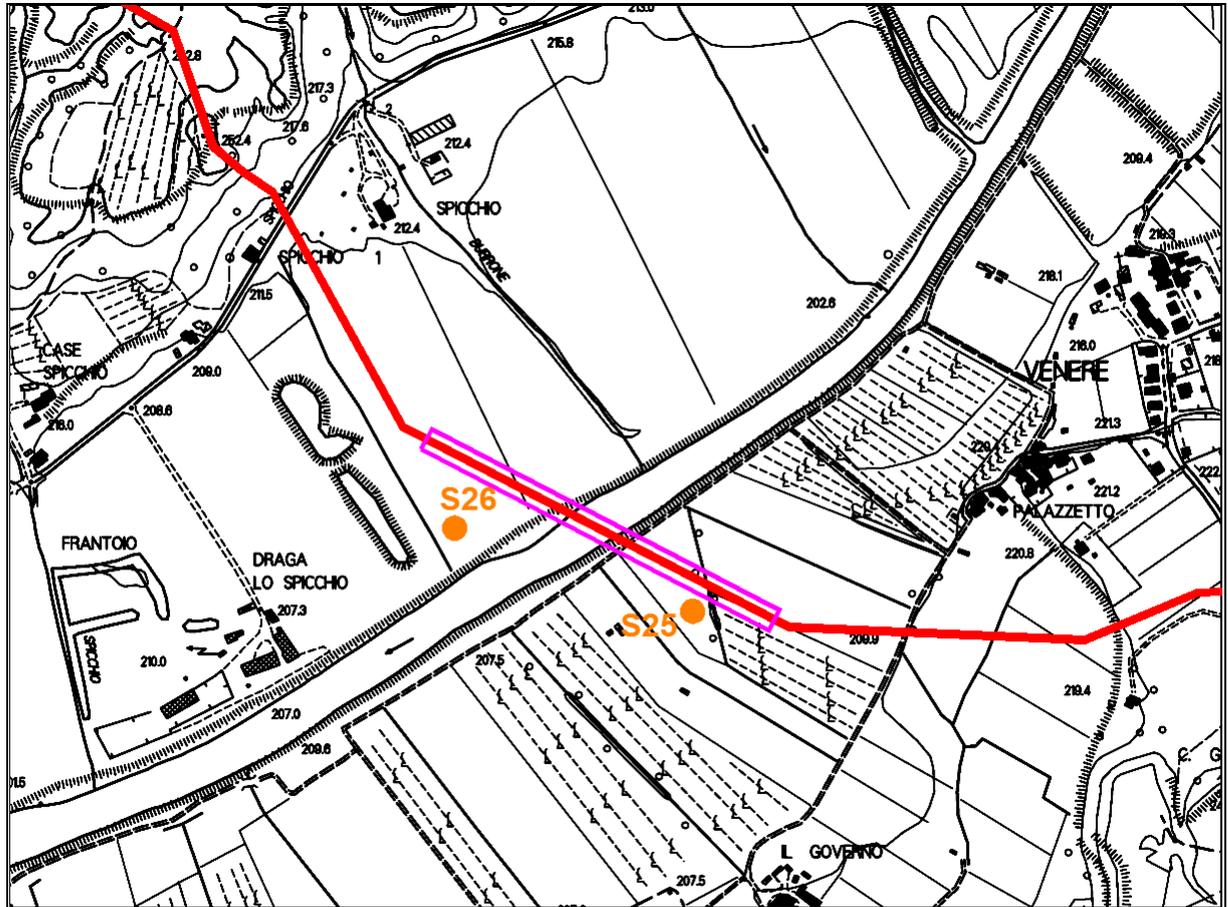


Fig.3.3/A: Planimetria in scala 1:10000, con ubicazione sondaggi

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 S25 (ubicato in sx idrografica) si evince la prevalenza di terreni coesivi; con presenza, tuttavia, di un livello di ghiaia tra 2.90m e 7.60m.

Dall'esame delle colonne stratigrafiche del sondaggio S26 (ubicato in dx idrografica) si evince la prevalenza di terreni coesivi; con presenza di un livello di ghiaia tra 2.70m e 4.30m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 14 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

## 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

Il distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, nell'ambito della redazione del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), per la definizione delle aree allagabili per eventi fluviali nel bacino dell'Arno ha impiegato un criterio di tipo modellistico lungo l'asta principale dell'Arno e suoi affluenti primari, utilizzando le metodologie già collaudate nel PAI dell'ex Autorità di bacino dell'Arno.

In particolare l'analisi idrologica è stata sviluppata in considerazione di alcune sezioni rappresentative individuate lungo l'asta fluviale, basandosi essenzialmente su un metodo di regionalizzazione delle portate di piena (codice di calcolo ALTO).

In tal senso per la valutazione delle portate di piena nella sezione idrologica di riferimento nel presente elaborato (sezione di attraversamento) ci si avvale dei risultati conseguiti negli studi "ufficiali" sopra menzionati.

### 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 di monte del fiume (nel tratto terminale del sottobacino del "Casentino"), a circa 2.3km a monte della confluenza, da sinistra, del Canale Maestro della Chiana.

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

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 15 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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.

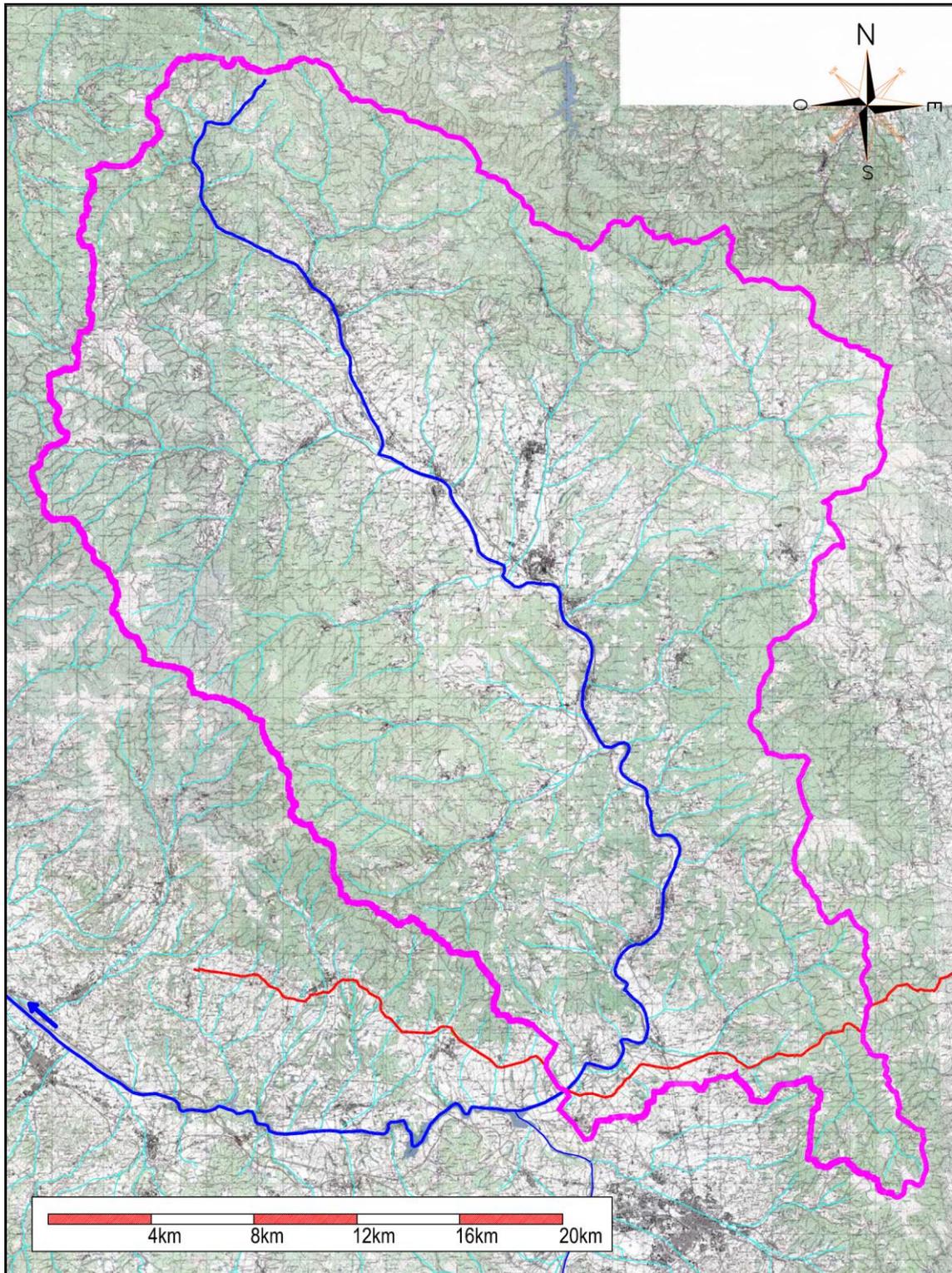


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio (di attraversamento)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 16 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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)
F Arno -Sez. di studio (Attrav Met. DN 750)	877	60.6	1657	709	201

#### 4.4 PGRA - Generalità sulla modellazione idrologica

Il distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, nell'ambito della redazione del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), per la definizione delle aree allagabili per eventi fluviali nel bacino dell'Arno ha impiegato un criterio di tipo modellistico lungo l'asta principale dell'Arno e suoi affluenti primari, utilizzando le metodologie già collaudate nel PAI dell'ex Autorità di bacino dell'Arno.

In particolare l'analisi idrologica è stata sviluppata in considerazione di alcune sezioni rappresentative individuate lungo l'asta fluviale, basandosi essenzialmente su un metodo di regionalizzazione delle portate di piena.

Per la valutazione delle portate sono stati prima definiti i corsi d'acqua oggetto di analisi e sono state analizzate le caratteristiche del territorio dei anche i bacini afferenti (tramite elaborazione dei dati LIDAR).

L'analisi idrologica, consiste, per tutte le sezioni di interesse del reticolo idrografico considerato, nel generare gli idrogrammi di piena per assegnati tempi di ritorno, si è basata sul codice di calcolo ALTO (ALLuvioni in TOscana), sviluppato nel 1997 dall'Università di Firenze e costantemente aggiornato.

Il modello si basa sulla trasformazione afflussi-deflussi ottenuta tramite la teoria dell'Idrogramma Istantaneo Unitario o IUH. I parametri dell'IUH possono essere determinati in base alle caratteristiche geomorfologiche del bacino (in particolare la struttura del reticolo idrografico ordinato) ottenendo un cosiddetto idrogramma unitario geomorfologico o GIUH.

La forzante data dall'evento meteorico è schematizzata attraverso uno ietogramma sintetico la cui frequenza viene stimata a partire dalle curve di possibilità pluviometrica ricavate con l'adattamento della distribuzione TCEV.

Il modello, come si è detto, è strutturato in modo tale da ricercare, per un dato tempo di ritorno, il valore critico della durata di pioggia che massimizza la portata di piena. Tutti i dati idrologici, idrometrici e territoriali raccolti ed elaborati sono stati archiviati in una base dati su supporto informatico. In particolare, i dati pluviometrici si riferiscono alle precipitazioni massime annue con durata inferiore ad 1 ora; tra 1 e 24 ore, tra 1 e 5 giorni, le precipitazioni giornaliere, le precipitazioni ad alta risoluzione (serie disponibili ed eventi significativi utilizzati per le fasi di taratura del modello).

Le principali elaborazioni relative alla pluviometria hanno riguardato: l'analisi per l'applicazione della distribuzione a doppia componente TCEV la stima delle curve di possibilità pluviometrica (annuali e stagionali) sia con distribuzione di Gumbel che

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 17 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

mediante la TCEV regionale al primo livello per durate inferiori e superiori all'ora; l'analisi della distribuzione spaziotemporale delle precipitazioni in eventi reali e delle piogge giornaliere.

Si sono quindi raccolte le portate massime annuali al colmo, registrate nelle 72 stazioni del Servizio Idrografico interne ed esterne alla Regione Toscana, per tutti gli anni disponibili. Inoltre per alcune stazioni di cui erano disponibili le precipitazioni ad alta risoluzione temporale sono stati acquisiti gli idrogrammi di portata significativi. Le principali elaborazioni relative all'idrometria hanno riguardato l'adattamento della distribuzione di Gumbel alle singole serie storiche di portata al colmo, l'adattamento della distribuzione TCEV al primo livello in sei zone del territorio regionale.

Il reticolo idrografico digitalizzato alla scala 1:25.000 costituisce la base informativa della procedura di regionalizzazione che prevede, per ciascun asta del reticolo, la caratterizzazione del bacino a monte e la valutazione della portata al colmo per i diversi tempi di ritorno. A tal fine il reticolo è stato gerarchizzato secondo Strahler e sono stati ricavati i principali parametri geomorfologici.

Le stazioni di misura delle precipitazioni con strumento registratore hanno una densità media di circa 1 stazione ogni 75 kmq; la risoluzione spaziale è pertanto dell'ordine di 8.5 Km. La densità sale a circa 1 stazione ogni 40 kmq se si considerano anche le stazioni con pluviometro semplice.

L'uso del suolo e le caratteristiche litologiche dei suoli sono state acquisite con una risoluzione di 400 m da dati in scala 1:250.000. Il modello di piena adottato è stato tarato su una serie di 66 eventi significativi relativi a 16 bacini della Toscana per i quali sono stati acquisiti o elaborati gli idrogrammi delle piogge ragguagliate e le relative portate defluenti. Il modello di trasferimento adottato è quello dell'idrogramma unitario di tipo G (n, k) introdotto da Nash (1959) e caratterizzato dal parametro di forma n e da quello di scala k. Il modello idrologico ALTO viene costantemente aggiornato in termini di linee segnalatrici di possibilità pluviometrica e rappresenta un riferimento riconosciuto a scala regionale.

#### 4.5 PGRA - Risultati riferiti all'ambito in esame

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico (su una base cartografica costituita dalle tavolette IGM in scala 1:25.000), nel quale sono riportate le sezioni di studio considerate nelle modellazioni dello studio PGRA (dati messi a disposizione dall'autorità di bacino distrettuale tramite il link <http://www.adbarno.it/opendata/>), oltre al tracciato del metanodotto in progetto (indicato mediante una linea in rosso).

La sezione più prossima a quella di attraversamento risulta essere quella denominata "AR1030" (indicata in giallo), la quale è localizzata circa 200m a valle e pertanto altamente rappresentativa per le valutazioni specifiche.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 18 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

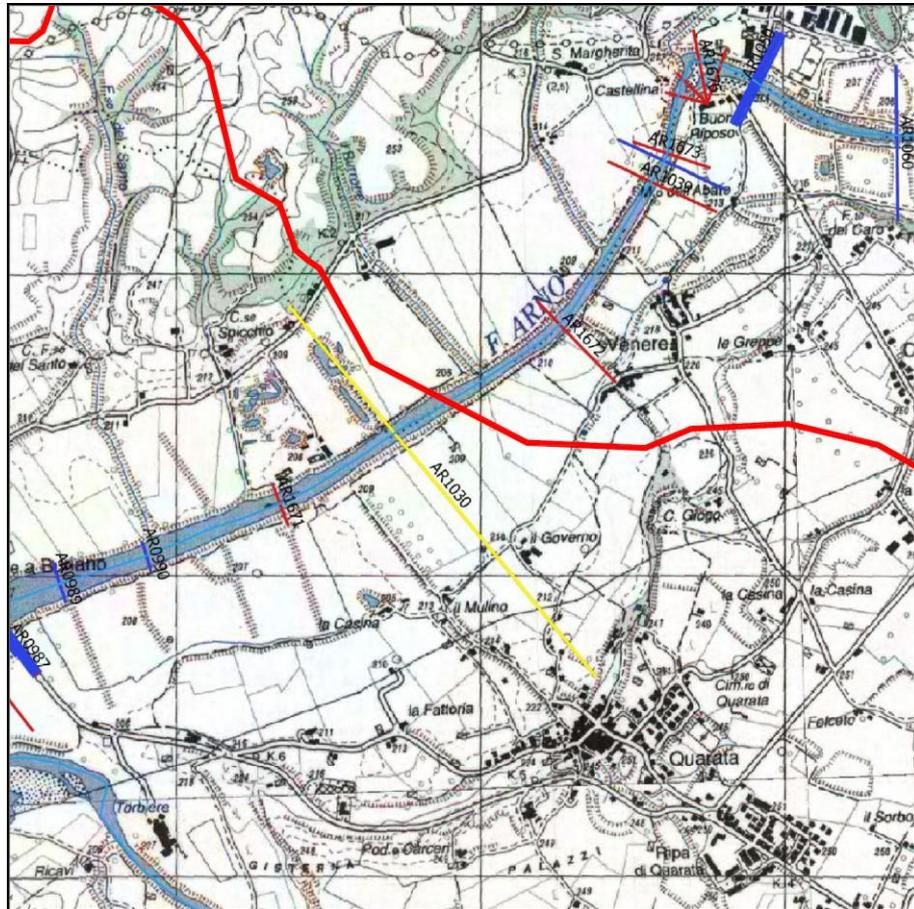


Fig.4.5/A: Stralcio planimetrico, con ubicazione Sez. modellazioni PGRA

Pertanto interrogando, mediante software GIS, gli attributi per la sezione di riferimento (AR1030) si ottengono i valori di portata al colmo di piena riportati nella tabella seguente.

Tab.4.5/B: Portate al colmo di piena / Sez. 1030 (a 185.496 km dalla foce)

Corso d'acqua / Sezione Studio	Sez. Riferimento	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=30anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=100anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=200anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=500anni)
F Arno - Sez. di studio	1030	1037.2	1386.6	1610.6	1868.5

	<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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 19 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

#### 4.6 Portata di progetto

Ai fini delle valutazioni idrauliche, di cui al capitolo seguente, si assume come portata di progetto quella associata ad un tempo di ritorno (TR) pari a 200 anni, riportata in grassetto nella tabella seguente.

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

		Sup. Bacino	<b>Qprogetto</b>	<b>qmax</b>
<b>Sezione Idrologica</b>		(kmq)	(mc/s)	(mc/s×kmq)
F.Arno	Sez. di studio (Attrav Met. DN 750)	877	<b>1610.6</b>	1.84

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 20 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

## 5 VALUTAZIONI DI CARATTERE IDRAULICO

### 5.1 Premessa

Lo studio idraulico, in generale, è finalizzato ad analizzare gli effetti di uno o più eventi di piena in determinati ambiti di studio, al fine di valutare le eventuali aree di esondazione, nonché individuare le grandezze idrodinamiche che caratterizzano i deflussi delle piene considerate.

A tal proposito qui di seguito si riportano prima sinteticamente i risultati (per l'area in esame) degli studi sviluppati nell'ambito della redazione del PGRA, in considerazione di uno schema di calcolo in moto vario e quasi-bidimensionale.

Successivamente si riportano i risultati dello studio idraulico specificatamente eseguito su un tronco d'alveo idraulicamente significativo a cavallo della sezione di attraversamento del metanodotto, in considerazione dell'evento di piena duecentennale. Si specifica che detto studio, essendo stato sviluppato in considerazione di uno schema di calcolo in moto permanente e monodimensionale, costituisce un approccio semplificato nei confronti delle modellazioni sviluppate dal distretto idrografico, ma tuttavia risulta comunque utile per individuare delle informazioni inerenti i parametri di deflusso necessari per la valutazione dei fenomeni erosivi di fondo alveo.

Si evidenzia, tuttavia, che l'individuazione dei fenomeni erosivi di fondo alveo assume, nel caso specifico, una valutazione prettamente conoscitiva (e non necessaria dal punto di vista progettuale). Ciò in quanto (come meglio specificato nel seguito) l'attraversamento in esame verrà eseguito in trivellazione, in considerazione di profondità di posa molto elevate (comunque superiori ai 10m, nei confronti del fondo alveo) e pertanto ben oltre ad ogni ragionevole possibilità di erosione di fondo alveo del corso d'acqua.

### 5.2 PGRA - Cenni sui risultati della modellazione idraulica

#### 5.2.1 Generalità

Il distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, nell'ambito della redazione del Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), per la definizione della mappatura delle aree allagabili per eventi fluviali nel bacino dell'Arno ha impiegato un criterio di tipo modellistico lungo l'asta principale dell'Arno e suoi affluenti primari, utilizzando le metodologie già collaudate nel PAI dell'ex Autorità di bacino dell'Arno.

Il metodo su cui si è basata la modellazione e con il quale sono state realizzate le mappature, può essere sintetizzato attraverso le seguenti fasi.

1. individuazione e caratterizzazione dell'ambito fisico oggetto;
2. analisi idrologica;
3. modellazione idraulica;
4. perimetrazione delle aree inondabili.

In particolare per quanto riguarda il punto 3), la modellazione in alveo e nelle aree inondabili è stato adottato in genere uno schema di calcolo in moto vario quasi-bidimensionale, con l'individuazione di aree di potenziale esondazione (APE) collegate con il corso d'acqua e tra loro tramite sfioratori. Il perimetro delle APE, le relative curve di invaso e le caratteristiche geometriche degli sfioratori sono state ricavate dall'analisi del territorio, anche tramite dati LIDAR. In questo contesto è stata scartata l'applicazione, se

	<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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 21 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

non in casi circoscritti o per tratti di corsi d'acqua ridotti, di uno schema di moto vario bidimensionale in quanto l'applicazione di un modello bidimensionale su aree di ampia estensione presenta margini di incertezza maggiori, oltre a necessitare di un centro di calcolo di notevole potenza. Il trasferimento dei volumi di esondazione, sia dall'alveo alle celle di accumulo, sia tra le stesse celle avviene tramite soglie sfioranti assimilabili a stramazzi in parete grossa, con possibilità di funzionamento bidirezionale, in condizioni di deflusso libero oppure rigurgitato in funzione dei livelli a monte e a valle dello stramazzo. Per le ipotesi suddette, il fenomeno dell'allagamento di ciascuna area avviene in modo sincrono, cioè non viene messo in conto il tempo effettivo connesso alla reale propagazione sul terreno dei volumi esondati.

L'approssimazione adottata è tanto più accettabile quanto maggiore è il numero di celle in cui vengono suddivise le aree complessivamente soggette a esondazione. La simulazione del fenomeno di esondazione si basa, come precedentemente richiamato, sulle ipotesi che i volumi idrici di inondazione si generano esclusivamente per tracimazione delle sommità arginali del corso d'acqua. Non sono dunque considerati altri fenomeni quali, ad esempio, il collasso delle strutture arginali o fenomeni di rigurgito diversi. Si assume inoltre che il fenomeno dell'allagamento di ciascuna area avvenga in modo sincrono. Per buona parte delle aree allagabili individuate mediante modellazione sono disponibili i battenti idraulici attesi.

#### 5.2.2 Risultati riferiti all'ambito in esame

Gli studi effettuati dal Distretto idrografico sono stati utilizzati per la definizione della mappatura delle aree allagabili per eventi fluviali lungo l'asta fluviale del fiume Arno e dei principali affluenti primari.

A tal proposito, nella figura seguente è riportato un stralcio planimetrico, in 1:25.000 (estratto dalle tavolette IGM), del tronco d'alveo a cavallo dell'ambito di attraversamento del tracciato del metanodotto in progetto (indicato tramite una linea in rosso), con le perimetrazioni delle aree di esondazione degli eventi di piena considerati (Tr=30, 200 e 500 anni).



PROGETTISTA TechnipFMC

COMMESSA  
NR/17143

CODICE TECNICO

LOCALITA'  
REGIONE TOSCANA

RE-CIV-003

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

Fg. 22 di 87

Rev.  
0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

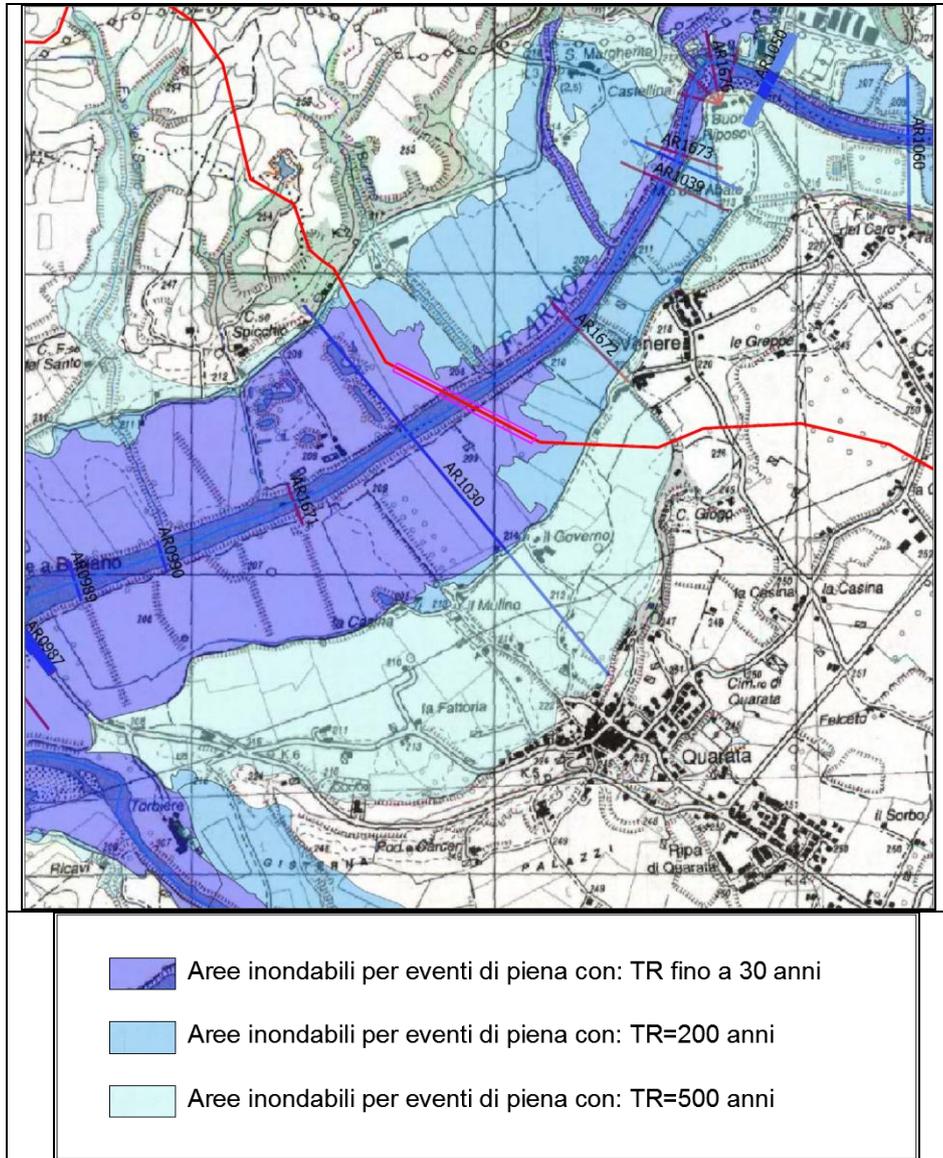


Fig.5.2/A: PGRA - Stralcio planimetrico, con aree inondabili

Mentre i livelli idrometrici valutati per la sezione più prossima a quella di attraversamento (AR 1030) sono sintetizzati nella tabella seguente.

Tab.5.2/A: Livelli idrometrici di piena / Sez. 1030

Corso d'acqua / Sezione Studio	Sez. Riferimento	Livello Idrometrico con Q-30anni (m)	Livello Idrometrico con Q-200anni (m)	Livello Idrometrico con Q-500anni (m)
F Arno - Sez. di studio	1030	206.35	207.82	208.52

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 23 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

Quindi dall'esame della Fig.5.2/A, si rileva che, in corrispondenza dell'ambito di attraversamento, la sezione d'alveo del fiume Arno non risulta in grado di contenere le piene con tempi di ritorno fino a 30 anni, ne' tantomeno le piene duecentennali e cinquecentennali.

### 5.3 Studio Idraulico in moto permanente

#### 5.3.1 Premessa e metodologia di calcolo

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

Nello specifico è stato sviluppato uno studio idraulico in moto permanente al fine di valutare alcuni parametri di deflusso necessari per la stima dei fenomeni erosivi in alveo (di cui al capitolo seguente) e quindi per assegnare la copertura minima della condotta in subalveo, per la sua posa in sicurezza.

Le elaborazioni sono state effettuate considerando l'evento di piena corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 200 anni, in un tronco d'alveo idraulicamente significativo a cavallo delle sezioni d'attraversamento da parte del metanodotto in progetto.

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

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

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

#### 5.3.2 Assetto geometrico e modellazione idraulica

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 2km.

La definizione topografica della configurazione d'alveo per il tronco idraulico di studio è stata eseguita avvalendosi delle sezioni gentilmente fornite dal Distretto Idrografico. Le stesse sono state ampliate alle golene ed integrate avvalendosi dei dati geometrici derivanti dai DTM ricavati tramite voli Lidar con risoluzione 2x2 (*Fonte dei dati: Regione Toscana – "Rilievi Lidar"* e scaricati dal portale "Geoscopio - Regione Toscana"). 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 estratto dai CTR regionali, nel quale l'asta del fiume 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 959 (RS50) coincide con la sezione di monte del tronco idraulico; la sezione 956 (RS10) rappresenta quella di valle.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 24 di 87	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

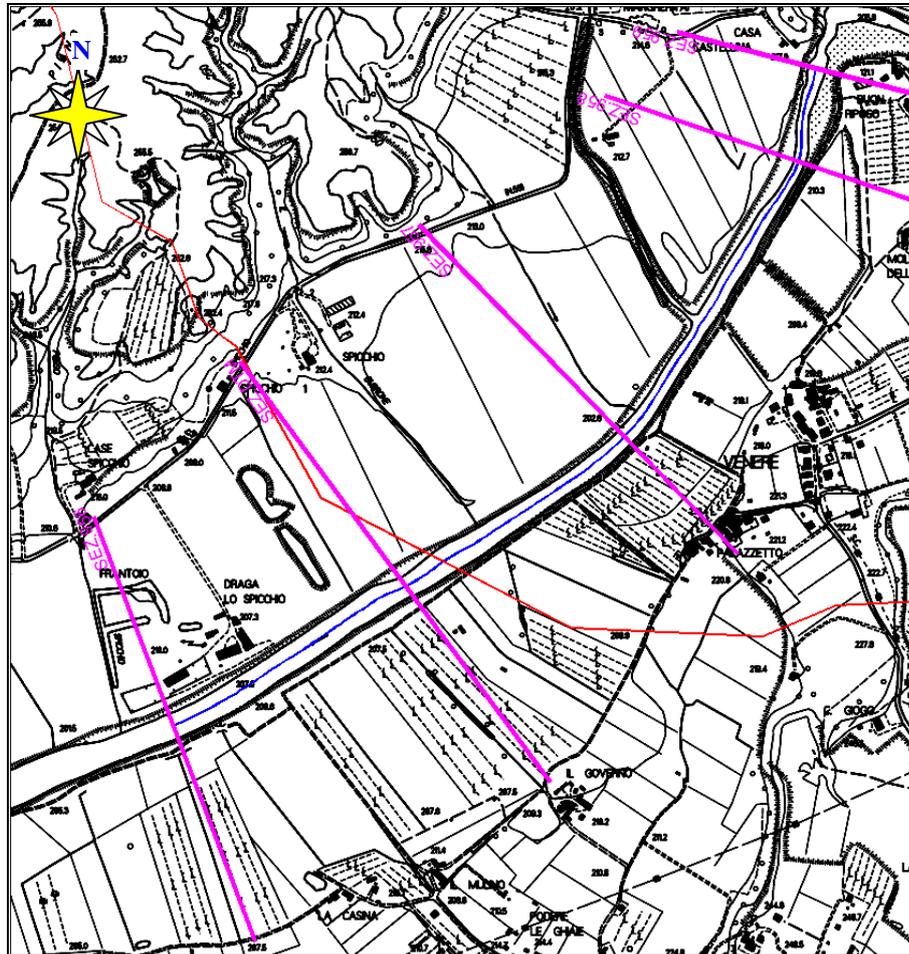


Fig.5.3/A: Stralcio CTR, con tronco d'alveo analizzato e sezioni iniziali di input

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

Tab.5.3/A

SEZIONE IDRAULICA (River Station)	SEZIONE DEL RILIEVO	PROGRESSIVA (m)	DISTANZA dalla Sez. succ. (m)	DESCRIZIONE
RS50	Sez.959	0.00	195.99	Sezione di monte
RS40	Sez.958	195.99	669.42	
RS30	Sez.957	865.41	542.62	
RS20	Sez.DTM	1408.03	555.48	
RS10	Sez.956	1963.51	0.00	Sezione di valle

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

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 25 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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

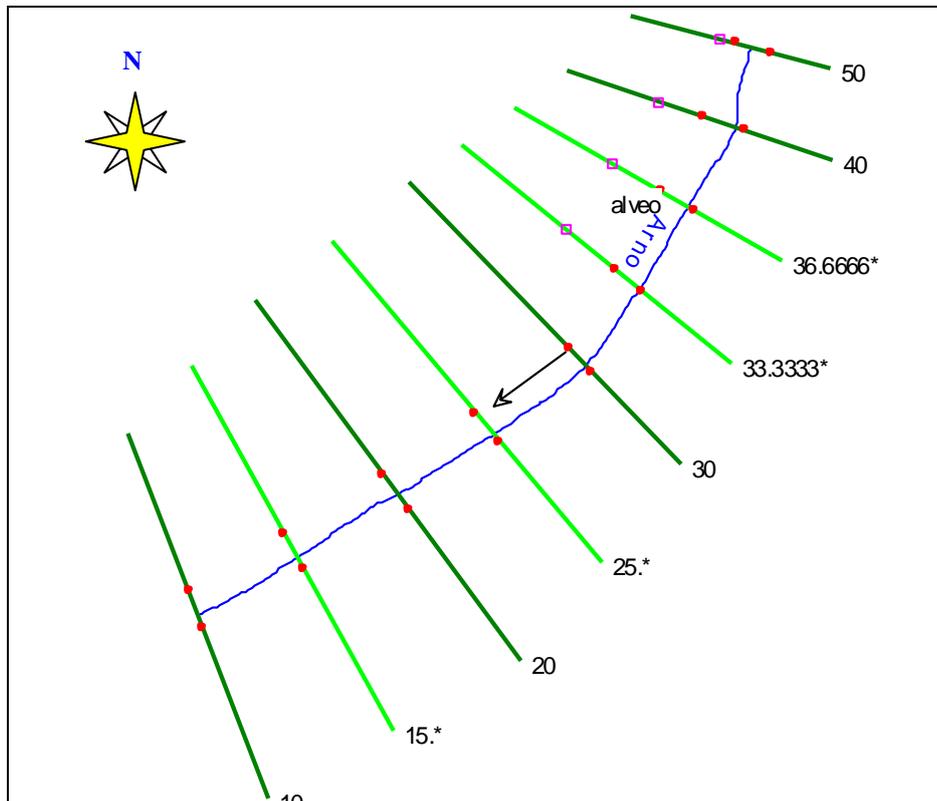


Fig.5.3/B: Modellazione geometrica in Hec Ras (RS50 a monte e RS10 a valle)

### 5.3.3 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:

- $Q_{200}=1\ 610.6\ mc/s$

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

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

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

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

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 26 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

#### 5.3.4 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.

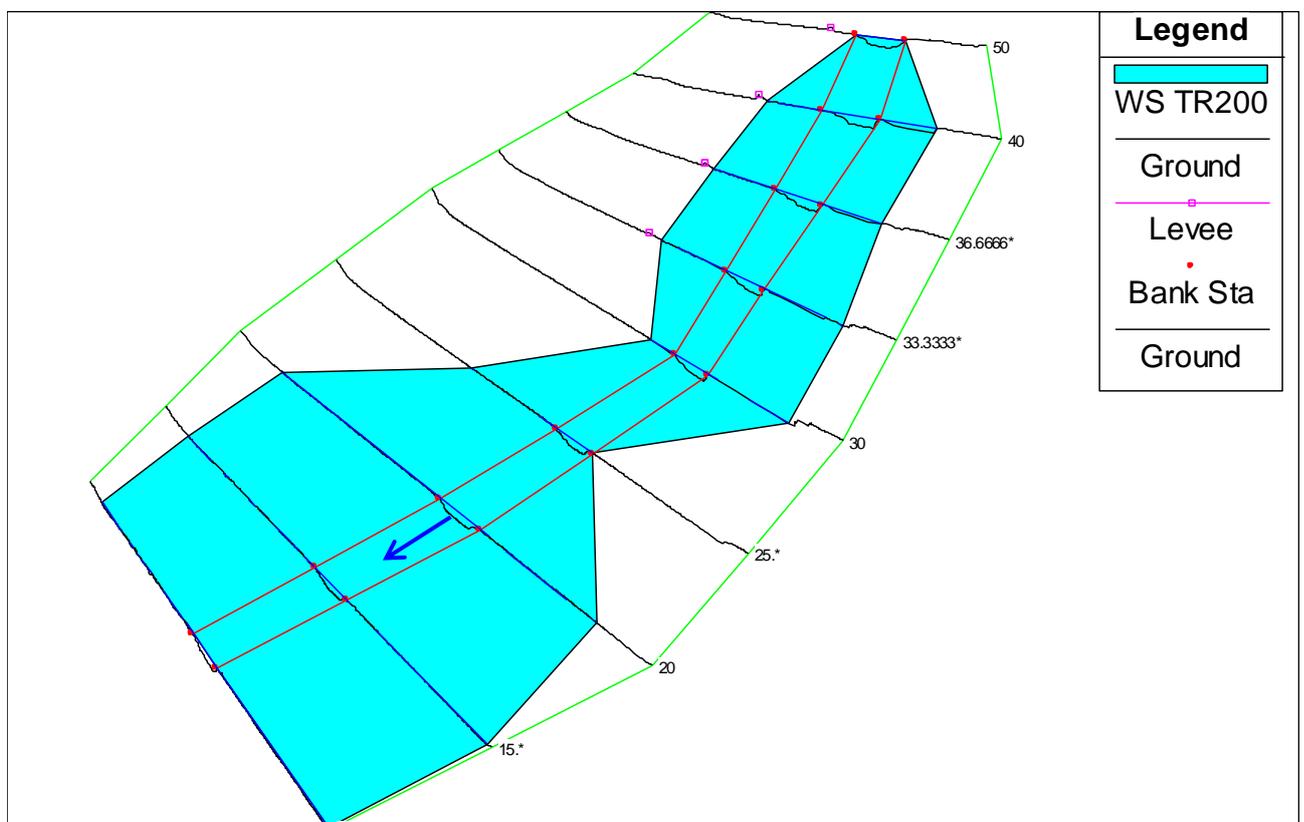


Fig.5.3/C: Schermata di Output del programma – visione prospettica (RS50: monte /RS10: valle)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 27 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

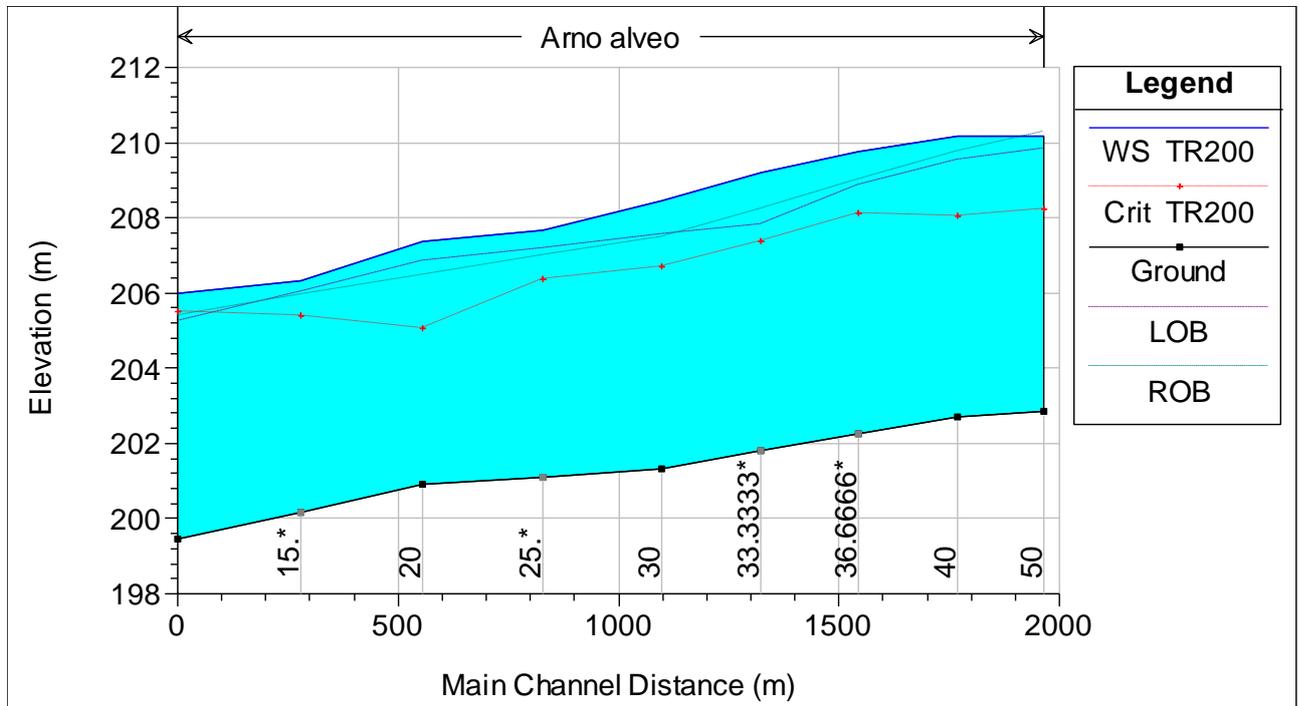


Fig.5.3/D: Schermata di Output del programma – Profilo longitudinale

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

Tab.5.3/B: 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
50	1610.6	202.86	210.17	208.24	210.91	0.002204	3.83	421.12	86	4.93	104.09	0.55
40	1610.6	202.71	210.17	208.04	210.46	0.00121	2.67	775.33	285.07	4.52	52.11	0.40
36.6666*	1610.6	202.25	209.74	208.11	210.16	0.001456	3.05	700.69	328.43	4.81	66.81	0.44
33.3333*	1610.6	201.83	209.18	207.35	209.77	0.001837	3.55	593.34	327.71	5.08	88.75	0.50
30	1610.6	201.32	208.46	206.7	209.29	0.002375	4.04	429.46	242.99	5.22	115.08	0.56
25.*	1610.6	201.11	207.67	206.36	208.55	0.003086	4.16	397.85	136.46	4.34	128.51	0.64
20	1610.6	200.9	207.38	205.05	207.86	0.001537	3.14	693.9	710.7	4.79	70.66	0.46
15.*	1610.6	200.17	206.33	205.41	207.19	0.003656	4.18	496.19	650.26	3.81	134.72	0.68
10	1610.6	199.44	205.98	205.51	206.35	0.001803	3.09	956.11	766.37	4.17	71.81	0.48

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;

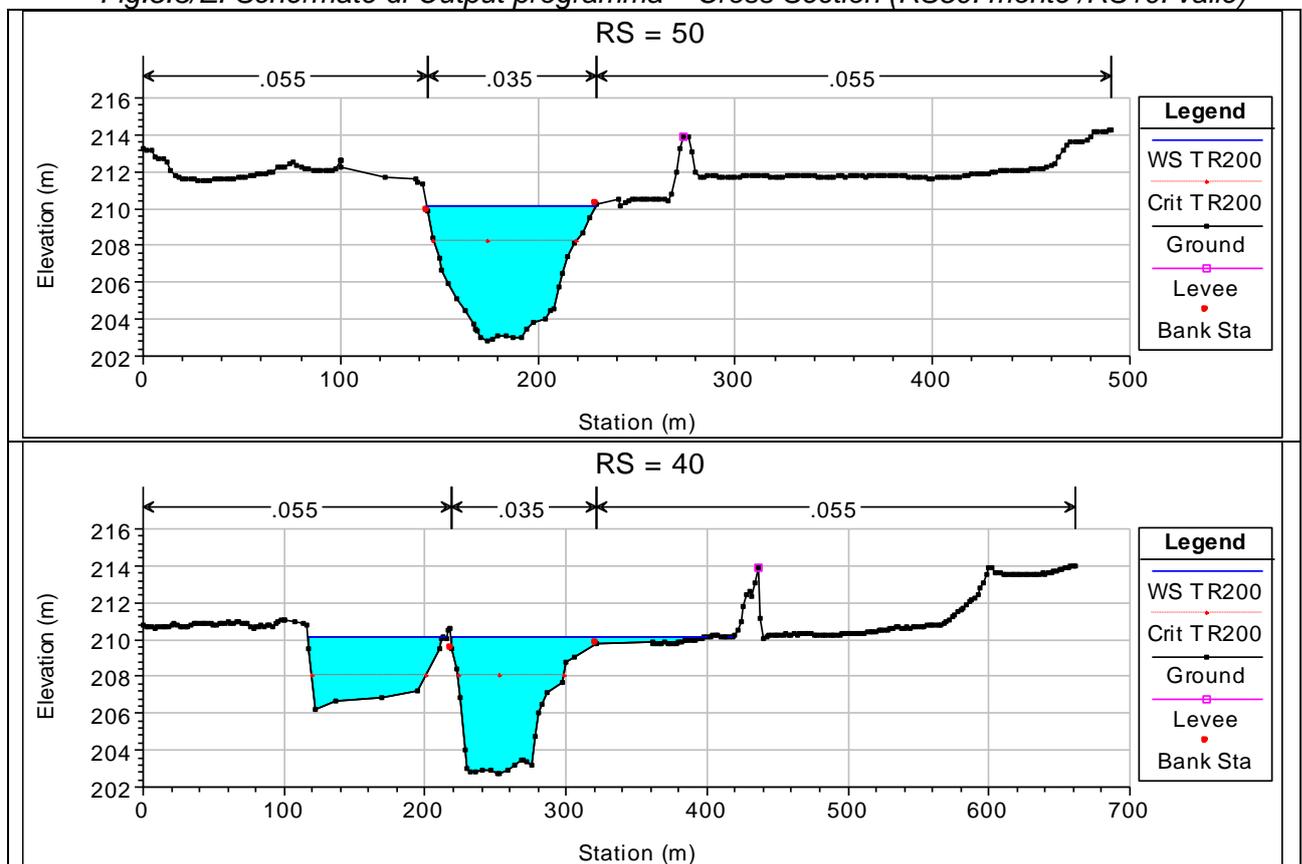
	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 28 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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;

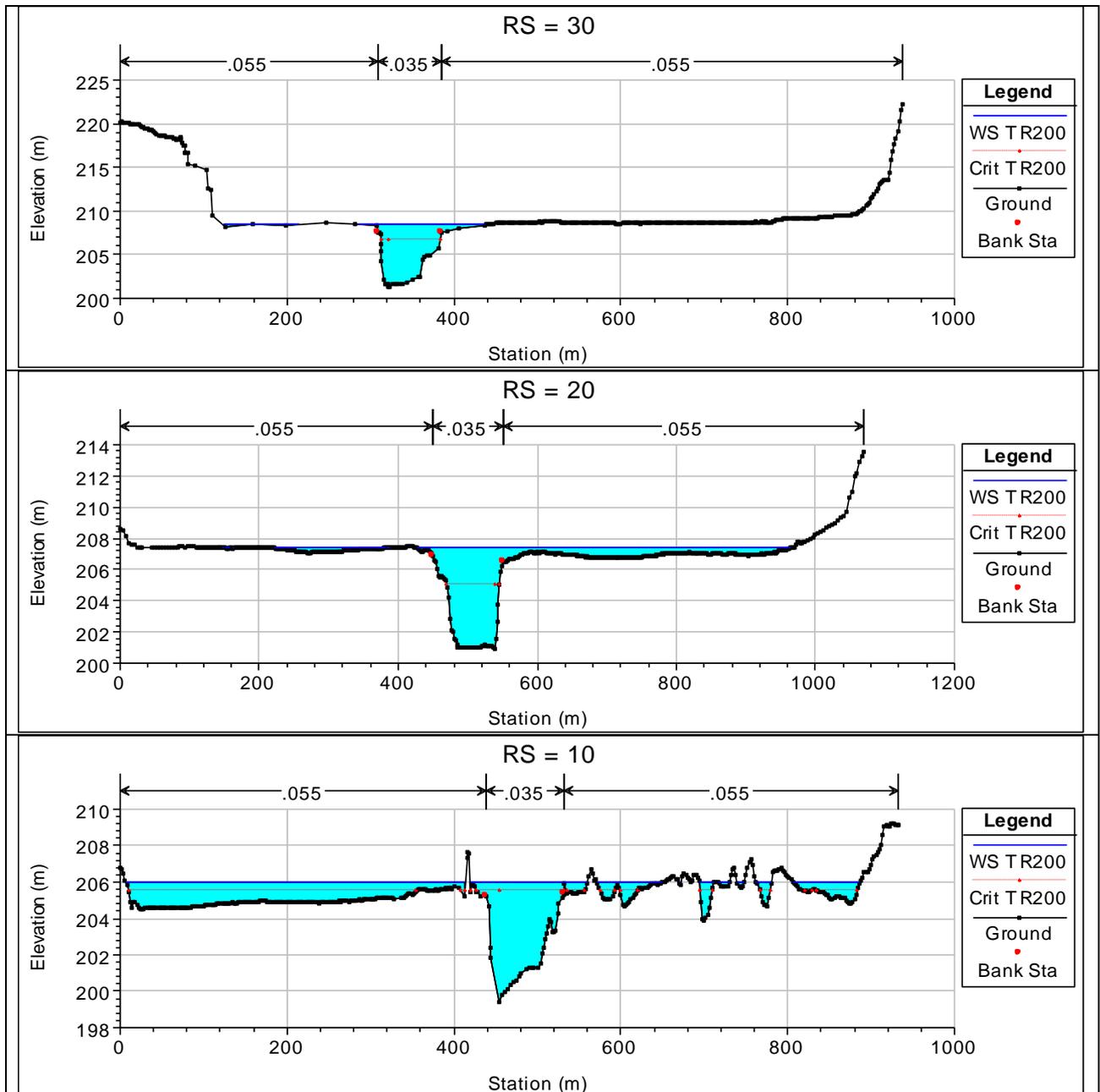
Inoltre nella figura seguente si riportano le schermate di output delle varie sezioni principali di calcolo (Cross Section) considerate nell'elaborazione di calcolo.

Fig.5.3/E: Schermate di Output programma – Cross Section (RS50: monte /RS10: valle)



	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 29 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038



### 5.3.5 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 non risulta in grado di contenere la portata di progetto. In particolare nel tratto di valle, le esondazioni interessano porzioni areali molto estese, sia nel lato in sinistra che in quello in destra idrografica.

	<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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 30 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

Le velocità di deflusso in alveo della corrente risultano generalmente comprese nel range 3÷4 m/s. Il deflusso si mantiene sempre nelle condizioni di corrente lenta ( $FR < 1$ ).

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> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 31 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

## 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> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 32 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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>1</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>2</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>1</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>2</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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 33 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

### 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>3</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>4</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>3</sup> Si veda la sintesi di questi lavori in Graf W.H., "Hydraulics of sediment transport"; McGraw-Hill, U.S.A.; 1971.

<sup>4</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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 34 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

### 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/B del capitolo precedente; mentre i valori riportati in blu sono stati valutati in considerazione degli algoritmi descritti nel paragrafo precedente.

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

River Station	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)	Hydr Depth C (m)	Portata specifica (m <sup>3</sup> /s m)	Carico totale (m)	Approfond. Localizzati (m)	Arature di fondo (m)
50	1610.6	3.83	86	4.93	18.73	5.68	2.53	2.47
40	1610.6	2.67	285.07	4.52	5.65	4.88	1.75	2.26
36.6666*	1610.6	3.05	328.43	4.81	4.90	5.28	1.73	2.41
33.3333*	1610.6	3.55	327.71	5.08	4.91	5.72	1.79	2.54
30	1610.6	4.04	242.99	5.22	6.63	6.05	2.02	2.61
25.*	1610.6	4.16	136.46	4.34	11.80	5.22	2.26	2.17
20	1610.6	3.14	710.7	4.79	2.27	5.29	1.37	2.40
15.*	1610.6	4.18	650.26	3.81	2.48	4.70	1.34	1.91
10	1610.6	3.09	766.37	4.17	2.10	4.66	1.27	2.09

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/B del capitolo precedente; mentre i valori riportati in blu sono stati valutati in considerazione degli algoritmi descritti nel paragrafo precedente.

	<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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 35 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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

River Station	Shear Chan (N/m2)	Diametro limite clasti trasportati (m)
50	104.09	0.12
40	52.11	0.06
36.6666*	66.81	0.08
33.3333*	88.75	0.10
30	115.08	0.14
25.*	128.51	0.15
20	70.66	0.08
15.*	134.72	0.16
10	71.81	0.08

#### 6.4 Considerazione sui risultati conseguiti

Sulla base delle valutazioni di cui al paragrafo precedente si evince che, relativamente al tronco d'alveo analizzato (nel quale ricade l'attraversamento da parte del metanodotto in progetto), le massimi erosioni attese al fondo alveo si attestano intorno a valori dell'ordine dei **2.0÷2.5 m**.

La corrente, nel tratto di attraversamento in esame, inoltre risulta potenzialmente in grado di movimentare clasti del diametro dell'ordine dei 0.15 m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 36 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

## 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, in considerazione della configurazione dell'alveo (incisa, con sponde molto alte e pendenti), delle caratteristiche idrologiche del corso d'acqua e dell'assetto litostratigrafico dell'ambito in esame.

Pertanto il sistema operativo (in trenchless) è stato individuato al fine di salvaguardare l'ambito d'alveo e le aree golenali prossime all'alveo stesso, dalle operazioni di scavo.

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.

### 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 534 metri circa (di cui 470m circa relativamente al tratto curvilineo e complessivamente circa 64m per i due tratti rettilinei);
- diametro interno del microtunnel: min. 2000m;
- raggio di curvatura del tratto curvilineo pari a 2000 m;
- copertura minima della generatrice superiore del tunnel dalle quote di fondo dell'alveo attivo: di circa 15 metri;

	<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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 37 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

- 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 ciglio di sponda in sinistra idrografica di circa 220m (misurata lungo lo sviluppo della trivellazione);
- postazione di arrivo (di recupero): in destra idrografica del fiume (lato valle senso gas). Distanza dal ciglio di sponda in sinistra idrografica di circa 230m (misurata lungo lo sviluppo della trivellazione);

Tale configurazione di progetto consente di realizzare il tunnel ad adeguate profondità sia nei confronti del fondo alveo, che dai manufatti esistenti in superficie; 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> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 38 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

## 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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 39 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 40 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 41 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

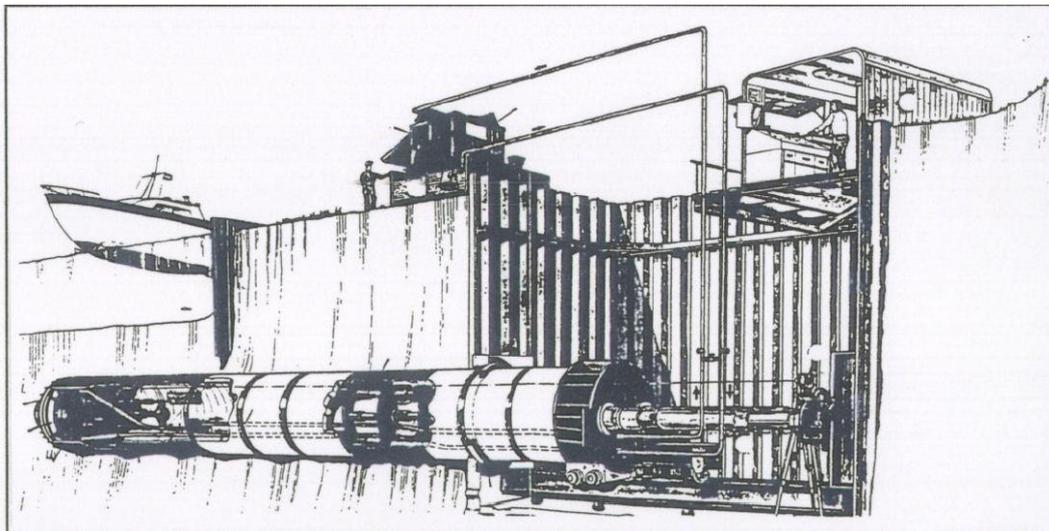
Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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.

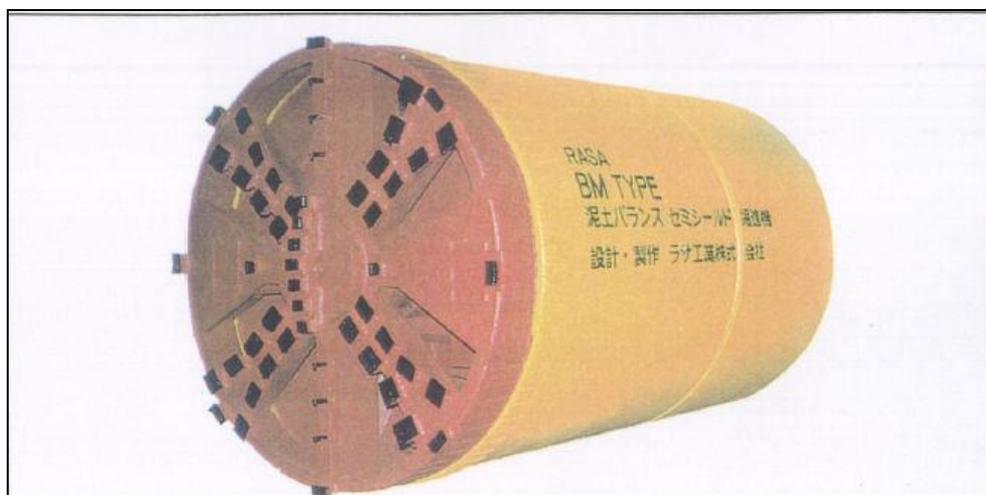
#### Esecuzione della trivellazione

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 seguente 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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 42 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

### 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> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 43 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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 centine 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> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 44 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 45 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 46 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

## 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>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 47 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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'esondazione 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>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 48 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 49 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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 sopresse 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 Arno) ricade nelle pertinenze territoriali dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

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.

Il PGRA sostituisce a tutti gli effetti, con una nuova cartografia e nuove norme, i PAI (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico) riguardanti gli ambiti a pericolosità e rischio idraulico, redatti dalle ex Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali che attualmente sono ricomprese nelle pertinenze dell'Autorità di Bacino Distrettuale.

Conseguentemente il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), redatto dal distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, costituisce l'unico strumento di riferimento pianificatorio e normativo per la gestione del rischio di alluvioni e il governo del territorio nel bacino del fiume Arno.

### 9.2.2 PGRA del Distretto Appennino Settentrionale

#### Generalità

In data 17 dicembre 2015, con Deliberazioni del Comitato Istituzionale Integrato n. 231 e n. 232, era stato adottato il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni per il Bacino del fiume Arno, con le relative misure di salvaguardia.

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale è stato approvato definitivamente, ai sensi dell'art. 4 comma 3 del D.Lgs. 219/2010, con deliberazione n. 235 del 3 marzo 2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Arno, integrato dai rappresentanti delle Regioni del Distretto non già rappresentate nel medesimo. Sulle aree interessate da pericolosità da

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 50 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

alluvione trovano applicazione le misure di salvaguardia approvate con deliberazione del medesimo Comitato Istituzionale Integrato n. 232 del 17 dicembre 2015.

Con la pubblicazione in gazzetta ufficiale n.28 del 3 febbraio 2017 è stato approvato il DPCM del 27 ottobre 2016 per l'approvazione del Piano di gestione del rischio di Alluvioni del Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale.

Il PGRA dell'Arno supera, dunque, il PAI sia dal punto di vista cartografico che dal punto di vista della disciplina della pericolosità da alluvioni, introducendo una nuova Disciplina di piano con allegati orientata alla gestione del rischio e alla responsabilizzazione degli enti locali in tale gestione, alla tutela e salvaguardia della naturalità dei corsi d'acqua.

In sostanza, con l'adozione definitiva del PGRA le norme di PAI del bacino dell'Arno continuano a mantenere la loro operatività rispetto alla pericolosità idraulica esclusivamente per quanto non espressamente in contrasto con la Disciplina dello stesso PGRA. Il PAI mantiene integralmente i propri contenuti e le proprie norme d'uso per quanto riguarda la pericolosità da processi geomorfologici di versante e da frana nel territorio del bacino dell'Arno.

Il PGRA dell'Arno racchiude pertanto in sé sia la parte di regole ed indirizzi (misure di prevenzione) per una gestione del territorio orientata a mitigare e gestire i rischi con particolare riguardo al patrimonio esistente, sia gli interventi (misure di protezione) da attuare per mitigare gli effetti delle alluvioni sugli elementi esposti al rischio. La Disciplina di Piano include inoltre le modalità con cui si preservano e si integrano le aree destinate alla realizzazione degli interventi. Infine il PGRA introduce, con la definizione delle aree di contesto fluviale e delle aree con particolare predisposizione al verificarsi di fenomeni tipo flash flood, particolari indirizzi per il governo del territorio tesi anche questi alla mitigazione degli effetti al suolo.

Le misure di prevenzione (Disciplina di Piano) e quelle di protezione (interventi) contribuiscono al raggiungimento degli obiettivi generali stabiliti alla scala dell'intero distretto dell'Appennino settentrionale. Nel PGRA dell'Arno tali obiettivi sono declinati in dettaglio nelle varie porzioni del bacino (aree omogenee). Al raggiungimento degli obiettivi concorrono anche le misure di preparazione (azioni di protezione civile quali il sistema di allertamento, il servizio di piena, i piani di Protezione civile, etc.) che sono di competenza delle Regioni e del Dipartimento nazionale di Protezione civile. Tali misure sono individuate a scala regionale e sono consultabili nella cosiddetta parte B del PGRA, redatta dalla Regione Toscana e dalla Regione Umbria, ognuna per la parte di competenza del bacino.

#### PGRA - Criteri per la definizione della mappatura della pericolosità fluviale

Il reticolo di riferimento da cui ha preso spunto la mappatura delle aree interessate dalle alluvioni fluviali corrisponde con quello precedentemente definito nel PAI dell'ex Autorità di Bacino dell'Arno.

La definizione delle aree allagabili per eventi fluviali nel bacino dell'Arno è stata realizzata utilizzando le metodologie già collaudate nel PAI, ed ovvero il criterio storico-inventariale/geomorfologico e il criterio modellistico. Attraverso sia la verifica, che l'aggiornamento dei dati derivanti dal PAI e quindi l'ulteriore elaborazione di nuove aree (vedi ad esempio l'area dell'Ombrore pistoiese e l'area fiorentina), sono state ottenute le mappe di pericolosità secondo i requisiti richiesti.

In particolare per le alluvioni fluviali, le modalità di analisi, hanno condotto alla perimetrazione di aree allagabili distinte in base a:

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 51 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

- criterio di tipo modellistico (asta principale dell'Arno e suoi affluenti primari);
- criterio di tipo storico-inventariale e geomorfologico (aree afferenti al reticolo minore e/o porzioni di aste in cui l'applicazione del criterio modellistico non era possibile in funzione della morfometria fluviale e/o della carenza di informazioni di base).

Le aree allagabili suddette sono pertanto coerenti con quelle del PAI dell'Arno. Differiscono naturalmente nelle modalità di rappresentazione in quanto il PAI prevede una pericolosità secondo quattro diverse classi, mentre la direttiva "alluvioni" richiede una rappresentazione in tre classi basata sulla frequenza di accadimento.

Infatti, poiché la direttiva richiede, per ciò che concerne la pericolosità, l'individuazione di tre scenari di riferimento (alta, media e bassa probabilità di inondazione), uno dei primi problemi affrontati è stato quello di individuare i possibili scenari senza perdere la coerenza tecnica con il PAI. Infatti il PAI dell'Arno prevede per la pericolosità quattro scenari di frequenza (30, 100, 200 e oltre 200 anni), a cui si sovrappongono indicazioni in merito al battente atteso (superiore od inferiore a 30 centimetri) per gli scenari più frequenti (30 e 100 anni di tempo di ritorno).

Gli scenari prescelti, fisicamente più rispondenti alle caratteristiche del bacino, sono pertanto quelli relativi a:

- alluvioni frequenti (elevata probabilità di accadimento): tempo di ritorno fino a 30 anni;
- alluvioni poco frequenti (media probabilità di accadimento): tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni;
- alluvioni rare (bassa probabilità di accadimento): tempo di ritorno superiore a 200 anni.

La mappa di pericolosità fluviale alla scala dell'intero bacino dell'Arno fa pertanto riferimento alle classi sopra riportate.

Per l'individuazione delle aree a pericolosità attraverso modellazione si è proceduto in tre diverse maniere:

- sperimentazione nel bacino pilota (Ombrone Pistoiese, circa 490 kmq) e definizione delle aree allagabili direttamente secondo i criteri della direttiva;
- verifica della correttezza delle perimetrazioni del PAI svolte con criterio modellistico nelle restanti porzioni del bacino ed adeguamento secondo le tre classi di pericolosità della direttiva;
- ulteriore approfondimento modellistico per le aree del bacino in cui è risultato necessario; da questo è scaturita la modellazione ex-novo e conseguente perimetrazione di tutto il tratto dell'Arno e dei suoi affluenti nella pianura fiorentina, la modellazione del torrente Greve, del fiume Sieve nel tratto a valle della diga di Bilancino, oltre ad ulteriori dettagli sempre modellistici in tratti più o meno importanti del reticolo principale del bacino.

Il metodo su cui si è basata la modellazione con la quale sono state realizzate le mappe, può essere sintetizzato attraverso le seguenti fasi.

1. individuazione e caratterizzazione dell'ambito fisico oggetto di studio (comprende i criteri per la definizione del reticolo idrografico oggetto di analisi, nonché la predisposizione del quadro conoscitivo necessario alle elaborazioni successive);
2. analisi idrologica (finalizzata alla determinazione degli eventi di piena, caratterizzati dall'andamento temporale della portata per assegnata frequenza per ciascuna sezione significativa del tronco fluviale considerato; la metodologia di valutazione degli idrogrammi

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 52 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

- di piena, omogenea per tutti i corsi d'acqua modellati, si basa essenzialmente sulla regionalizzazione delle portate di piena);
3. modellazione idraulica in alveo e nelle aree inondate (la determinazione per ciascuna sezione, dei livelli idrici associati agli eventi di piena definiti nella fase precedente nonché, in caso di insufficiente capacità di smaltimento, la stima dei volumi d'acqua tracimati);
  4. perimetrazione delle aree inondabili (comprende le attività inerenti la delimitazione delle aree inondate in forma automatica).

Con il punto 1) sono stati definiti i corsi d'acqua oggetto di analisi e i bacini afferenti e sono stati acquisiti e valutati gli studi esistenti sulla perimetrazione delle aree a pericolosità e rischio idraulico disponibili. Sono stati quindi raccolti e valutati i dati, specialmente per quanto attiene al rilievo delle sezioni trasversali, e l'individuazione dei tronchi su quali è possibile procedere all'indagine numerica. Sono state quindi valutate le necessità di integrazione dei dati suddetti. Per l'individuazione dei tratti oggetto di modellazione si è prestato particolare attenzione alle zone di pianura, alle aree di irrigazione e bonifica. Si è quindi proceduto alla caratterizzazione geometrica dei tronchi di interesse mediante l'analisi e la validazione delle sezioni trasversali e l'attribuzione dei coefficienti di scabrezza.

Per quanto riguarda il punto 2) l'analisi idrologica, che consiste, per tutte le sezioni di interesse del reticolo idrografico considerato, nel generare gli idrogrammi di piena per assegnati tempi di ritorno, si è basata sul codice di calcolo ALTO (ALluvioni in TOscana), sviluppato nel 1997 dall'Università di Firenze e costantemente aggiornato. La descrizione di dettaglio del modello di calcolo è riportato nell'ambito del par.4.4 della presente relazione.

Per quanto riguarda i punti 3) e 4), per la modellazione in alveo e nelle aree inondabili è stato adottato in genere uno schema di calcolo in moto vario quasi-bidimensionale, con l'individuazione di aree di potenziale esondazione (APE) collegate con il corso d'acqua e tra loro tramite sfioratori. Il perimetro delle APE, le relative curve di invaso e le caratteristiche geometriche degli sfioratori sono state ricavate dall'analisi del territorio, anche tramite dati LIDAR. In questo contesto è stata scartata l'applicazione, se non in casi circoscritti o per tratti di corsi d'acqua ridotti, di uno schema di moto vario bidimensionale in quanto l'applicazione di un modello bidimensionale su aree di ampia estensione presenta margini di incertezza maggiori, oltre a necessitare di un centro di calcolo di notevole potenza. Il trasferimento dei volumi di esondazione, sia dall'alveo alle celle di accumulo, sia tra le stesse celle avviene tramite soglie sfioranti assimilabili a stramazzi in parete grossa, con possibilità di funzionamento bidirezionale, in condizioni di deflusso libero oppure rigurgitato in funzione dei livelli a monte e a valle dello stramazzo. Per le ipotesi suddette, il fenomeno dell'allagamento di ciascuna area avviene in modo sincrono, cioè non viene messo in conto il tempo effettivo connesso alla reale propagazione sul terreno dei volumi esondati.

L'approssimazione adottata è tanto più accettabile quanto maggiore è il numero di celle in cui vengono suddivise le aree complessivamente soggette a esondazione. La simulazione del fenomeno di esondazione si basa, come precedentemente richiamato, sulle ipotesi che i volumi idrici di inondazione si generano esclusivamente per tracimazione delle sommità arginali del corso d'acqua. Non sono dunque considerati altri fenomeni quali, ad esempio, il collasso delle strutture arginali o fenomeni di rigurgito diversi. Si assume inoltre che il fenomeno dell'allagamento di ciascuna area avvenga in modo sincrono. Per

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 53 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

buona parte delle aree allagabili individuate mediante modellazione sono disponibili i battenti idraulici attesi.

Per tutte le aree che sono state perimetrare nel PGRA con il criterio modellistico secondo lo schema suddetto si è provveduto ad elaborare le perimetrazioni al fine di ottenere le fasce di pericolosità secondo le tre classi e gli scenari di frequenza della direttiva precedentemente richiamati.

### PGRA - Disciplina di Piano - Cenni

Nell'ambito dell'art.1 della Disciplina di Piano sono riportate le finalità del PGRA. In particolare nel comma 4 si cita quanto qui di seguito riportato.

*In coerenza con le finalità generali della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo n. 49/2010, il PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone persegue i seguenti obiettivi generali che sono stati definiti alla scala del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale:*

#### 1. Obiettivi per la salute umana

- a) riduzione del rischio per la vita delle persone e la salute umana;
- b) mitigazione dei danni ai sistemi che assicurano la sussistenza e l'operatività delle strutture strategiche.

#### 2. Obiettivi per l'ambiente

- a) riduzione del rischio per le aree protette derivante dagli effetti negativi dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali;
- b) mitigazione degli effetti negativi per lo stato ambientale dei corpi idrici dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali, con riguardo al raggiungimento degli obiettivi ambientali di cui alla direttiva 2000/60/CE.

#### 3. Obiettivi per il patrimonio culturale

- a) Riduzione del rischio per il patrimonio culturale, costituito dai beni culturali, storici ed architettonici esistenti;
- b) mitigazione dei possibili danni dovuti ad eventi alluvionali sul sistema del paesaggio.

#### 4. Obiettivi per le attività economiche

- a) mitigazione dei danni alla rete infrastrutturale primaria;
- b) mitigazione dei danni al sistema economico e produttivo pubblico e privato;
- c) mitigazione dei danni alle proprietà immobiliari;
- d) mitigazione dei danni ai sistemi che consentono il mantenimento delle attività economiche.

Le norme di disciplina degli interventi nelle aree a Pericolosità da alluvione fluviale sono riportate nell'ambito del Capo II - Sezione I della Disciplina di piano.

In particolare, per quanto riguarda le aree a pericolosità da alluvione elevate (P3), nell'art.7, comma 4 si riporta:

*Le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P3.*

Per quanto riguarda le aree a pericolosità da alluvione media (P2), nell'art.9, comma 3 si riporta:

*Le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P2.*

Per quanto riguarda le aree a pericolosità da alluvione bassa (P1), nell'art.11, comma 3 si riporta:

	<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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 54 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

*La Regione disciplina le condizione di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P1.*

### 9.2.3 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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 55 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

### 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 aree inondabili del corso d'acqua stesso (riportate mediante campiture semi-trasparenti di varia colorazione).

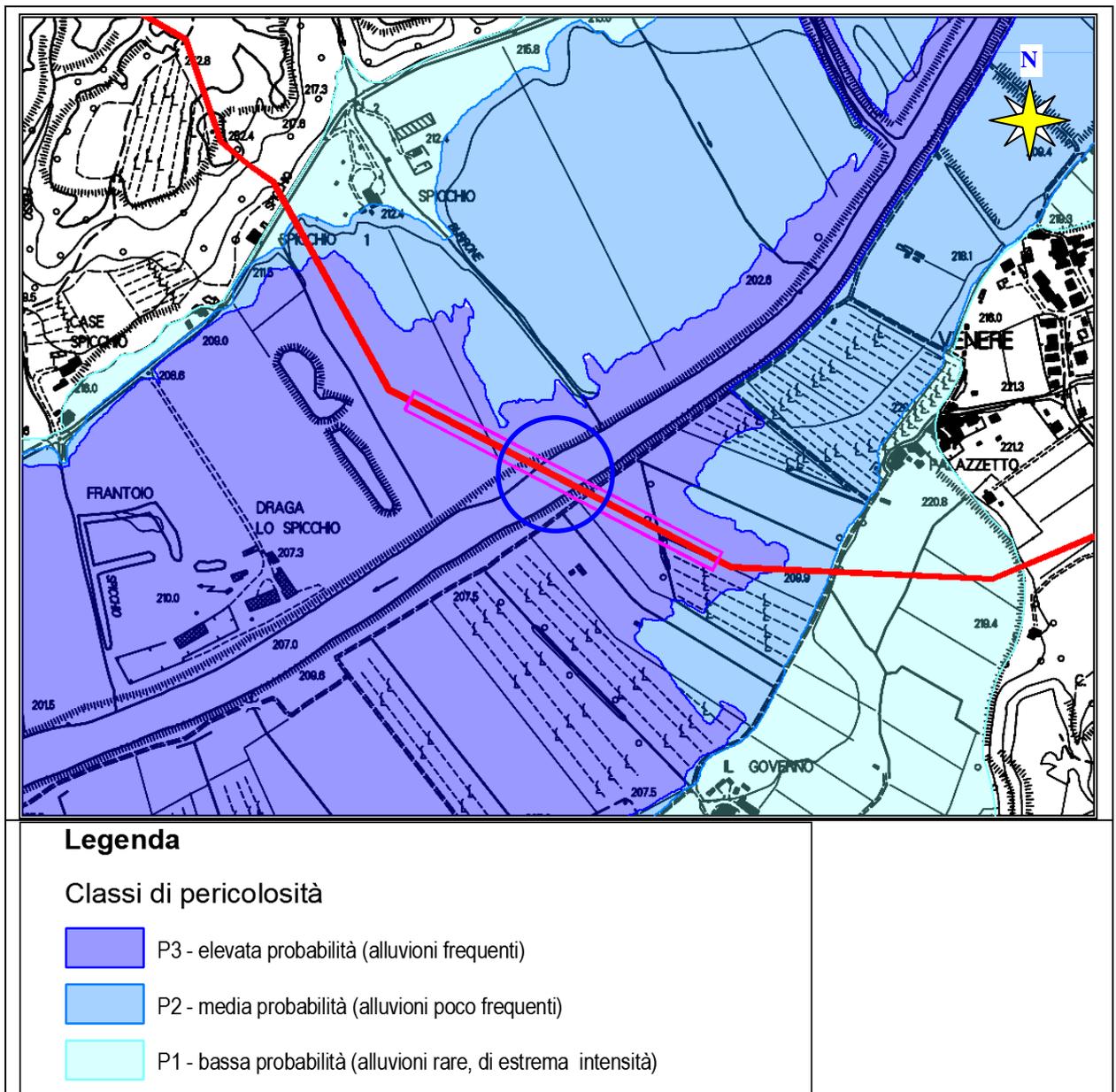


Fig.9.3/A: Interferenze tra metanodotto in progetto con le aree inondabili del corso d'acqua

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 56 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

Dall'analisi della figura precedente si rileva che il metanodotto in progetto in corrispondenza dell'ambito in esame interferisce, per un'ampia fascia, con aree censite a pericolosità da alluvione ai sensi del PGRA.

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

Mentre fuori dall'ambito di trivellazione, dove la condotta in progetto verrà posizionata mediante la tradizionale tecnica degli scavi a cielo aperto, la linea stessa continua ad interferire per tratti di lunghezza significativa con aree inondabili localizzate sia in sinistra che in destra idrografica del corso d'acqua.

#### 9.4 Analisi delle condizioni di compatibilità idraulica

##### Considerazioni di carattere generale

Il metanodotto in progetto rappresenta un'infrastruttura lineare (di interesse pubblico) di trasporto del gas, che risulta tra le tipologie d'intervento per le quali, ai sensi della L.R. n. 41/2018, è consentito l'interferenza con le aree a pericolosità per alluvioni (frequenti o poco frequenti), a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio.

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

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.

##### Considerazioni specifiche

In precedenza è stato evidenziato che una parte significativa della regione fluviale (comprendente l'alveo del corso d'acqua e le fasce d'inondazione adiacenti all'alveo stesso) verrà attraversata in trivellazione ad elevate profondità di posa. Pertanto

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 57 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

relativamente a quest'ambito, 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>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 58 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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.

Inoltre, relativamente ai tratti di percorrenza della regione fluviale ricadenti esternamente alla trivellazione (dove il metanodotto verrà posizionato mediante scavi a cielo aperto) si evidenzia quanto segue.

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

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

L'intervento prevede il completo interrimento della tubazione e l'integrale ripristino morfologico e vegetazionale delle aree interessate dai lavori.

La profondità di interrimento per i tratti di percorrenza esterni alla trivellazione e ricadenti in aree a pericolosità elevata (P3) e media (P2), è prevista di almeno 2,5 m nei confronti del piano campagna. Ciò per le ragioni esplicitate nel paragrafo seguente.

La profondità di interrimento per i tratti di percorrenza di aree a pericolosità bassa (P1) è prevista di almeno 1,5 m (salvo eventuali segmenti a copertura ulteriormente maggiorata).

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

Alla luce di quanto sopra affermato si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti alle metodologie costruttive ed alla configurazione geometrica della condotta nell'ambito in esame, l'intervento in progetto:

- non introduca alcun elemento di ostacolo al libero deflusso e dunque non determini alcuna alterazione del regime attuale di deflusso delle acque;
- non determini l'inserimento di elementi di riduzione della capacità di laminazione e di invaso in corrispondenza delle aree potenzialmente inondabili dalle piene del corso d'acqua;
- non comporti l'alterazione delle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale;
- non determini alcun aggravio delle condizioni di rischio nell'area (non è previsto l'incremento del carico insediativo), né tantomeno provochi degli aggravii delle condizioni di rischio per le aree esterne a quella d'intervento;
- non costituisca degli impedimenti alla realizzazione di interventi di attenuazione e/o eliminazione delle condizioni di rischio nell'ambito fluviale in esame.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 59 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

In conclusione si ritiene quindi che l'opera in progetto sia congruente con le misure di prevenzione e prevenzione stabilite nella Disciplina di piano del PGRA, nonché COMPATIBILE con le disposizioni stabilite nella L.R. n.41/2018 della Regione Toscana

## 9.5 Interferenza con Piano Rischio Idraulico (PRI) e Verifica compatibilità

### 9.5.1 Premessa

Il "Piano Rischio Idraulico" (PRI), ovvero Piano Stralcio per la Riduzione del Rischio Idraulico nel bacino dell'Arno, è lo strumento del Piano di Bacino per la valutazione del rischio alluvionale sull'asta dell'Arno e dei principali affluenti, e per l'individuazione delle strategie di intervento per la sua mitigazione.

In tal senso l'ex Autorità di bacino dell'Arno ha previsto l'esecuzione di alcuni *interventi non strutturali* mirano alla riduzione del danno ed alla limitazione d'uso delle aree vulnerabili, e altri *interventi strutturali* che consistono nella realizzazione di interventi fisici che mirano a ridurre le portate e/o ad incrementare le capacità di smaltimento e laminazione delle stesse.

Tra le tipologie di interventi strutturali quella maggiormente significativa è rappresentata dalla previsione di realizzazione di *serbatoi di laminazione* o in *casce di espansione*, con lo scopo di ridurre la portata tramite l'immagazzinamento temporaneo di parte del volume dell'onda di piena.

In tal senso, nell'ambito del PRI, sono state individuate e censite delle aree idonee per la realizzazione delle casce di espansione, sia in corrispondenza dell'asta dell'Arno, che dei suoi principali affluenti.

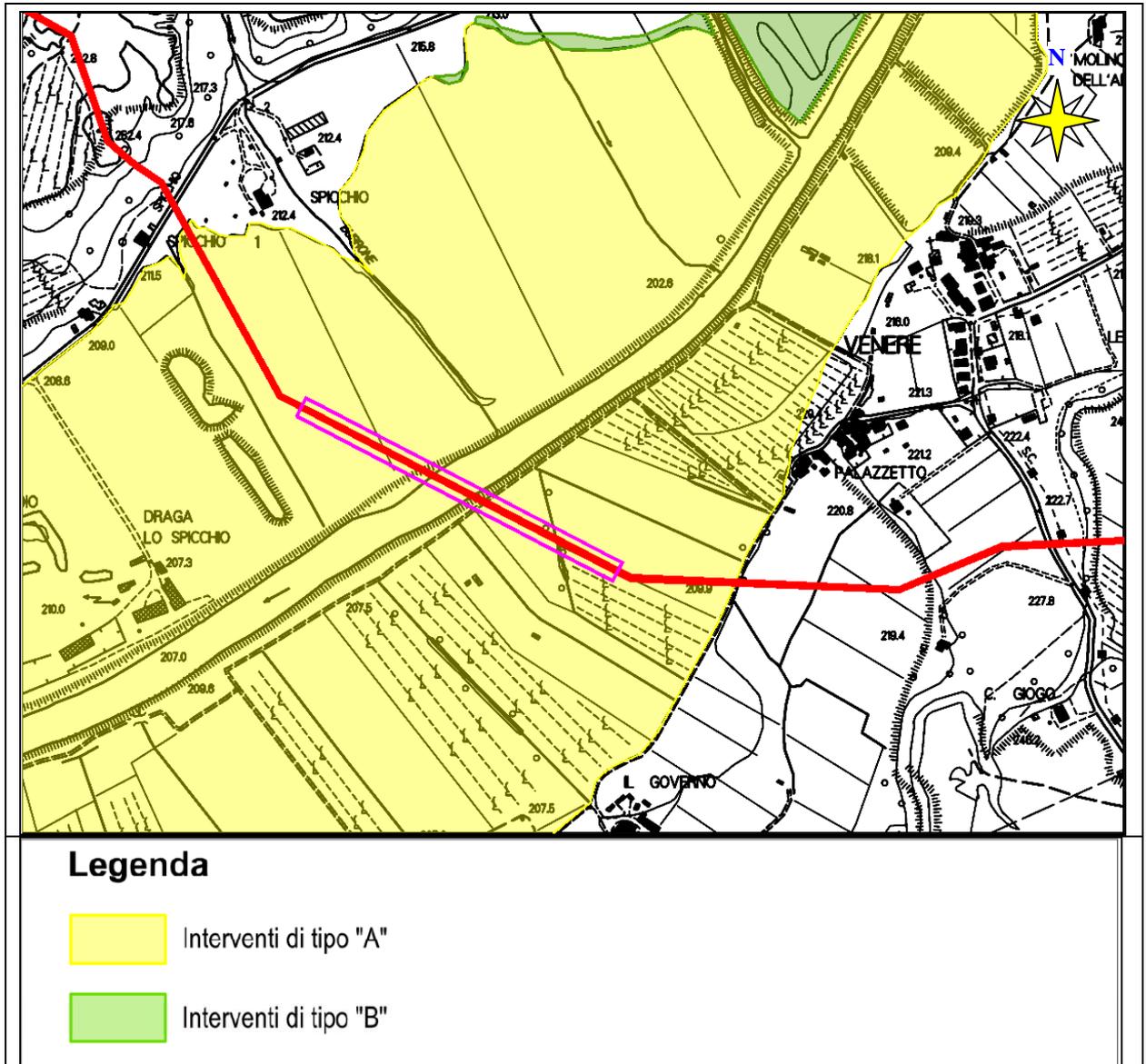
Inoltre le stesse aree sono state classificate in relazione alla potenziale fattibilità degli interventi. Ossia gli interventi sono stati classificati come di tipo "A", se sostanzialmente privi di problematiche; di tipo "B", per i quali si sono evidenziate problematiche tali da richiedere una preventiva verifica di fattibilità prima di procedere alla progettazione.

### 9.5.2 Interferenze con le aree censite nel PRI

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico in scala 1:10.000, dal quale si può individuare le interferenze, in prossimità dell'ambito di attraversamento del corso d'acqua, tra il metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in colore rosso) con le aree censite nel PRI.

	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 60 di 87	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038



*Fig.9.5/A: Interferenze tra metanodotto in progetto con le aree censite nel PRI*

Dall'analisi della figura precedente si rileva che, in prossimità dell'ambito di attraversamento dell'Arno, il metanodotto in progetto interferisce, per un tratto dello sviluppo di circa 1km, con delle aree censite per interventi di tipo "A".

Difatti dette aree sono state individuate come potenzialmente idonee per l'esecuzione di n.2 casse di espansione (una sinistra ed una in destra idrografica dell'alveo dell'Arno), denominate di Ponte Buriano, da realizzare in ampliamento dell'invaso Enel (di La Penna) già esistente nel tratto più a valle.

A tal proposito, al fine di avere un quadro conoscitivo adeguato, si è eseguita una indagine presso il Genio Civile Valdarno Superiore, al fine di verificare l'eventuale presenza di un progetto delle casse di espansione nell'area. Il genio civile, tuttavia, ci ha

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 61 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

comunicato che, ad oggi e sulla base delle loro informazioni, non risulta presente alcun progetto di intervento inerente le aree in questione.

Detto Intervento nella tabella "area omogenea 1 Appenninica" della Relazione del PGRA è indicato come misura di protezione Codice P002-M32, con stato di attuazione *planning on going*. Tuttavia nella stessa Relazione di piano, a pag.97, si cita che: Il rialzamento della diga di La Penna è un intervento che, sebbene potenzialmente importante, presenta difficoltà sia progettuali che ambientali oltre che paesaggistiche. Pertanto la sua effettiva realizzabilità sarà approfondita nelle fasi di revisione del PGRA anche considerando gli elevati costi stimati a fronte dei benefici attesi.

In tal senso l'intervento non risulta tra quelli inseriti nell'elenco del Repertorio Nazionale degli interventi per la Difesa del Suolo (ReNDIS).

Ad ogni buon conto qui di seguito si analizzano le condizioni di compatibilità del metanodotto con le aree censite nel PRI.

### 9.5.3 Verifica delle condizioni di compatibilità

Nell'ambito del testo coordinato delle norme, la Norma di Piano che disciplina le aree di tipo "A", è la n.2, nel quale viene stabilito il vincolo di non edificabilità assoluta.

Detta norma, inoltre, prevede espressamente che sono consentite gli interventi di ampliamento o di ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico riferite a servizi essenziali, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico parimenti essenziali, purché non concorrano ad incrementare il rischio idraulico e non precludano la possibilità di attuare gli interventi previsti dal piano, previa concertazione tra enti ed Autorità di Bacino.

A tal proposito si vuole evidenziare che l'opera in esame è di interesse pubblico, che la stessa risulta completamente interrata e non prevede (nel tratto in esame) la realizzazione di manufatti fuori terra e dunque non determina incrementi del rischio idraulico nell'area.

In aggiunta si vuole sottolineare che una parte significativa dell'ambito d'interferenza in esame (comprendente in particolare l'alveo del corso d'acqua) verrà sub-attraversata in trivellazione (il cui sviluppo è indicato nella figura precedente tramite una sagoma rettangolare in magenta), in considerazione di profondità di posa molto elevate, sia nei confronti dell'alveo, che del piano campagna.

Nei tratti esterni alla trivellazione e ricadenti nelle aree censite del PRI, la posa è prevista mediante degli scavi a cielo aperto. In detti tratti, a scopo precauzionale, si prevede la posa del metanodotto con copertura maggiorata (ossia di 2.5m nei confronti del piano campagna).

Alla luce di quanto sopra affermato si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti alle metodologie costruttive ed alla configurazione geometrica della condotta nell'ambito in esame non determinano alcun incremento dei livelli di pericolosità e rischi idraulici e possano essere ritenute non in contrasto con le misure di protezione (interventi) individuate nel Piano e che pertanto risultino congruenti con il Piano stesso.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 62 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

## 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 attraversa l'alveo del fiume ARNO in un ambito di confine tra i territori comunali di Capolona (AR) e di Arezzo, nei pressi della località Venere.

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.

La geometria della trivellazione è stata configurata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo della condotta, assicurando adeguate profondità al di sotto dell'alveo e dei manufatti a terra e rispettando allo stesso tempo, i raggi di curvatura minimi consentiti alla tubazione ed alla trivellazione stessa. 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 gli ambiti censiti a pericolosità da alluvione ai sensi del PGRA, si è rilevato che in corrispondenza dell'ambito di attraversamento fluviale in esame il metanodotto in progetto interferisce con delle aree a pericolosità alluvioni bassa (P1), con delle aree a pericolosità alluvioni media (P2) e con delle aree a pericolosità alluvioni elevata (P3). Queste ultime localizzate prevalentemente in prossimità dell'alveo del corso d'acqua.

In tal senso, nel presente studio di compatibilità, è stato evidenziato che l'intervento in progetto non determina alcuna modifica significativa allo stato dei luoghi, non implica trasformazioni del territorio e/o cambiamenti circa l'uso del suolo e pertanto non introducono alterazioni al regime attuale di deflusso delle acque e/o riduzioni della capacità di invaso e di laminazione del corso d'acqua. L'intervento, inoltre, non determina alcun aggravio delle condizioni di 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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 63 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

Pertanto si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti allo specifico ambito in esame possano essere ritenute non in contrasto con le misure di prevenzione stabilite nella Disciplina di piano e con quelle di protezione individuate nel PGRA, nonché possano essere ritenute COMPATIBILI con le disposizioni stabilite nella L.R. n.41/2018 della Regione Toscana.



	<b>PROGETTISTA</b>  <b>TechnipFMC</b>	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 65 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

													
<b>Redattore</b> <i>Dott. Geol. Marco Andolina</i>	<b>Oggetto</b> MET. SANSEPOLCRO-TERRANUOVA BRACCIOLINI Campagna geognostica		<b>Ordine n°</b> IP1078IP01	Pag. 2/2									
<b>Operatore</b> <i>Pasquale Patti</i>	<b>Attrezzatura</b> Piezometro da 3" a tubo aperto		<b>Quota Bocca Foro s.l.m.:</b> -----	<b>Coordinate X Y</b> X:----- Y:-----									
<b>Tipo di perforazione:</b> Carotaggio continuo a rotaz. idraulica Tipo sonda: CMV 800	<b>SONDAGGIO S 25</b>		<b>Profondità raggiunta</b> 25,00 m.	<b>Inizio/Fine - Esecuzione</b> 28/02/20 - 29/02/20									
<b>Scala (mt.)</b>	<b>Litologia</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Quota</b>	<b>RQD %</b>	<b>%Carotaggio</b> 20 40 60 80 100	<b>Quota Tubo acquifero</b>	<b>S.P.T.</b>	<b>Prelievo Campioni</b>	<b>Corona Carotatore</b>	<b>Pocket Penetrometro Kg/Cm²</b>	<b>Scissometro Tasabile N/Cm²</b>	<b>Strum. Geotecnica piez. Tubo aperto</b>	
21		Argilla di colore grigio, mediamente consistente, con incluse poche concrezioni biancastre. Da 9,00 m. a 10,00 m. livello di argilla sabbiosa con ghiaia millimetrica. Da 11,00 m. a tratti presenza di limo-sabbioso da poco a mediamente consistente.							W/CS				
22											4,5	4,00	
23												2,0	4,00
24												3,0	6,00
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
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° 5</b>				<b>Redattore</b>						

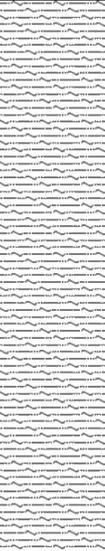
	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 66 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

												
<b>Dott. Geol. Marco Andolina</b>		<b>Oggetto MET. SANSEPOLCRO-TERRANUOVA BRACCIOLINI</b> Campagna geognostica		<b>Ordine n°</b> IP1078IP01								
<b>Operatore</b> Pasquale Patti		<b>Attrezzatura</b>		<b>Quota Bocca Foro s.l.m.:</b> 207,00 m.								
<b>Tipo di perforazione:</b> Carotaggio continuo a rotaz. idraulica		<b>SONDAGGIO S 26</b>		<b>Coordinate X Y</b> X: 727634,85- Y:4821363.38								
<b>Tipo sonda:</b> CMV 800		<b>Profondità raggiunta</b> 30,00 m.		<b>Inizio/Fine - Esecuzione</b> 24/02/20 - 25/02/20								
<b>Scala (mt.)</b>	<b>Litologia</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Quota</b>	<b>RQD %</b>	<b>%Carotaggio</b>	<b>Quota falda acquifera</b>	<b>S.P.T.</b>	<b>Prelievo Campioni</b>	<b>Corona Carotiere</b>	<b>Probetta Penetrometro Kg/Cm<sup>2</sup></b>	<b>Scissometro Tascabile N/Cm<sup>2</sup></b>	<b>Stram. Geotecnica</b>
1		Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore marrone chiaro, molto plastica, poco consistente.								0,5	2,00	
2			2,70				n° 2; 2; 3 2,30	$\frac{2,00}{S26C11}$ 2,30	W/CS	0,5	2,00	
3		Ghiaia fine con ciottoli centimetrici poligenici, immersi in matrice limo-sabbiosa di colore marrone, poco addensata	4,30			3,10						
4		Argilla limosa di colore nerastro (torba), plastica poco consistente	4,80							0,5	2,00	
5												
6							n° 1; 1; 2 6,65	$\frac{6,30}{S26C12}$ 6,65	W/CS	1,0	2,00	
7										2,0	5,00	
8										2,0	6,00	
9										2,5	9,00	
10										2,5	10,00	
11							n° 3; 6; 7 10,50	$\frac{10,00}{S26C13}$ 10,50	W/CS			
12		Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore grigio scuro, con concrezioni biancastre, da poco consistente a mediamente consistente										
13												
14												
15												
16												
17									W/CS			
18												
19												
20												
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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 67 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

												
<b>Redattore</b> <i>Dott. Geol. Marco Andolina</i>	<b>Oggetto</b> MET. SANSEPOLCRO-TERRANUOVA BRACCIOLINI Campagna geognostica	<b>Ordine n°</b> IP1078IP01	<b>Pag.</b> 2/2									
<b>Operatore</b> <i>Pasquale Patti</i>	<b>Attrezzatura</b> -----	<b>Quota Bocca Foro s.l.m.:</b> 207,00 m.	<b>Coordinate X Y</b> X: 727634,85- Y:4821363.38									
<b>Tipo di perforazione:</b> Carotaggio continuo a rotaz. idraulica	<b>SONDAGGIO S 26</b>	<b>Profondità raggiunta</b> 30,00 m.	<b>Inizio/Fine - Esecuzione</b> 24/02/20 - 25/02/20									
<b>Tipo sonda:</b> CMV 800												
<b>Scala (mt.)</b>	<b>Litologia</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Quota</b>	<b>RQD %</b>	<b>%Carotaggio</b>	<b>Quota falda acquifera</b>	<b>S.P.T.</b>	<b>Prelievo Campioni</b>	<b>Carotaggio</b>	<b>Pocket Penetrometer Kg/Cm<sup>2</sup></b>	<b>Scissometro Fatcabile N/Cm<sup>2</sup></b>	<b>Strum. Geotecnica</b>
21		Argilla limosa debolmente sabbiosa di colore grigio scuro, con concrezioni biancastre, da poco consistente a mediamente consistente	30,00					20,00 S26C14 20,40	W/CS			
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
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° 6</b>								<b>Redattore</b>				

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 68 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

## 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 ( $m^2$ );
- $\Lambda$ , coefficiente di attrito di Chezy ( $m^{1/2}/s$ );
- $g$ , accelerazione di gravità ( $m/s^2$ );
- $h$ , altezza del pelo libero rispetto ad un livello di riferimento orizzontale (m);

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 69 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

- $Q$ , 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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 70 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 71 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	Fg. 72 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

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

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-003</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 87</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

### 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: Arno  
Project File : Arno.prj

Project in SI units

#### PLAN DATA

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

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

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

#### Plan Summary Information:

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

#### Computational Information

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

#### Computation Options

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

#### FLOW DATA

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

#### Flow Data (m3/s)

River	Reach	RS	TR200
Arno	alveo	50	1610.6

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</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 87</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

Boundary Conditions

River	Reach	Profile	Upstream
Arno	alveo	TR200	Normal S = 0.0018
Downstream			Normal S = 0.0018

GEOMETRY DATA

Geometry Title: Arno

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

CROSS SECTION

RIVER: Arno

REACH: alveo RS: 50

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num=		214	
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	213.22	2	213.18	4	213.14
10	212.75	12	212.54	14	212.11
20	211.64	22	211.6	24	211.57
30	211.53	32	211.53	34	211.55
40	211.58	42	211.6	44	211.62
50	211.69	52	211.71	54	211.76
60	211.84	62	211.89	64	211.95
70	212.28	72	212.27	74	212.41
80	212.22	82	212.16	84	212.13
90	212.04	92	212.04	94	212.06
100.01	212.64	100.2	212.63	100.29	212.62
138.27	211.59	138.61	211.38	141.49	211.31
150.14	207.33	151.39	206.7	154.65	205.96
167.21	203.78	168.64	203.49	169.35	203.35
177.35	202.95	179.86	203.06	183.53	203.07
194.66	203.44	197.57	203.83	203.59	204.03
210.72	205.77	212.82	206.46	214.72	207.4
226.64	209.5	229.92	210.28	241.07	210.52
246	210.45	248	210.5	250	210.51
256	210.52	258	210.51	260	210.52
266	210.46	268	210.76	270	211.95
276	213.89	278	213.06	280	212.01
286	211.75	288	211.78	290	211.77
296	211.67	298	211.68	300	211.72
306	211.76	308	211.78	310	211.78
316	211.75	318	211.73	320	211.73
326	211.75	328	211.77	330	211.79
336	211.77	338	211.76	340	211.75
346	211.73	348	211.74	350	211.73
356	211.73	358	211.75	360	211.75
366	211.73	368	211.75	370	211.78
376	211.81	378	211.81	380	211.8
386	211.75	388	211.74	390	211.72
396	211.66	398	211.64	400	211.65
406	211.72	408	211.71	410	211.72
416	211.77	418	211.81	420	211.85
426	211.89	428	211.91	430	211.95
436	212.04	438	212.06	440	212.07
446	212.07	448	212.09	450	212.12
456	212.18	458	212.23	460	212.31
466	213.18	468	213.46	470	213.62
476	213.61	478	213.71	480	213.93
				482	214.13

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</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 87</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

486 214.21 488 214.2 490 214.27 490.53 214.26

Manning's n Values num= 3  
Sta n Val Sta n Val Sta n Val  
0 .055 144 .035 229.92 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
144 229.92 195.99 195.99 195.99 .1 .3  
Right Levee Station= 274 Elevation= 213.91

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	210.91	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.75	Wt. n-Val.	0.055	0.035	
W.S. Elev (m)	210.17	Reach Len. (m)	195.99	195.99	195.99
Crit W.S. (m)	208.24	Flow Area (m2)	0.09	421.03	
E.G. Slope (m/m)	0.002204	Area (m2)	0.09	421.03	
Q Total (m3/s)	1610.60	Flow (m3/s)	0.02	1610.58	
Top Width (m)	86.00	Top Width (m)	0.56	85.44	
Vel Total (m/s)	3.82	Avg. Vel. (m/s)	0.23	3.83	
Max Chl Dpth (m)	7.31	Hydr. Depth (m)	0.16	4.93	
Conv. Total (m3/s)	34310.4	Conv. (m3/s)	0.5	34309.9	
Length Wtd. (m)	195.99	Wetted Per. (m)	0.65	87.41	
Min Ch El (m)	202.86	Shear (N/m2)	3.07	104.09	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	23485.53	0.00	13118.54
Frctn Loss (m)	0.31	Cum Volume (1000 m3)	230.09	827.37	110.23
C & E Loss (m)	0.13	Cum SA (1000 m2)	318.89	180.28	294.64

CROSS SECTION

RIVER: Arno  
REACH: alveo RS: 40

INPUT

Description:

Station	Elevation	Data	num=	244					
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	210.77	2	210.73	4	210.68	6	210.65	8	210.62
10	210.68	12	210.72	14	210.73	16	210.67	18	210.71
20	210.83	22	210.86	24	210.79	26	210.73	28	210.71
30	210.68	32	210.72	34	210.79	36	210.84	38	210.85
40	210.86	42	210.87	44	210.9	46	210.89	48	210.86
50	210.8	52	210.82	54	210.91	56	210.89	58	210.92
60	210.95	62	210.92	64	210.91	66	210.95	68	210.93
70	210.88	72	210.86	74	210.84	76	210.7	78	210.63
80	210.68	82	210.7	84	210.74	86	210.73	88	210.77
90	210.77	92	210.73	94	210.87	96	210.98	98	211.02
100	211.04	100.02	211.07	108.14	210.94	113.73	210.87	116.5	210.81
117.67	209.53	121.97	206.25	137.03	206.67	169.35	206.85	194.8	207.25
210.71	209.52	211.65	210.01	212.36	210.11	215.45	210.07	216.48	210.55
217.22	210.62	217.87	210.57	218.79	209.54	223	208.42	225.2	206.84
228.18	204.03	230.03	202.99	231.76	202.84	235.55	202.85	240.42	202.95
246.79	202.87	251.93	202.76	253.14	202.71	259	202.89	263.55	203.15
267.97	203.49	269.54	203.46	272.46	203.38	275.18	203.2	278.23	204.73
280.85	206.03	282.31	206.5	286.69	207.1	297.52	207.66	299.69	208.74
305.53	209.05	321.91	209.77	361.84	209.85	362	209.77	364	209.79
366	209.8	368	209.82	370	209.83	372	209.81	374	209.78
376	209.8	378	209.82	380	209.85	382	209.88	384	209.94
386	209.92	388	209.93	390	209.97	392	210	394	210.05
396	210.08	398	210.11	400	210.16	402	210.18	404	210.19
406	210.19	408	210.19	410	210.18	412	210.18	414	210.18
416	210.12	418	210.12	420	210.26	422	210.49	424	210.97
426	211.76	428	212.42	430	212.61	432	212.36	434	213.05
436	213.9	438	211.11	440	210.06	442	210.13	444	210.21
446	210.23	448	210.24	450	210.25	452	210.26	454	210.28
456	210.3	458	210.28	460	210.28	462	210.29	464	210.28
466	210.3	468	210.34	470	210.36	472	210.35	474	210.31

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 76 di 87	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

476	210.28	478	210.27	480	210.25	482	210.24	484	210.23
486	210.24	488	210.25	490	210.25	492	210.25	494	210.27
496	210.29	498	210.32	500	210.3	502	210.31	504	210.31
506	210.29	508	210.29	510	210.3	512	210.33	514	210.4
516	210.44	518	210.45	520	210.44	522	210.48	524	210.5
526	210.53	528	210.55	530	210.6	532	210.64	534	210.66
536	210.65	538	210.64	540	210.64	542	210.65	544	210.64
546	210.66	548	210.68	550	210.69	552	210.71	554	210.72
556	210.75	558	210.78	560	210.79	562	210.82	564	210.81
566	210.81	568	210.86	570	210.97	572	211.09	574	211.2
576	211.35	578	211.49	580	211.62	582	211.73	584	211.86
586	212.04	588	212.18	590	212.28	592	212.45	594	212.8
596	213.11	598	213.52	600	213.88	602	213.87	604	213.64
606	213.59	608	213.6	610	213.57	612	213.51	614	213.51
616	213.51	618	213.5	620	213.5	622	213.51	624	213.52
626	213.52	628	213.52	630	213.51	632	213.51	634	213.51
636	213.54	638	213.58	640	213.57	642	213.62	644	213.64
646	213.67	648	213.73	650	213.76	652	213.82	654	213.86
656	213.91	658	213.95	660	214	661.57	214.03		

Manning's n Values num= 3  
 Sta n Val Sta n Val Sta n Val  
 0 .055 218.79 .035 321.91 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
 218.79 321.91 223.14 223.14 223.14 .1 .3  
 Right Levee Station= 436 Elevation= 213.9

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	210.46	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.30	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
W.S. Elev (m)	210.17	Reach Len. (m)	223.14	223.14	223.14
Crit W.S. (m)	208.04	Flow Area (m2)	284.34	466.59	24.40
E.G. Slope (m/m)	0.001210	Area (m2)	284.34	466.59	24.40
Q Total (m3/s)	1610.60	Flow (m3/s)	360.01	1243.58	7.01
Top Width (m)	285.07	Top Width (m)	99.13	103.12	82.83
Vel Total (m/s)	2.08	Avg. Vel. (m/s)	1.27	2.67	0.29
Max Chl Dpth (m)	7.46	Hydr. Depth (m)	2.87	4.52	0.29
Conv. Total (m3/s)	46293.0	Conv. (m3/s)	10347.5	35743.9	201.6
Length Wtd. (m)	223.14	Wetted Per. (m)	101.11	106.28	82.86
Min Ch El (m)	202.71	Shear (N/m2)	33.38	52.11	3.50
Alpha	1.35	Stream Power (N/m s)	31674.56	0.00	20874.75
Frctn Loss (m)	0.30	Cum Volume (1000 m3)	202.22	740.39	107.84
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	309.12	161.80	286.53

CROSS SECTION

RIVER: Arno  
 REACH: alveo RS: 36.6666\*

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 324									
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev									
0 213.897 2.274 213.876 4.547 213.842 6.448 213.813 8.06 213.772									
9.672 213.747 11.368 213.783 13.642 213.799 15.916 213.794 17.731 213.755									
19.343 213.72 20.955 213.707 22.737 213.732 25.011 213.721 27.284 213.645									
29.015 213.606 30.627 213.567 32.239 213.52 34.105 213.436 36.379 213.372									
38.653 213.397 40.298 213.421 41.91 213.436 43.522 213.428 45.474 213.399									
47.747 213.409 49.97 213.416 51.582 213.379 53.194 213.339 54.806 213.302									
56.842 213.274 58.828 213.338 59.116 213.341 59.182 213.128 61.64 213.122									
62.245 212.828 63.663 212.816 64.985 212.388 68.211 212.388 72.513 212.324									
75.032 212.319 79.579 212.216 83.289 212.148 84.538 211.403 87.238 211.236									
89.551 210.243 93.221 210.158 97.769 210.032 102.181 209.917 104.59 209.898									
109.137 210.08 113.684 210.135 122.938 210.099 129.293 210.064 133.772 209.165									
155.782 207.229 159.727 207.236 192.524 207.455 198.849 207.535 221.457 207.679									

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 77 di 87</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

226.945	208.122	239.544	209.142	240.613	209.465	241.42	209.53	244.933	209.493
246.104	209.81	246.945	209.855	247.368	209.834	247.684	209.813	247.94	209.639
248.73	208.873	252.085	208.122	253.839	207.067	253.969	206.964	256.028	205.287
256.214	205.091	257.536	204.118	257.688	203.915	257.801	203.808	258.168	203.352
259.067	203.181	262.088	202.833	264.039	202.637	265.969	202.57	267.117	202.498
269.033	202.464	271.01	202.447	271.046	202.447	273.783	202.394	275.142	202.317
276.107	202.247	277.529	202.29	280.586	202.441	281.783	202.468	283.804	202.549
286.191	202.627	287.119	202.669	290.472	202.859	290.657	202.858	291.993	202.846
294.271	202.814	294.822	202.81	297.457	202.723	298.879	203.231	300.411	203.782
302.949	204.686	304.363	205.02	307.336	205.344	308.606	205.479	313.355	205.706
316.787	205.858	319.097	206.361	320.411	207.05	321.199	207.367	322.1	207.453
324.837	207.606	326.856	207.673	329.52	207.744	339.58	208.342	342.723	209.007
348.391	209.1	358.895	209.198	381.848	209.34	382.576	209.391	384.061	209.399
385.547	209.407	388.518	209.414	391.013	209.432	391.49	209.385	393.625	209.387
395.947	209.4	397.432	209.411	398.918	209.418	400.881	209.431	403.299	209.43
404.861	209.404	406.346	209.4	408.137	209.416	410.556	209.429	412.289	209.451
413.774	209.477	415.393	209.493	417.812	209.529	419.717	209.513	421.203	209.513
422.688	209.517	425.068	209.551	427.145	209.571	428.631	209.589	430.117	209.622
432.324	209.633	434.573	209.665	436.059	209.681	437.545	209.699	439.58	209.716
441.999	209.723	444.417	209.718	446.459	209.713	447.944	209.707	449.43	209.697
451.673	209.697	453.887	209.693	455.373	209.675	456.858	209.65	458.929	209.657
461.315	209.745	462.801	209.835	464.286	209.955	466.186	210.204	468.604	210.723
470.229	211.016	471.715	211.193	473.442	211.287	475.86	211.123	477.657	211.465
479.143	211.799	480.698	212.17	483.116	210.31	485.086	209.737	486.571	209.62
488.057	209.646	490.372	209.693	492.514	209.695	493.999	209.703	495.485	209.711
497.629	209.696	499.942	209.69	501.428	209.698	502.913	209.712	504.885	209.728
507.303	209.72	508.856	209.727	510.342	209.742	512.141	209.739	514.559	209.724
516.284	209.736	517.77	209.742	519.397	209.756	521.815	209.766	523.712	209.775
525.198	209.769	526.684	209.756	529.072	209.739	531.141	209.734	532.626	209.72
534.112	209.716	536.328	209.712	538.569	209.707	540.054	209.714	541.54	209.714
543.584	209.721	545.997	209.727	548.421	209.726	550.454	209.728	551.94	209.733
553.425	209.745	555.677	209.765	557.882	209.758	559.368	209.76	560.854	209.76
562.933	209.76	565.31	209.75	566.796	209.747	568.282	209.748	570.189	209.756
572.608	209.779	574.224	209.815	575.71	209.838	577.445	209.852	579.864	209.853
581.653	209.855	583.138	209.863	584.701	209.873	587.12	209.88	589.081	209.89
590.566	209.902	592.052	209.915	594.376	209.947	596.509	209.97	597.995	209.977
599.48	209.983	601.632	209.981	603.937	209.98	605.423	209.967	606.909	209.965
608.888	209.96	611.307	209.963	612.851	209.985	614.337	210.007	616.145	210.028
618.563	210.037	620.279	210.043	621.765	210.052	623.401	210.062	625.819	210.078
627.708	210.102	629.193	210.109	630.679	210.107	633.075	210.127	635.136	210.118
636.622	210.12	638.107	210.156	640.331	210.207	642.564	210.294	644.05	210.356
645.535	210.421	647.588	210.491	649.992	210.599	651.478	210.667	652.964	210.729
654.844	210.792	657.262	210.854	658.906	210.912	660.392	210.979	662.1	211.066
664.518	211.153	666.334	211.2	667.82	211.265	669.356	211.353	671.774	211.584
673.763	211.76	675.248	211.929	676.734	212.095	679.031	212.327	681.191	212.327
682.677	212.249	684.162	212.169	686.287	212.161	688.619	212.183	690.105	212.178
691.591	212.169	693.543	212.142	695.961	212.153	697.533	212.15	699.019	212.145
700.799	212.146	703.217	212.149	704.961	212.148	706.447	212.179	708.055	212.194
710.474	212.223	712.39	212.253	713.875	212.284	715.361	212.303	717.73	212.367
719.818	212.447	721.303	212.533	722.789	212.639	724.986	212.781	727.246	212.934
728.732	213.042	730.217	213.172	732.242	213.35	734.66	213.539	736.16	213.631
737.646	213.675	739.498	213.7	741.917	213.982	743.588	214.528	745.074	214.85
746.754	215.171	749.173	215.617	751.016	216.089	753.49	216.75		

Manning's n Values num= 3  
Sta n Val Sta n Val Sta n Val  
0 .055 248.73 .035 342.723 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
248.73 342.723 223.14 223.14 223.14 .1 .3  
Right Levee Station= 480.7 Elevation= 212.17

CROSS SECTION

RIVER: Arno  
REACH: alveo RS: 33.3333\*

INPUT

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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 78 di 87</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

Description:

Station	Elevation	Data	num=	295							
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	217.023	2.547	217.022	5.095	217.004	7.224	216.972	9.03	216.911		
10.836	216.858	12.737	216.886	15.284	216.877	17.832	216.858	19.866	216.827		
21.672	216.75	23.478	216.679	25.474	216.633	28.021	216.582	30.568	216.499		
32.507	216.468	34.313	216.414	36.119	216.335	38.211	216.192	40.758	216.023		
43.305	216.004	45.149	216.015	46.955	216.028	48.761	216.004	50.947	215.938		
53.495	215.948	55.985	215.933	57.791	215.864	59.597	215.799	61.403	215.751		
63.684	215.748	65.909	215.859	66.232	215.861	66.306	215.434	69.06	215.336		
69.737	214.754	71.326	214.741	72.808	213.869	76.421	213.826	81.242	213.737		
84.063	213.688	89.158	213.552	93.314	213.449	94.714	211.992	97.739	211.798		
100.331	209.836	104.442	209.617	109.537	209.334	114.48	209.063	117.179	209.066		
122.274	209.179	127.369	209.229	127.394	209.24	137.737	209.257	142.726	209.27		
144.856	209.258	148.385	209.23	149.875	208.8	155.352	207.693	174.533	207.787		
178.953	207.783	215.699	208.06	248.114	208.108	268.379	208.763	270.48	208.95		
275.728	209.07	277.144	209.077	277.785	208.959	281.171	207.825	282.574	207.242		
284.247	206.151	285.346	204.84	285.704	203.766	288.625	202.815	291.518	202.189		
293.802	202.027	295.302	202.023	298.355	201.875	300.449	201.825	304.566	202.046		
308.831	202.103	312.975	202.229	314.446	202.232	317.183	202.24	321.109	202.526		
325.048	203.342	329.293	203.767	335.117	204.058	340.674	205.061	342.708	205.993		
346.228	206.273	350.76	206.317	363.537	208.243	382.507	208.599	410.288	208.945		
413.774	208.974	417.259	208.982	420.185	209.015	420.745	208.997	423.249	208.983		
425.973	209	427.716	209.01	429.459	209.014	431.762	209.032	434.599	209.05		
436.43	209.017	438.173	209.015	440.274	209.032	443.111	209.039	445.144	209.061		
446.887	209.093	448.786	209.107	451.623	209.117	453.859	209.101	455.601	209.101		
457.344	209.104	460.135	209.131	462.573	209.145	464.315	209.155	466.058	209.191		
468.648	209.187	471.287	209.223	473.03	209.226	474.772	209.234	477.16	209.252		
479.997	209.257	482.835	209.247	485.229	209.237	486.972	209.228	488.715	209.213		
491.347	209.213	493.943	209.207	495.686	209.203	497.429	209.18	499.859	209.193		
502.658	209.233	504.4	209.273	506.143	209.318	508.371	209.438	511.208	209.687		
513.115	209.828	514.857	209.911	516.883	209.964	519.721	209.887	521.829	210.058		
523.571	210.245	525.395	210.44	528.233	209.51	530.543	209.218	532.286	209.15		
534.028	209.158	536.745	209.176	539.257	209.163	541	209.172	542.742	209.18		
545.257	209.142	547.971	209.12	549.714	209.124	551.457	209.141	553.769	209.156		
556.607	209.16	558.428	209.173	560.171	209.201	562.281	209.187	565.119	209.168		
567.142	209.178	568.885	209.171	570.794	209.172	573.631	209.171	575.856	209.197		
577.599	209.205	579.342	209.203	582.143	209.197	584.57	209.197	586.313	209.18		
588.056	209.183	590.655	209.183	593.284	209.184	595.027	209.192	596.77	209.187		
599.167	209.193	601.999	209.203	604.842	209.202	607.227	209.189	608.97	209.186		
610.713	209.197	613.354	209.21	615.941	209.214	617.684	209.215	619.427	209.21		
621.867	209.21	624.655	209.21	626.398	209.203	628.141	209.204	630.379	209.211		
633.216	209.229	635.112	209.252	636.855	209.264	638.891	209.263	641.728	209.255		
643.826	209.268	645.569	209.271	647.403	209.267	650.24	209.26	652.54	209.255		
654.283	209.266	656.026	209.277	658.753	209.293	661.255	209.305	662.997	209.303		
664.74	209.306	667.265	209.313	669.969	209.32	671.711	209.293	673.454	209.287		
675.777	209.27	678.614	209.286	680.426	209.318	682.168	209.348	684.289	209.376		
687.126	209.384	689.14	209.381	690.883	209.391	692.801	209.405	695.639	209.406		
697.854	209.431	699.597	209.435	701.339	209.423	704.151	209.434	706.568	209.424		
708.311	209.43	710.054	209.498	712.663	209.553	715.282	209.627	717.025	209.678		
718.768	209.736	721.175	209.783	723.996	209.85	725.739	209.898	727.482	209.94		
729.687	209.965	732.525	209.979	734.453	210.006	736.196	210.044	738.199	210.091		
741.037	210.127	743.167	210.145	744.91	210.187	746.711	210.257	749.549	210.369		
751.881	210.465	753.624	210.57	755.367	210.653	758.061	210.775	760.595	210.784		
762.338	210.744	764.081	210.705	766.573	210.732	769.31	210.767	771.052	210.774		
772.795	210.779	775.085	210.774	777.923	210.796	779.767	210.79	781.509	210.782		
783.598	210.792	786.435	210.798	788.481	210.789	790.224	210.844	792.11	210.869		
794.947	210.926	797.195	210.987	798.938	211.052	800.68	211.097	803.459	211.224		
805.909	211.383	807.652	211.541	809.395	211.735	811.971	211.982	814.623	212.297		
816.366	212.486	818.109	212.721	820.484	213.059	823.321	213.408	825.08	213.556		
826.823	213.612	828.996	213.64	831.833	214.144	833.794	215.209	835.537	215.825		
837.508	216.433	840.345	217.283	842.508	218.189	844.251	219.025	845.41	219.47		

Manning's n Values	num=	3
Sta	n Val	Sta n Val
0	.055	281.171 .035 363.537 .055

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

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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 79 di 87</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

281.171 363.537 223.14 223.14 223.14 .1 .3  
 Right Levee Station= 525.4 Elevation= 210.44

CROSS SECTION

RIVER: Arno  
 REACH: alveo RS: 30

INPUT

Description:

Station	Elevation	Data	num=	341							
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	220.15	2	220.18	4	220.15	6	220.17	8	220.13		
10	220.05	12	219.97	14	219.99	16	219.97	18	219.94		
20	219.92	22	219.9	24	219.78	26	219.65	28	219.54		
30	219.49	32	219.4	34	219.35	36	219.33	38	219.26		
40	219.15	42	218.99	44	218.72	46	218.64	48	218.61		
50	218.61	52	218.62	54	218.58	56	218.47	58	218.5		
60	218.48	62	218.45	64	218.35	66	218.26	68	218.2		
70	218.24	72.98	218.14	72.99	218.38	73.14	218.41	73.36	218.38		
73.43	217.74	76.48	217.55	77.18	217.42	77.23	216.68	78.29	216.67		
80.58	216.66	80.63	215.35	89.97	215.15	103.34	214.75	104.89	212.58		
108.24	212.36	111.11	209.43	126.78	208.21	158.06	208.46	198.18	208.33		
246.72	208.73	281.58	208.49	306.92	208.32	307.63	208.28	308.61	207.54		
311.18	207.52	312.19	207.36	312.93	206.16	313.06	205.47	313.24	204.18		
316.12	202.11	317.63	201.63	318.57	201.59	319.54	201.6	320.9	201.59		
322.04	201.32	323.37	201.36	326.23	201.62	329.24	201.63	332.34	201.56		
335.65	201.6	339.03	201.65	343.34	201.82	351.25	202.19	356.88	202.41		
360.09	202.5	363.48	204.48	365.06	204.78	367.62	204.94	372	204.89		
381.41	205.77	384.35	207.48	391.98	207.74	406.12	208	437.02	208.35		
438	208.5	440	208.52	442	208.54	444	208.53	446	208.55		
448	208.57	450	208.61	452	208.58	454	208.58	456	208.6		
458	208.61	460	208.61	462	208.62	464	208.66	466	208.67		
468	208.63	470	208.63	472	208.65	474	208.64	476	208.65		
478	208.67	480	208.71	482	208.72	484	208.72	486	208.7		
488	208.69	490	208.69	492	208.69	494	208.7	496	208.72		
498	208.72	500	208.72	502	208.76	504	208.74	506	208.74		
508	208.78	510	208.77	512	208.77	514	208.78	516	208.8		
518	208.79	520	208.8	522	208.76	524	208.76	526	208.75		
528	208.73	530	208.73	532	208.73	534	208.72	536	208.73		
538	208.71	540	208.73	542	208.73	544	208.72	546	208.71		
548	208.68	550	208.68	552	208.65	554	208.65	556	208.64		
558	208.63	560	208.64	562	208.65	564	208.65	566	208.65		
568	208.69	570	208.71	572	208.71	574	208.71	576	208.7		
578	208.68	580	208.67	582	208.67	584	208.65	586	208.63		
588	208.64	590	208.65	592	208.61	594	208.56	596	208.55		
598	208.55	600	208.57	602	208.58	604	208.59	606	208.6		
608	208.62	610	208.66	612	208.64	614	208.62	616	208.61		
618	208.62	620	208.6	622	208.59	624	208.57	626	208.58		
628	208.62	630	208.64	632	208.65	634	208.65	636	208.66		
638	208.66	640	208.64	642	208.65	644	208.66	646	208.65		
648	208.66	650	208.67	652	208.66	654	208.66	656	208.67		
658	208.68	660	208.69	662	208.67	664	208.65	666	208.64		
668	208.65	670	208.66	672	208.65	674	208.67	676	208.67		
678	208.66	680	208.66	682	208.66	684	208.67	686	208.66		
688	208.66	690	208.67	692	208.66	694	208.68	696	208.69		
698	208.69	700	208.68	702	208.65	704	208.66	706	208.68		
708	208.68	710	208.66	712	208.66	714	208.63	716	208.62		
718	208.63	720	208.64	722	208.64	724	208.64	726	208.64		
728	208.63	730	208.63	732	208.64	734	208.65	736	208.66		
738	208.62	740	208.61	742	208.58	744	208.58	746	208.61		
748	208.65	750	208.69	752	208.72	754	208.74	756	208.73		
758	208.72	760	208.73	762	208.75	764	208.72	766	208.74		
768	208.76	770	208.76	772	208.74	774	208.76	776	208.73		
778	208.73	780	208.74	782	208.84	784	208.87	786	208.93		
788	208.96	790	209	792	209.05	794	209.07	796	209.08		
798	209.1	800	209.13	802	209.15	804	209.14	806	209.13		
808	209.1	810	209.1	812	209.11	814	209.12	816	209.1		

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 80 di 87	<b>Rev.</b> 0

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

818	209.1	820	209.09	822	209.11	824	209.16	826	209.16
828	209.15	830	209.17	832	209.21	834	209.21	836	209.2
838	209.24	840	209.24	842	209.24	844	209.24	846	209.29
848	209.32	850	209.35	852	209.37	854	209.39	856	209.4
858	209.42	860	209.44	862	209.43	864	209.42	866	209.44
868	209.43	870	209.45	872	209.43	874	209.51	876	209.54
878	209.58	880	209.65	882	209.72	884	209.82	886	209.89
888	209.98	890	210.15	892	210.32	894	210.55	896	210.83
898	211.02	900	211.36	902	211.66	904	211.93	906	212.27
908	212.62	910	213.03	912	213.28	914	213.48	916	213.55
918	213.58	920	213.58	922	214.41	924	215.89	926	216.8
928	217.6	930	218.32	932	219.15	934	220.29	936	221.53
937.33	222.19								

Manning's n Values num= 3  
 Sta n Val Sta n Val Sta n Val  
 0 .055 308.61 .035 384.35 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
 308.61 384.35 271.31 271.31 271.31 .1 .3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	209.29	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.82	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
W.S. Elev (m)	208.46	Reach Len. (m)	271.31	271.31	271.31
Crit W.S. (m)	206.70	Flow Area (m2)	10.41	395.22	23.84
E.G. Slope (m/m)	0.002375	Area (m2)	10.41	395.22	23.84
Q Total (m3/s)	1610.60	Flow (m3/s)	1.87	1596.40	12.33
Top Width (m)	242.99	Top Width (m)	113.84	75.74	53.41
Vel Total (m/s)	3.75	Avg. Vel. (m/s)	0.18	4.04	0.52
Max Chl Dpth (m)	7.14	Hydr. Depth (m)	0.09	5.22	0.45
Conv. Total (m3/s)	33047.2	Conv. (m3/s)	38.4	32755.8	253.1
Length Wtd. (m)	271.31	Wetted Per. (m)	114.10	79.99	53.43
Min Ch El (m)	201.32	Shear (N/m2)	2.13	115.08	10.39
Alpha	1.15	Stream Power (N/m s)	44877.37	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.73	Cum Volume (1000 m3)	90.47	449.94	86.87
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	227.63	102.49	222.00

CROSS SECTION

RIVER: Arno  
 REACH: alveo RS: 25.\*

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 497									
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev									
0 214.365 2.252 214.362 4.505 214.349 6.757 214.266 9.01 214.262									
11.262 214.234 13.514 214.161 15.767 214.038 17.847 213.972 19.145 213.924									
21.398 213.852 23.65 213.69 25.903 213.488 28.155 213.446 30.407 213.404									
32.66 213.337 34.912 213.284 36.038 213.221 38.291 213.122 41.095 213.061									
41.185 213.195 41.349 212.858 43.46 212.675 44.085 212.293 45.403 211.619									
53.542 211.353 59.064 210.13 62.566 208.545 74.228 207.887 79.904 207.82									
92.674 207.85 98.35 207.859 104.026 207.887 109.702 207.9 115.378 207.934									
121.054 207.952 124.36 207.972 129.567 207.965 135.243 207.95 139.5 207.936									
142.338 207.928 145.176 207.925 148.014 207.912 150.852 207.905 153.69 207.892									
156.528 207.894 159.366 207.897 162.204 207.894 165.042 207.876 167.879 207.873									
170.717 207.866 173.555 207.878 176.393 207.875 179.231 207.872 182.069 207.875									
184.907 207.872 187.745 207.864 190.583 207.867 192.3 207.869 194.84 207.871									
197.678 207.873 200.516 207.88 203.354 207.902 206.191 207.914 209.029 207.931									
211.867 207.923 214.705 207.92 217.543 207.911 220.381 207.883 223.219 207.895									
226.057 207.892 228.895 207.894 231.733 207.891 234.571 207.883 237.409 207.875									
240.247 207.862 243.085 207.854 245.922 207.86 248.76 207.872 251.598 207.854									
254.436 207.861 257.274 207.878 260.112 207.89 262.95 207.897 265.788 207.909									
268.626 207.916 271.464 207.928 274.302 207.93 275.721 207.928 278.559 207.922									

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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 81 di 87</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

281.397 207.931 284.234 207.935 287.072 207.929 289.91 207.944 292.748 207.948  
295.586 207.937 298.424 207.936 301.262 207.946 304.1 207.945 306.938 207.939  
309.776 207.933 311.195 207.945 312.614 207.948 314.033 207.94 315.452 207.932  
316.871 207.944 318.29 207.941 319.709 207.938 321.128 207.945 322.546 207.932  
323.965 207.939 325.384 207.937 326.803 207.934 328.222 207.926 329.641 207.938  
331.06 207.945 332.479 207.937 333.532 207.931 333.898 207.929 335.317 207.936  
336.736 207.939 338.155 207.941 339.574 207.933 340.993 207.935 342.412 207.942  
343.831 207.945 345.25 207.937 346.669 207.934 348.088 207.931 349.507 207.933  
350.926 207.936 352.345 207.943 353.764 207.935 355.183 207.932 356.602 207.934  
358.021 207.931 359.44 207.909 360.858 207.891 362.277 207.878 363.696 207.86  
365.115 207.937 366.534 207.795 367.953 207.767 369.372 207.754 370.791 207.781  
372.21 207.783 373.629 207.796 375.048 207.798 376.443 207.751 376.467 207.75  
377.645 207.684 377.886 207.621 379.305 207.185 380.458 207.079 381.61 207.028  
382.763 206.786 383.915 206.555 385.068 206.524 386.221 206.568 387.373 206.517  
388.526 206.465 389.01 206.438 389.679 206.386 390.831 206.167 391.984 205.818  
392.824 205.286 393.136 205.028 394.289 204.425 395.442 204.108 395.618 204.034  
396.109 203.589 396.594 203.03 396.789 202.842 397.747 202.734 398.899 202.464  
400.052 202.269 401.205 202.17 402.357 202.06 403.51 201.945 404.663 201.831  
405.815 201.731 406.968 201.631 407.665 201.565 408.12 201.546 409.273 201.492  
410.426 201.439 411.578 201.39 412.731 201.342 413.367 201.312 413.883 201.307  
415.036 201.291 416.189 201.304 416.916 201.3 417.341 201.301 418.494 201.307  
419.646 201.334 420.579 201.355 420.799 201.36 421.952 201.374 423.104 201.368  
424.257 201.361 425.41 201.36 425.715 201.357 426.562 201.323 427.715 201.267  
428.867 201.216 430.02 201.11 430.834 201.179 432.586 201.413 434.429 201.528  
435.471 201.571 436.327 201.645 438.354 201.877 440.424 202.118 440.921 202.186  
443.063 202.459 446.372 202.901 447.906 203.143 451.354 203.664 451.823 203.731  
453.32 203.884 455.395 205.04 456.363 205.267 457.274 205.386 457.931 205.442  
460.613 205.505 462.724 205.736 466.375 206.092 468.175 206.985 470.261 207.042  
472.346 207.059 474.432 207.146 475.504 207.183 476.517 207.21 478.603 207.23  
480.688 207.24 482.774 207.29 484.86 207.335 486.945 207.365 489.031 207.404  
489.087 207.406 491.116 207.447 493.202 207.484 495.287 207.527 497.373 207.559  
499.459 207.571 501.544 207.598 503.63 207.626 505.715 207.653 507.801 207.66  
509.886 207.673 511.972 207.675 514.057 207.682 516.143 207.7 518.229 207.732  
518.769 207.734 519.711 207.806 520.314 207.808 521.632 207.809 522.4 207.809  
523.553 207.818 524.485 207.818 525.474 207.817 526.571 207.826 527.395 207.828  
528.656 207.832 529.316 207.835 530.742 207.85 531.238 207.854 532.828 207.838  
533.159 207.833 534.913 207.825 535.08 207.825 536.999 207.83 538.922 207.821  
539.084 207.82 540.844 207.812 541.17 207.811 542.765 207.815 543.255 207.82  
544.686 207.832 545.341 207.832 546.607 207.838 547.427 207.831 548.528 207.823  
549.512 207.825 550.449 207.829 551.598 207.841 553.683 207.842 555.769 207.824  
557.854 207.834 559.94 207.844 561.976 207.845 563.898 207.849 565.819 207.844  
567.74 207.836 569.661 207.835 571.582 207.829 573.504 207.827 575.425 207.833  
577.346 207.823 579.267 207.807 581.188 207.82 583.109 207.809 585.031 207.8  
587.052 207.805 589.138 207.8 591.224 207.786 593.309 207.803 595.395 207.803  
597.48 207.797 599.566 207.789 601.651 207.775 603.737 207.771 605.823 207.767  
607.908 207.755 609.994 207.745 611.927 207.745 613.848 207.75 615.769 207.736  
617.691 207.742 619.612 207.74 621.533 207.732 623.454 207.732 625.375 207.723  
627.296 207.721 629.218 207.709 631.139 207.706 633.06 207.705 635.02 207.7  
637.106 207.696 639.192 207.7 641.277 207.69 643.363 207.702 645.448 207.754  
647.534 207.75 649.619 207.74 651.705 207.741 653.791 207.747 655.876 207.736  
657.962 207.735 659.956 207.73 661.878 207.72 663.799 207.721 665.72 207.721  
667.641 207.694 669.562 207.662 671.484 207.657 673.405 207.666 675.326 207.69  
677.247 207.706 679.168 207.716 681.089 207.725 683.011 207.735 685.074 207.754  
687.16 207.728 689.245 207.734 691.331 207.737 693.416 207.746 695.502 207.742  
697.588 207.749 699.673 207.753 701.759 207.785 703.844 207.818 705.93 207.83  
707.986 207.825 709.907 207.839 711.828 207.84 713.749 207.837 715.671 207.848  
717.592 207.855 719.513 207.85 721.434 207.855 723.355 207.864 725.276 207.866  
727.198 207.87 729.119 207.875 731.04 207.88 733.042 207.875 735.128 207.879  
737.213 207.859 739.299 207.852 741.384 207.872 743.47 207.858 745.556 207.881  
747.641 207.88 749.727 207.861 751.812 207.845 753.898 207.845 755.983 207.875  
757.936 207.865 759.858 207.856 761.779 207.864 763.7 207.857 765.621 207.862  
767.542 207.865 769.464 207.867 771.385 207.865 773.306 207.842 775.227 207.825  
777.148 207.821 779.069 207.826 781.01 207.835 783.096 207.844 785.181 207.834  
787.267 207.826 789.353 207.832 791.438 207.835 793.524 207.825 795.609 207.81  
797.695 207.802 799.78 207.8 801.866 207.819 803.951 207.83 805.966 207.849  
807.887 207.821 809.808 207.811 811.729 207.802 813.651 207.798 815.572 207.804  
817.493 207.813 819.414 207.825 821.335 207.84 823.256 207.85 825.178 207.844  
827.099 207.835 829.02 207.84 831.064 207.854 833.149 207.826 835.235 207.812

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 82 di 87</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

837.321	207.84	839.406	207.846	841.492	207.84	843.577	207.841	845.663	207.83
847.748	207.844	849.834	207.912	851.92	207.934	853.995	207.97	856.091	207.982
858.176	208.004	860.262	208.043	862.347	208.047	864.433	208.059	866.519	208.083
868.604	208.116	870.69	208.117	872.775	208.121	874.861	208.097	876.946	208.09
878.971	208.124	880.892	208.166	882.813	208.16	884.734	208.156	886.655	208.157
890.498	208.2	892.419	208.21	896.261	208.269	898.182	208.318	900.104	208.328
902.025	208.305	906.144	208.405	908.23	208.5	910.315	208.503	912.401	208.506
914.487	208.532	916.572	208.551	918.658	208.582	921.236	208.618	923.158	208.65
927	208.715	930.932	208.759	933.106	208.785	935.142	208.826	938.795	208.922
941.248	208.964	943.284	209.001	949.39	209.223	951.425	209.296	954.521	209.424
957.532	209.596	959.567	209.739	962.384	209.951	965.673	210.226	967.709	210.42
970.247	210.662	973.815	211.033	978.11	211.516	981.957	212.066	983.992	212.187
986.028	212.292	989.905	213.889	992.134	214.463	994.17	214.929	997.768	215.924
1000.276	216.724	1003.665	217.855						

Manning's n Values num= 3  
 Sta n Val Sta n Val Sta n Val  
 0 .055 379.305 .035 468.175 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
 379.305 468.175 271.31 271.31 271.31 .1 .3

CROSS SECTION

RIVER: Arno  
 REACH: alveo RS: 20

INPUT

Description:

Station Elevation Data num= 485

Sta	Elev								
0	208.58	4	208.53	8	208.1	12	207.71	16	207.61
20	207.55	24	207.45	28	207.39	32	207.39	46	207.39
50	207.4	54	207.38	58	207.39	62	207.41	66	207.42
70	207.41	74	207.44	78	207.45	82	207.44	86	207.46
90	207.49	94	207.45	98	207.48	102	207.46	106	207.46
110	207.45	112	207.44	114	207.43	116	207.43	118	207.43
120	207.43	122	207.43	124	207.41	126	207.4	128	207.4
130	207.39	132	207.38	134	207.39	136	207.39	138	207.4
140	207.4	142	207.41	144	207.4	146	207.38	148	207.37
150	207.39	152	207.37	154	207.36	156	207.36	158	207.38
160	207.39	162	207.36	164	207.39	166	207.39	168	207.39
170	207.39	172	207.4	174	207.4	176	207.4	178	207.39
180	207.39	182	207.4	184	207.4	186	207.41	188	207.4
190	207.4	192	207.38	194	207.39	196	207.39	198	207.39
200	207.4	202	207.42	204	207.44	206	207.43	208	207.45
210	207.45	212	207.44	214	207.42	216	207.42	218	207.4
220	207.39	222	207.37	224	207.34	226	207.3	228	207.31
230	207.31	232	207.31	234	207.29	236	207.28	238	207.28
240	207.26	242	207.26	244	207.25	246	207.23	248	207.21
250	207.2	252	207.18	254	207.16	256	207.15	258	207.13
260	207.14	262	207.13	264	207.13	266	207.14	268	207.11
270	207.09	272	207.09	274	207.09	276	207.12	278	207.11
280	207.12	282	207.12	284	207.1	286	207.12	288	207.11
290	207.13	292	207.13	294	207.13	296	207.13	298	207.14
300	207.14	302	207.13	304	207.13	306	207.11	308	207.13
310	207.16	312	207.16	314	207.17	316	207.18	318	207.18
320	207.18	322	207.2	324	207.22	326	207.22	328	207.24
330	207.23	332	207.23	334	207.24	336	207.24	338	207.27
340	207.27	342	207.27	344	207.28	346	207.28	348	207.28
350	207.28	352	207.28	354	207.31	356	207.32	358	207.31
360	207.3	362	207.33	364	207.33	366	207.33	368	207.35
370	207.33	372	207.35	374	207.35	376	207.35	378	207.34
380	207.37	382	207.39	384	207.38	386	207.37	388	207.39
390	207.4	392	207.41	394	207.4	396	207.41	398	207.43
400	207.44	402	207.43	404	207.43	406	207.43	408	207.44
410	207.45	412	207.47	414	207.46	416	207.46	418	207.47
420	207.47	422	207.43	424	207.4	426	207.38	428	207.35

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 83 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

430	207.31	432	207.23	434	207.18	436	207.16	438	207.22
440	207.23	442	207.26	444	207.27	446	207.18	448	207.07
450	206.83	452	206.62	454	206.52	456	206.04	458	205.58
460	205.52	462	205.61	464	205.51	466	205.41	468	205.28
470	204.89	472	204.24	474	202.83	476	202.12	478	201.98
480	201.51	482	201.47	484	201.15	486	200.98	488	201
490	201	492	200.99	494	200.98	496	201	498	201.02
500	201.02	502	201.01	504	201	506	201	508	201
510	200.99	512	200.97	514	201.01	516	201.01	518	201.02
520	201.07	522	201.12	524	201.15	526	201.14	528	201.13
530	201.13	532	201.11	534	201.07	536	201.04	538	200.9
540	201.55	542	202.69	544	203.73	546	205.03	548	205.9
550	206.26	552	206.49	554	206.53	556	206.49	558	206.59
560	206.66	562	206.66	564	206.64	566	206.7	568	206.75
570	206.77	572	206.81	574	206.87	576	206.92	578	206.98
580	207.02	582	207.02	584	207.05	586	207.08	588	207.11
590	207.1	592	207.1	594	207.08	596	207.07	598	207.08
600	207.12	602	207.11	604	207.09	606	207.1	608	207.11
610	207.1	612	207.1	614	207.09	616	207.07	618	207.06
620	207.03	622	207.01	624	207.01	626	207	628	207.01
630	207.02	632	207.04	634	207.04	636	207	638	207
640	206.98	642	206.97	644	206.98	646	206.99	648	206.98
650	206.98	652	206.96	654	206.95	656	206.94	658	206.9
660	206.88	662	206.88	664	206.86	666	206.83	668	206.83
670	206.8	672	206.82	674	206.81	676	206.8	678	206.8
680	206.79	682	206.79	684	206.8	686	206.78	688	206.76
690	206.77	692	206.77	694	206.76	696	206.75	698	206.75
700	206.74	702	206.77	704	206.76	706	206.77	708	206.76
710	206.77	712	206.77	714	206.75	716	206.75	718	206.73
720	206.74	722	206.81	724	206.79	726	206.77	728	206.78
730	206.81	732	206.8	734	206.8	736	206.81	738	206.81
740	206.8	742	206.79	744	206.77	746	206.76	748	206.77
750	206.8	752	206.83	754	206.84	756	206.85	758	206.85
760	206.85	762	206.82	764	206.85	766	206.86	768	206.88
770	206.89	772	206.92	774	206.93	776	206.96	778	207
780	207.01	782	207	784	207.02	786	207.02	788	207.04
790	207.05	792	207.05	794	207.05	796	207.05	798	207.07
800	207.08	802	207.08	804	207.08	806	207.06	808	207.09
810	207.07	812	207.06	814	207.09	816	207.06	818	207.1
820	207.09	822	207.06	824	207.03	826	207.03	828	207.08
830	207.07	832	207.05	834	207.06	836	207.05	838	207.04
840	207.04	842	207.05	844	207.05	846	207	848	206.96
850	206.97	852	207.01	854	207.03	856	207.04	858	207.03
860	207.03	862	207.03	864	207.01	866	206.98	868	206.97
870	206.97	872	207	874	207.01	876	207.04	878	207.02
880	207.01	882	207.03	884	207.01	886	206.99	888	206.96
890	206.96	892	206.96	894	206.96	896	206.95	898	206.95
900	206.96	902	206.93	904	206.88	906	206.92	908	206.94
910	206.93	912	206.94	914	206.93	916	206.95	918	207
920	207	922	207.01	924	207	926	207	928	207.03
930	207.02	932	207.03	934	207.05	936	207.09	938	207.09
940	207.11	942	207.09	944	207.08	946	207.14	948	207.22
950	207.22	952	207.21	954	207.23	956	207.24	958	207.24
960	207.29	962	207.35	964	207.42	966	207.45	968	207.41
970	207.42	972	207.57	974	207.76	976	207.75	978	207.71
980	207.73	982	207.74	984	207.78	988	207.87	992	208
996	208.08	1000	208.19	1004	208.35	1008	208.41	1012	208.5
1016	208.68	1020	208.78	1024	208.9	1028	209	1032	209.11
1036	209.31	1040	209.46	1044	209.73	1048	210.6	1052	210.99
1056	212.03	1060	212.2	1064	212.89	1068	213.31	1070	213.52

Manning's n Values num= 3  
 Sta n Val Sta n Val Sta n Val  
 0 .055 450 .035 552 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
 450 552 277.74 277.74 277.74 .1 .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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 84 di 87</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	207.86	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
Vel Head (m)	0.48	Reach Len. (m)	277.74	277.74	277.74
W.S. Elev (m)	207.38	Flow Area (m2)	29.51	488.69	175.70
Crit W.S. (m)	205.05	Area (m2)	29.51	488.69	175.70
E.G. Slope (m/m)	0.001537	Flow (m3/s)	6.18	1533.34	71.08
Q Total (m3/s)	1610.60	Top Width (m)	197.88	102.00	410.82
Top Width (m)	710.70	Avg. Vel. (m/s)	0.21	3.14	0.40
Vel Total (m/s)	2.32	Hydr. Depth (m)	0.15	4.79	0.43
Max Chl Dpth (m)	6.48	Conv. (m3/s)	157.5	39117.4	1813.4
Conv. Total (m3/s)	41088.3	Wetted Per. (m)	197.91	104.22	410.85
Length Wtd. (m)	277.74	Shear (N/m2)	2.25	70.66	6.44
Min Ch El (m)	200.90	Stream Power (N/m s)	51229.33	0.00	0.00
Alpha	1.74	Cum Volume (1000 m3)	84.95	225.39	56.61
Frctn Loss (m)	0.63	Cum SA (1000 m2)	184.90	54.27	146.55
C & E Loss (m)	0.04				

CROSS SECTION

RIVER: Arno

REACH: alveo

RS: 15.\*

INPUT

Description:

Station Elevation Data

num= 496

Sta	Elev								
0	207.695	3.857	207.523	6.231	207.183	8.308	206.925	14.538	206.117
16.615	206.236	19.286	206.211	22.846	206.024	24.923	205.976	29.022	205.96
31.044	205.97	35.088	205.97	43.175	205.98	45.197	205.98	48.764	205.995
51.263	205.984	53.285	205.981	56.678	205.985	61.373	205.991	64.593	205.995
67.438	206.001	69.46	206.008	72.507	206.015	75.526	206.024	77.548	206.024
80.421	206.02	83.614	206.038	85.636	206.045	88.335	206.06	91.701	206.043
96.249	206.06	99.789	206.066	101.811	206.08	104.164	206.09	107.877	206.095
109.899	206.1	111.92	206.09	113.942	206.1	115.964	206.105	117.986	206.11
121.971	206.105	123.949	206.105	125.928	206.105	127.906	206.105	129.885	206.104
131.863	206.119	133.842	206.124	135.82	206.134	137.799	206.131	139.778	206.135
141.756	206.13	143.735	206.127	145.713	206.125	147.692	206.135	151.649	206.122
153.627	206.117	155.606	206.125	157.585	206.136	159.563	206.131	161.542	206.153
163.52	206.155	165.499	206.155	167.477	206.16	169.456	206.172	171.434	206.182
173.413	206.19	175.392	206.183	177.37	206.174	179.349	206.168	181.327	206.162
183.306	206.158	185.284	206.15	187.263	206.147	189.241	206.129	193.199	206.139
195.177	206.156	197.156	206.165	199.134	206.175	201.113	206.185	203.091	206.18
205.07	206.189	207.048	206.175	209.027	206.165	211.006	206.155	213.016	206.155
215.038	206.145	217.06	206.139	219.082	206.134	221.104	206.113	223.126	206.101
225.148	206.105	227.17	206.11	231.213	206.089	233.235	206.09	235.257	206.082
237.279	206.07	239.301	206.063	241.323	206.052	243.345	206.052	245.367	206.043
247.389	206.041	249.411	206.036	251.433	206.043	253.455	206.035	255.476	206.017
257.498	206.018	259.52	206.01	261.542	206.013	263.564	206.032	265.586	206.039
267.608	206.015	269.63	206.025	271.652	206.03	273.674	206.042	275.696	206.038
279.739	206.028	281.761	206.053	283.783	206.056	285.805	206.063	287.827	206.07
289.849	206.075	291.871	206.07	293.893	206.074	295.915	206.08	297.937	206.085
299.959	206.09	301.98	206.075	303.998	206.085	306.024	206.105	308.046	206.11
310.068	206.125	312.09	206.14	314.112	206.145	316.134	206.141	318.156	206.157
320.178	206.16	322.2	206.167	324.222	206.174	326.243	206.165	328.265	206.166
332.309	206.17	335.655	206.184	339.612	206.194	341.59	206.201	343.569	206.216
345.547	206.239	347.526	206.268	349.504	206.315	351.483	206.335	353.461	206.325
355.44	206.33	357.419	206.382	359.397	206.421	361.376	206.454	363.354	206.48
365.333	206.47	367.311	206.477	369.29	206.467	371.268	206.457	373.247	206.444
375.226	206.453	377.204	206.456	379.183	206.458	381.161	206.466	383.14	206.479
385.118	206.474	387.097	206.476	389.076	206.487	391.054	206.52	393.033	206.535
395.011	206.545	397.011	206.535	399.032	206.54	401.054	206.54	403.076	206.53
405.098	206.596	408.861	206.57	410.84	206.554	414.797	206.436	416.775	206.355
417.755	206.318	418.754	206.676	420.677	207.37	420.732	207.378	421.617	207.503
422.711	207.473	422.871	207.468	424.689	206.595	425.145	206.371	425.317	206.382
426.116	206.531	426.668	206.524	428.647	206.513	428.947	206.513	430.322	206.472
430.625	206.432	431.605	206.325	432.604	206.335	434.517	206.33	434.582	206.328

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> <b>NR/17143</b>	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE TOSCANA</b>	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 85 di 87</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

436.561	206.271	437.853	206.228	438.539	206.233	440.518	206.195	442.496	206.148
444.475	206.035	445.647	205.896	446.82	205.813	447.992	205.539	449.165	205.275
450.337	205.211	451.509	205.223	452.682	205.139	453.854	205.055	455.026	204.797
456.199	204.408	457.371	203.888	458.544	202.989	459.716	202.44	460.831	202.188
460.888	202.179	462.061	201.83	463.233	201.696	463.654	201.598	464.406	201.467
465.578	201.339	466.75	201.305	467.923	201.262	469.095	201.214	470.268	201.165
471.44	201.132	472.612	201.098	473.785	201.055	474.957	201.006	476.129	200.958
477.302	200.915	478.474	200.871	479.647	200.823	480.819	200.769	481.991	200.746
483.164	200.703	484.336	200.664	485.509	200.646	486.681	200.627	487.853	200.599
489.026	200.55	490.198	200.502	491.37	200.459	492.543	200.405	493.715	200.342
494.888	200.283	496.06	200.17	498.253	200.463	499.803	200.62	501.855	200.811
502.647	200.889	503.765	201.042	505.946	201.325	507.95	201.539	509.234	201.711
509.948	201.801	511.805	202.038	515.584	202.451	515.821	202.475	517.517	202.677
519.528	202.881	520.27	202.969	522.409	203.174	523.731	203.257	525.293	203.455
527.126	203.852	527.739	204.072	528.996	204.367	529.189	204.405	529.596	204.556
530.628	204.79	531.441	204.947	532.225	205.033	532.673	204.965	533.599	204.721
534.795	204.733	535.583	204.792	535.963	204.817	537.607	205.31	537.979	205.582
540.779	205.791	542.082	205.893	542.17	205.95	542.181	206.195	542.283	206.201
543.966	206.109	545.763	205.97	546.298	205.95	547.559	205.999	548.554	206.029
549.355	206.043	551.152	206.037	553.065	206.012	555.321	206.043	557.576	206.066
559.832	206.107	561.93	206.149	563.726	206.179	565.523	206.218	567.319	206.248
569.116	206.262	571.111	206.332	573.366	206.495	575.622	206.722	577.878	206.89
579.894	206.795	581.69	206.645	583.486	206.597	585.283	206.601	587.079	206.525
589.156	206.406	591.412	206.237	593.668	206.132	595.923	206.095	597.857	206.086
599.654	206.062	601.45	206.05	603.247	206.041	605.043	206.052	607.202	206.104
609.458	206.217	611.713	206.344	613.969	206.43	615.821	206.377	617.617	206.218
619.414	206.037	621.21	205.871	623.007	205.83	625.247	205.861	627.503	205.887
629.759	205.925	631.988	206.004	633.785	206.047	635.581	206.084	637.378	206.111
639.174	206.157	641.037	206.215	643.293	206.251	645.549	206.24	647.804	206.213
649.952	206.239	651.748	206.254	653.545	206.255	655.341	206.26	657.138	206.27
659.083	206.3	661.339	206.347	663.594	206.339	665.85	206.339	667.916	206.326
669.712	206.341	671.509	206.35	673.305	206.358	675.101	206.363	677.129	206.399
679.384	206.427	681.64	206.442	683.896	206.464	685.879	206.487	687.676	206.517
689.472	206.542	691.269	206.516	693.065	206.453	695.174	206.463	697.43	206.361
699.686	206.298	701.941	206.569	703.843	206.632	705.64	206.613	707.436	206.574
709.232	206.528	711.029	206.483	713.22	206.398	715.475	206.428	717.731	206.589
719.987	206.585	721.807	206.556	723.603	206.487	725.4	206.214	727.196	205.773
729.01	205.415	731.265	205.369	733.521	205.443	735.777	205.518	737.974	205.73
739.771	205.962	741.567	206.192	743.363	206.383	747.055	206.5	749.311	206.503
751.567	206.475	753.822	206.418	755.938	206.411	757.734	206.421	759.531	206.414
761.327	206.407	763.123	206.433	765.101	206.53	767.357	206.725	769.612	206.899
771.868	206.928	775.698	206.581	777.494	206.473	779.291	206.398	781.087	206.402
785.402	206.534	787.658	206.725	789.914	206.938	791.865	207.047	793.661	207.111
795.458	207.079	797.254	206.916	799.051	206.671	801.192	206.511	803.448	206.475
805.704	206.322	807.959	206.101	809.829	205.952	811.625	205.906	815.218	205.874
817.014	205.868	819.238	206.065	821.493	206.49	823.749	206.759	825.996	206.805
828.261	206.804	832.772	206.872	834.978	206.885	836.774	206.826	838.571	206.797
840.367	206.748	842.163	206.689	844.05	206.62	848.562	206.55	850.818	206.491
852.942	206.443	854.738	206.412	856.534	206.358	858.331	206.287	862.096	206.255
864.352	206.232	866.607	206.232	868.863	206.224	870.905	206.236	872.702	206.231
874.498	206.245	878.091	206.313	880.142	206.304	882.397	206.267	886.909	206.283
888.869	206.268	890.665	206.268	892.462	206.243	894.258	206.216	898.187	206.24
900.443	206.163	902.699	206.127	904.954	206.14	906.833	206.173	908.629	206.224
910.425	206.267	912.222	206.305	914.018	206.32	916.233	206.286	920.744	206.406
923	206.365	925.509	206.3	929.651	206.285	932.976	206.374	938.054	206.661
940.563	206.9	943.073	207.063	946.277	207.245	949.603	207.421	952.928	207.534
955.618	207.608	958.127	207.718	960.636	207.899	963.145	208.099	966.229	208.227
972.88	208.552	975.69	208.733	978.2	209.091	980.709	209.529	983.218	209.876
986.181	210.035	989.506	210.58	992.832	210.719	995.763	211.024	998.272	211.164
1001.145	211.31								

Manning's n Values	num=	3
Sta n Val	Sta n Val	Sta n Val
0 .055	444.475	.035 542.17 .055

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff Contr.	Expan.
444.475	542.17	277.74	277.74	277.74	.1	.3

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-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini</b> <b>DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse</b>	<b>Fg. 86 di 87</b>	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

CROSS SECTION

RIVER: Arno  
REACH: alveo RS: 10

INPUT

Description:

Station	Elevation	Data	num=	448																	
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	206.81	2	206.73	4	206.48	6	206.1	8	206.81												
10	205.49	12	204.92	14	204.6	16	204.88	18	204.92												
20	204.75	22	204.59	24	204.53	26	204.5	28	204.53												
30	204.55	32	204.55	34	204.55	36	204.56	38	204.55												
40	204.56	42	204.57	44	204.57	46	204.59	48	204.59												
50	204.58	52	204.58	54	204.58	56	204.58	58	204.56												
60	204.57	62	204.57	64	204.57	66	204.59	68	204.6												
70	204.59	72	204.59	74	204.6	76	204.6	78	204.6												
80	204.6	82	204.62	84	204.62	86	204.63	88	204.63												
90	204.63	92	204.64	94	204.64	96	204.64	98	204.67												
100	204.7	102	204.72	104	204.72	106	204.74	108	204.76												
110	204.75	112	204.77	114	204.78	116	204.79	118	204.79												
120	204.8	122	204.81	124	204.81	126	204.82	128	204.83												
130	204.85	132	204.86	134	204.87	136	204.86	138	204.86												
140	204.86	142	204.88	144	204.88	146	204.88	148	204.89												
150	204.88	152	204.87	154	204.87	156	204.89	158	204.91												
160	204.92	162	204.92	164	204.92	166	204.94	168	204.95												
170	204.98	172	204.98	174	204.97	176	204.94	178	204.93												
180	204.91	182	204.9	184	204.9	186	204.88	188	204.87												
190	204.88	192	204.92	194	204.93	196	204.93	198	204.93												
200	204.93	202	204.93	204	204.9	206	204.89	208	204.89												
210	204.89	212	204.89	214	204.89	216	204.9	218	204.89												
220	204.9	222	204.9	224	204.91	226	204.91	228	204.89												
230	204.9	232	204.89	234	204.88	236	204.87	238	204.86												
240	204.88	242	204.88	244	204.89	246	204.9	248	204.93												
250	204.93	252	204.9	254	204.9	256	204.89	258	204.89												
260	204.94	262	204.98	264	204.94	266	204.96	268	204.95												
270	204.97	272	204.96	274	204.93	276	204.95	278	204.99												
280	205	282	205	284	205.01	286	205.02	288	205.01												
290	205.01	292	205.02	294	205.04	296	205.05	298	205.04												
300	205.04	302	205.05	304	205.06	306	205.08	308	205.1												
310	205.11	312	205.1	314	205.11	316	205.1	318	205.11												
320	205.11	322	205.1	324	205.1	326	205.11	328	205.09												
336	205.11	338	205.13	340	205.17	342	205.22	344	205.29												
346	205.35	348	205.35	350	205.33	352	205.4	354	205.48												
356	205.56	358	205.61	360	205.61	362	205.61	364	205.59												
366	205.57	368	205.55	370	205.54	372	205.52	374	205.53												
376	205.56	378	205.57	380	205.55	382	205.54	384	205.57												
386	205.63	388	205.64	390	205.65	392	205.64	394	205.65												
396	205.65	398	205.62	400	205.74	405.64	205.65	412.52	205.22												
415.41	207.36	416.34	207.64	417.58	207.59	419.83	205.45	420	205.48												
420.79	205.81	423.59	205.85	424.95	205.78	426.22	205.46	429.1	205.43												
432.4	205.19	438.95	205.24	441.71	204.7	443.76	202.39	444.59	201.84												
454.12	199.44	457.84	199.81	460.47	199.97	463.95	200.15	467.19	200.34												
470.89	200.53	474.29	200.61	477.68	200.8	480.83	200.98	487.24	201.21												
490.52	201.29	493.93	201.3	495.19	201.33	501.06	201.31	503.71	201.5												
506.82	202.05	507.86	202.41	510.32	202.9	511.01	203.18	512.76	203.59												
514.14	203.86	515.47	203.99	516.23	203.83	517.8	203.29	519.83	203.25												
521.81	203.36	524.6	204.29	525.23	204.82	529.98	205.14	532.19	205.3												
532.34	205.41	532.35	205.9	532.44	205.91	536	205.38	538	205.43												
540	205.42	542	205.38	544	205.37	546	205.37	548	205.41												
550	205.43	552	205.44	554	205.47	556	205.49	558	205.61												
560	205.9	562	206.34	564	206.68	566	206.49	568	206.1												
570	206.13	572	205.96	574	205.72	576	205.37	578	205.16												
580	205.09	582	205.08	584	205.04	586	205.04	588	205.09												
590	205.2	592	205.43	594	205.67	596	205.82	598	205.69												
600	205.28	602	204.78	604	204.69	606	204.74	608	204.79												
610	204.87	612	205.05	614	205.17	616	205.27	618	205.41												
620	205.55	622	205.65	624	205.65	626	205.62	628	205.66												

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> NR/17143	<b>CODICE TECNICO</b>
	<b>LOCALITA'</b> REGIONE TOSCANA	<b>RE-CIV-003</b>	
	<b>PROGETTO</b> Rifac. Met. Sansepolcro - Terranuova Bracciolini DN 750 (30"), DP 75bar ed opere connesse	Fg. 87 di 87	<b>Rev.</b> <b>0</b>

Rif. TPIDL: 082669C-100-RT-3200-038

630	205.71	632	205.71	634	205.74	636	205.81	638	205.9
640	205.91	642	205.91	644	205.88	646	205.94	648	205.96
650	205.98	652	206.03	654	206.09	656	206.12	658	206.16
660	206.21	662	206.32	664	206.35	666	206.17	668	206.12
670	205.94	672	205.82	674	206.33	676	206.49	678	206.39
680	206.27	682	206.17	684	206.01	686	206.09	688	206.41
690	206.37	692	206.26	694	206.05	696	204.87	698	203.98
700	203.91	702	204.03	704	204.16	706	204.58	708	205.13
710	205.7	712	205.99	714	205.99	716	206	718	205.93
720	205.8	722	205.77	724	205.8	726	205.76	728	205.77
730	205.98	732	206.37	734	206.73	736	206.77	738	206.43
740	205.96	742	205.75	744	205.7	746	205.74	748	206.02
750	206.42	752	206.8	754	207.06	756	207.23	758	206.94
760	206.32	762	205.98	764	205.9	766	205.63	768	205.24
770	204.87	772	204.76	774	204.71	776	204.7	778	205.1
780	205.96	782	206.53	784	206.64	786	206.63	788	206.65
790	206.71	792	206.75	794	206.61	796	206.53	798	206.41
800	206.28	802	206.22	804	206.14	806	206.03	808	205.93
810	205.84	812	205.74	814	205.6	816	205.57	818	205.53
820	205.53	822	205.5	824	205.47	826	205.46	828	205.5
830	205.63	832	205.58	834	205.51	836	205.5	838	205.48
840	205.44	842	205.42	844	205.37	846	205.3	848	205.26
850	205.11	852	205.03	854	205.04	856	205.12	858	205.18
860	205.19	862	205.19	864	205.16	866	205.14	868	205.1
870	204.98	872	204.88	874	204.79	876	204.79	878	204.88
880	205.08	882	205.28	884	205.69	886	205.93	888	206.09
890	206.27	892	206.54	894	206.57	896	206.57	898	206.7
900	206.98	902	207.29	904	207.44	906	207.5	908	207.68
910	207.81	912	208.03	914	208.56	916	209.02	918	209.11
920	209.08	922	209.08	924	209.18	926	209.25	928	209.24
930	209.17	932	209.1	932.29	209.1				

Manning's n Values num= 3  
Sta n Val Sta n Val Sta n Val  
0 .055 438.95 .035 532.34 .055

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
438.95 532.34 0 0 0 .1 .3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #TR200

E.G. Elev (m)	206.35	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.37	Wt. n-Val.	0.055	0.035	0.055
W.S. Elev (m)	205.98	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	205.51	Flow Area (m2)	418.54	389.15	148.43
E.G. Slope (m/m)	0.001803	Area (m2)	418.54	389.15	148.43
Q Total (m3/s)	1610.60	Flow (m3/s)	320.74	1201.80	88.07
Top Width (m)	766.37	Top Width (m)	426.42	93.39	246.56
Vel Total (m/s)	1.68	Avg. Vel. (m/s)	0.77	3.09	0.59
Max Chl Dpth (m)	6.54	Hydr. Depth (m)	0.98	4.17	0.60
Conv. Total (m3/s)	37933.1	Conv. (m3/s)	7554.0	28305.0	2074.2
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	427.22	95.80	248.58
Min Ch El (m)	199.44	Shear (N/m2)	17.32	71.81	10.56
Alpha	2.56	Stream Power (N/m s)	44636.06	0.00	0.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			