

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 1 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

PROGETTO:

**Rifacimento metanodotto Derivazione per Sestri Levante
DN 400 (16"), DP 75 bar
ed opere connesse**

Attraversamento in subalveo

RIO BARBIGARECCIA

(Prog. km: 1+980)

**STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO E
RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA**

0	Emissione	Vitelli	Caccavo	Palozzo	Nov. 2022
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 2 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

INDICE

1	GENERALITÀ	4
1.1	Premessa	4
1.2	Scopo e descrizione dell'elaborato	4
1.3	Disegno di Attraversamento	5
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3	CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBITO IN ESAME	8
3.1	Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	8
3.2	Descrizione dell'area di attraversamento	10
3.3	Indagini di caratterizzazione litostratigrafica	12
4	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	13
4.1	Generalità	13
4.2	Considerazioni specifiche preliminari	13
4.3	Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino	13
4.4	Metodo Indiretto (Afflussi-Deflussi)	15
4.4.1	<u>Generalità</u>	15
4.4.2	<u>Criteri generali di valutazione dei parametri idrologici</u>	16
4.4.3	<u>Individuazione dei parametri idrologici</u>	21
4.4.4	<u>Risultati delle elaborazioni idrologiche</u>	22
4.4.5	<u>Validazione dei risultati</u>	22
4.5	Portata di progetto	23
5	STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE	24
5.1	Presupposti e limiti dello studio	24
5.2	Assetto geometrico e modellazione dell'alveo	25
5.2.1	<u>Assetto geometrico di modellazione</u>	25
5.2.2	<u>Dati di input e condizioni al contorno</u>	27
5.3	Risultati della simulazione idraulica	28
5.4	Analisi dei risultati conseguiti	35
6	VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO	36
6.1	Generalità	36
6.2	Criteri di calcolo	37
6.3	Stima dei massimi approfondimenti d'alveo attesi	40
6.4	Analisi dei risultati e considerazioni progettuali	41
7	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	42

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 3 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

7.1	Metodologia costruttiva: Microtunnelling	42
7.2	Configurazione geometrica di progetto	42
8	DESCRIZIONE DELLA TECNICA COSTRUTTIVA DEL MICROTUNNEL	44
8.1	Generalità	44
8.2	Requisiti generali del sistema costruttivo	44
8.3	Fasi Operative	46
8.4	Considerazioni sulla stabilità per filtrazione in sub-alveo	49
9	VALUTAZIONI INERENTI ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA	51
9.1	Quadro normativo di riferimento	51
9.1.1	<u> Criteri generali di progettazione del metanodotto</u>	51
9.1.2	<u> Strumenti di "Pianificazione territoriale"</u>	51
9.1.3	<u> Disposizioni e Misure di salvaguardia per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti a pericolosità idraulica</u>	52
9.2	Interferenze con aree a pericolosità idraulica	56
9.2.1	<u> Premessa</u>	56
9.2.2	<u> Interferenze con il PGRA</u>	56
9.3	Analisi delle condizioni di Compatibilità Idraulica	58
9.3.1	<u> Considerazioni di carattere generale</u>	58
9.3.2	<u> Considerazioni specifiche inerenti all'ambito di attraversamento dell'alveo</u>	58
9.3.3	<u> Considerazioni specifiche inerenti ai tratti di percorrenza di linea delle aree inondabili</u>	60
9.4	Considerazioni conclusive sulla compatibilità idraulica	60
10	CONCLUSIONI	62
	APPENDICE 1: COLONNE STRATIGRAFICHE DEI SONDAGGI	63
	APPENDICE 2: ELABORAZIONE STATISTICA DATI DI PIOGGIA STAZ. "MONTEGROPPO"	64
	ANNESSO:	
	• Disegno di Attraversamento (cfr. par.1.3)	

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 4 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

1 GENERALITÀ

1.1 Premessa

La Snam Rete Gas, nell'ambito del progetto "*Rifacimento metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16")*", intende realizzare dei nuovi tratti di metanodotto, che si sviluppino nell'ambito dei territori dell'Emilia Romagna e della Liguria, in sostituzione dei corrispondenti tratti del metanodotto "*Derivazione per Sestri Levante DN 250 (10")*" in esercizio ed in fase di dismissione.

In particolare, il tracciato del metanodotto in progetto (DN 400) interseca l'alveo del rio BARBIGARECCIA nel territorio comunale di Albareto (PR), in prossimità della località "Le Moie".

In corrispondenza del sopracitato ambito di attraversamento del corso d'acqua, il tracciato del metanodotto in progetto interferisce con delle aree censite a pericolosità idraulica nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) dell'Autorità di Distretto del Fiume Po.

1.2 Scopo e descrizione dell'elaborato

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

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

Le scelte sono state effettuate in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico, ed idraulico, con lo scopo di garantire la sicurezza del metanodotto per tutto il periodo di esercizio, nonché di assicurare la compatibilità dell'infrastruttura in considerazione del contesto idraulico del corso d'acqua, subordinandola alla dinamica evolutiva dello stesso.

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

- Inquadramento territoriale dell'area d'attraversamento, in modo da consentire di individuare in maniera univoca il tratto del corso d'acqua interessato dall'interferenza con l'infrastruttura lineare in progetto;
- Caratterizzazione idrografica del corso d'acqua e descrizione dell'ambito di attraversamento;
- 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 alla metodologia costruttiva, alla geometria della condotta in subalveo ed alle eventuali opere di presidio idraulico;

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 5 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

- Valutazioni sulle condizioni di compatibilità idraulica del sistema d'attraversamento in riferimento ai criteri stabiliti nelle disposizioni normative per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti a pericolosità idraulica.

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-4B-11113**
"Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante", DN400 (16");
 Microtunnel "Le Moie" – Attraversamento Rio Barbigareccia

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA	REL-CI-E-10400		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 6 di 66	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento dell'alveo del Barbigareccia da parte del tracciato del metanodotto in progetto (DN400) ricade nel territorio comunale di Albareto (PR), in prossimità della località "Le Moie".

Dal punto di vista idrografico, l'ambito di attraversamento ricade nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua, a circa 0.5 km dalla foce nel Gotra.

Al fine di fornire un inquadramento territoriale generale dell'ambito di attraversamento, qui di seguito si riporta una corografia in scala 1:25.000 (estratta dalle tavolette IGM), dove:

- il tracciato del metanodotto in progetto è riportato mediante una linea in rosso;
- il tratto di metanodotto che sarà da dismettere è indicato tramite una linea in verde;
- i tratti di linea da mantenere in esercizio sono indicati in colore arancione;
- l'area di attraversamento in esame è evidenziata mediante un cerchio in colore blu.

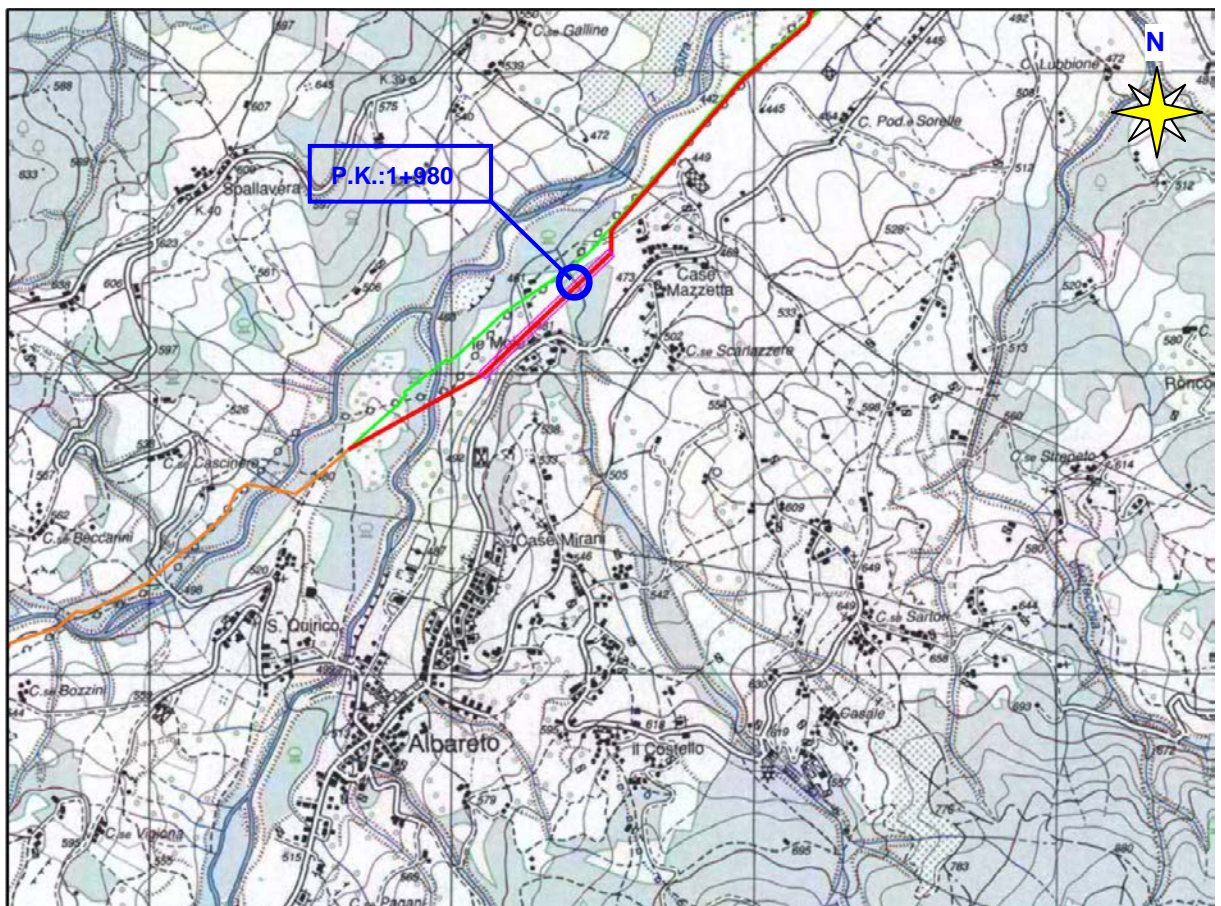


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

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

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

Coordinate ambito di attraversamento del corso d'acqua		
Coordinate Piane: WGS84- Fuso 32 (EPSG 32632)	556324 m E	4923097m N

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA	REL-CI-E-10400		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 7 di 66	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico di maggior dettaglio (dalle CTR in scala 1:10.000), nel quale sono riportate le medesime informazioni di cui allo stralcio precedente.

Nella stessa figura è inoltre indicato schematicamente (mediante una 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 (in microtunnel).

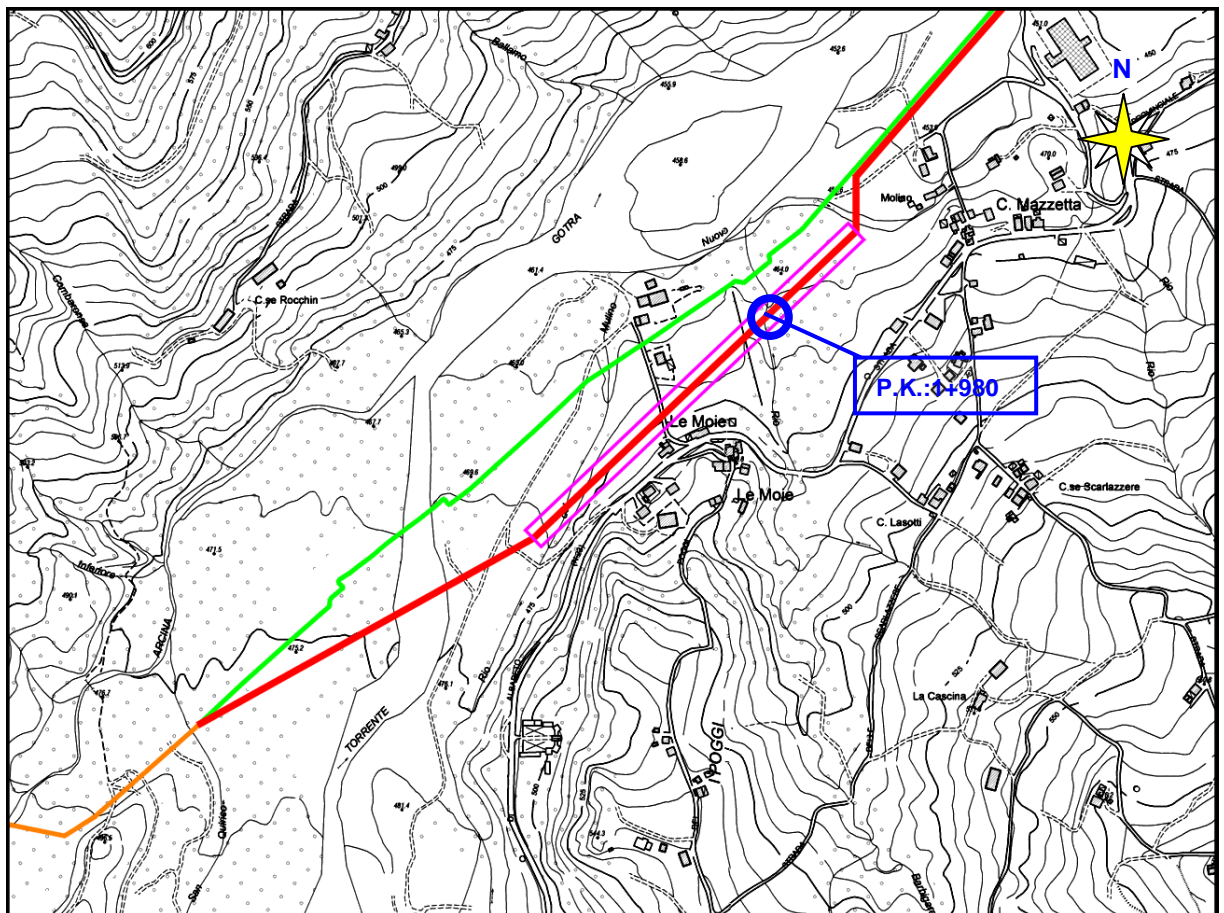


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

Dall'analisi della figura precedente si rileva che l'ambito di attraversamento del corso d'acqua da parte del tracciato del metanodotto in progetto (DN400) è ubicato a circa 50m a monte nei confronti dell'attraversamento del metanodotto DN250 attualmente in esercizio (e che verrà successivamente dismesso).

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 8 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

3 CARATTERIZZAZIONE DELL'AMBITO IN ESAME

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

Il Rio Barbigareccia rappresenta un corso d'acqua di moderata rilevanza, di livello gerarchico 4 (da valle a monte), affluente di destra del Torrente Gotra.

Il Rio è caratterizzato da un bacino complessivo di superficie di circa 5 km², di forma stretta e allungata, ricadente interamente nel territorio di Albareto.

Il Barbigareccia nasce in prossimità di Monte Ribone (1288m), si sviluppa in direzione Nord- Ovest con una pendenza media significativa, senza ricevere il contributo di affluenti significativi dal punto di vista idraulico.

Quindi, dopo uno sviluppo dell'asta principale di circa 6.8 km, nei pressi della località "Case Mazzetta" sfocia nel Gotra, in un ambito situato a circa 1.7 km dalla foce di quest'ultimo nel Taro.

Il regime idrologico del corso d'acqua è tipicamente torrentizio, con andamento dei deflussi legato sostanzialmente a quello delle precipitazioni atmosferiche ricadenti nel bacino. In particolare, i deflussi sono cospicui soprattutto nei mesi autunnali (specie a novembre) e anche mesi primaverili (con un contributo determinato dallo scioglimento delle nevi); mentre in estate s'individuano degli importanti periodi di magra (e anche di secca).

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico estrapolato dalle tavolette IGM, con indicazione dell'asta principale del corso d'acqua e del reticolo idrografico significativo in colore blu; mentre, il reticolo minore è riportato in celeste. Nella stessa figura è anche indicato, mediante un cerchio in rosso, l'ambito d'interferenza tra il metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in rosso) e l'alveo del corso d'acqua.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 9 di 66

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

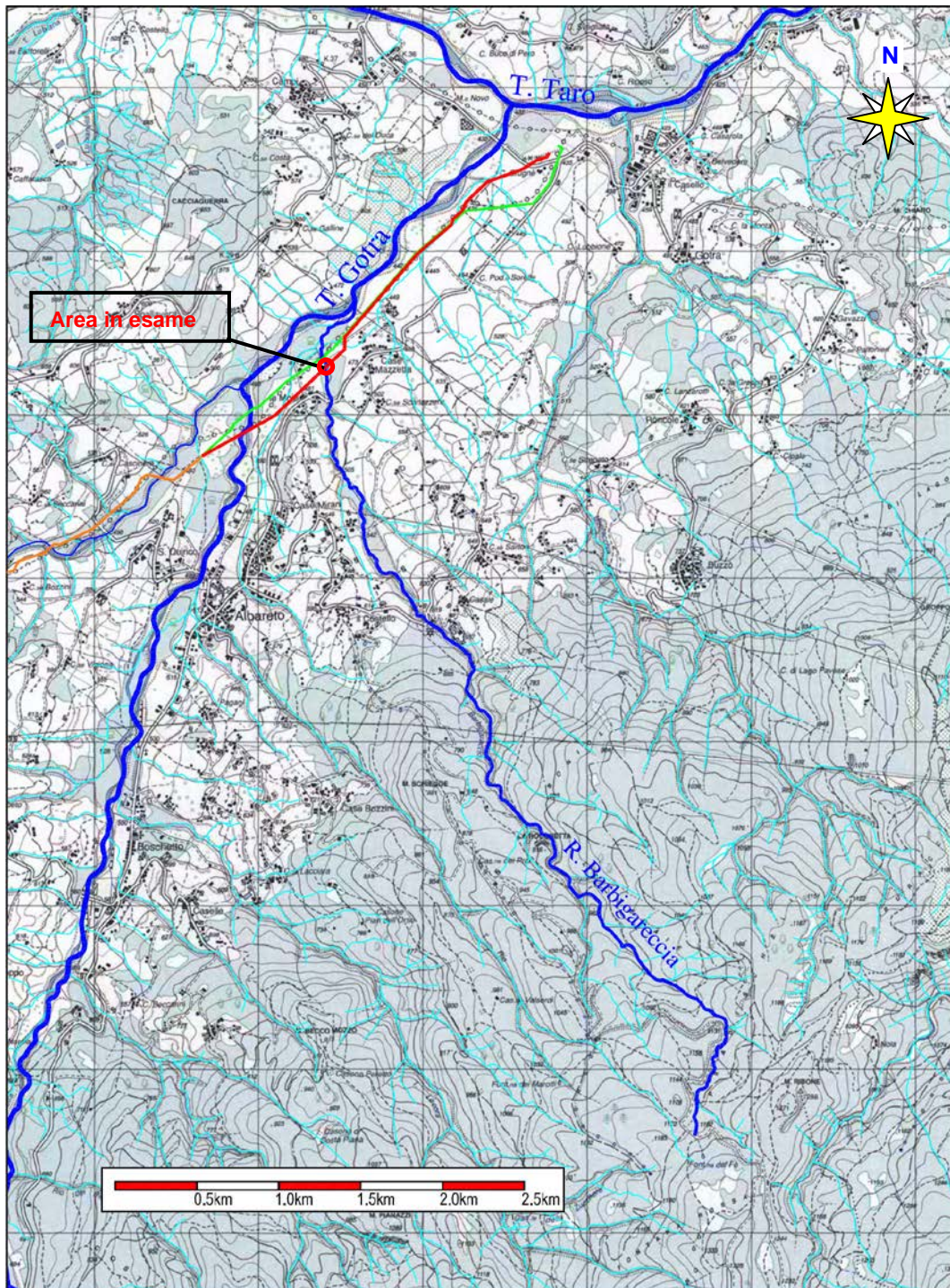


Fig.3.1/A: Sviluppo complessivo del corso d'acqua con indicazione ambito di attraversamento

Dall'esame della figura precedente si rileva che l'attraversamento del metanodotto in progetto (DN400) ricade nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua, a circa 500m dalla foce nel Gotra.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA	REL-CI-E-10400		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 10 di 66	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

3.2 Descrizione dell'area di attraversamento

L'attraversamento da parte del metanodotto in progetto ricade nei pressi della località "Le Moie", nel tratto terminale dello sviluppo dell'asta principale del corso d'acqua.

In prossimità dell'area di attraversamento, il corso d'acqua assume un andamento longitudinale sostanzialmente sub-rettilineo.

Il rio presenta un letto di fondo, di ampiezza di circa 6-7m circa, costituito da ghiaie, ciottolame e blocchi lapidei in una matrice sabbiosa. Le sponde sono mediamente acclivi e si elevano dal letto del corso d'acqua per circa 3m. Dal punto di vista vegetazionale si evidenzia che l'attraversamento ricade entro una macchia boschiva, pertanto nell'intorno dell'alveo si individua la presenza di una rigogliosa vegetazione arborea.

Al fine di consentire una visione diretta dell'ambito in esame, qui di seguito si riporta una foto aerea dove:

- il tracciato del metanodotto in progetto è riportato mediante una linea in rosso;
- il tratto di metanodotto che sarà da dismettere è indicato tramite una linea in verde;
- l'area di attraversamento è evidenziata mediante un cerchio in colore celeste.

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

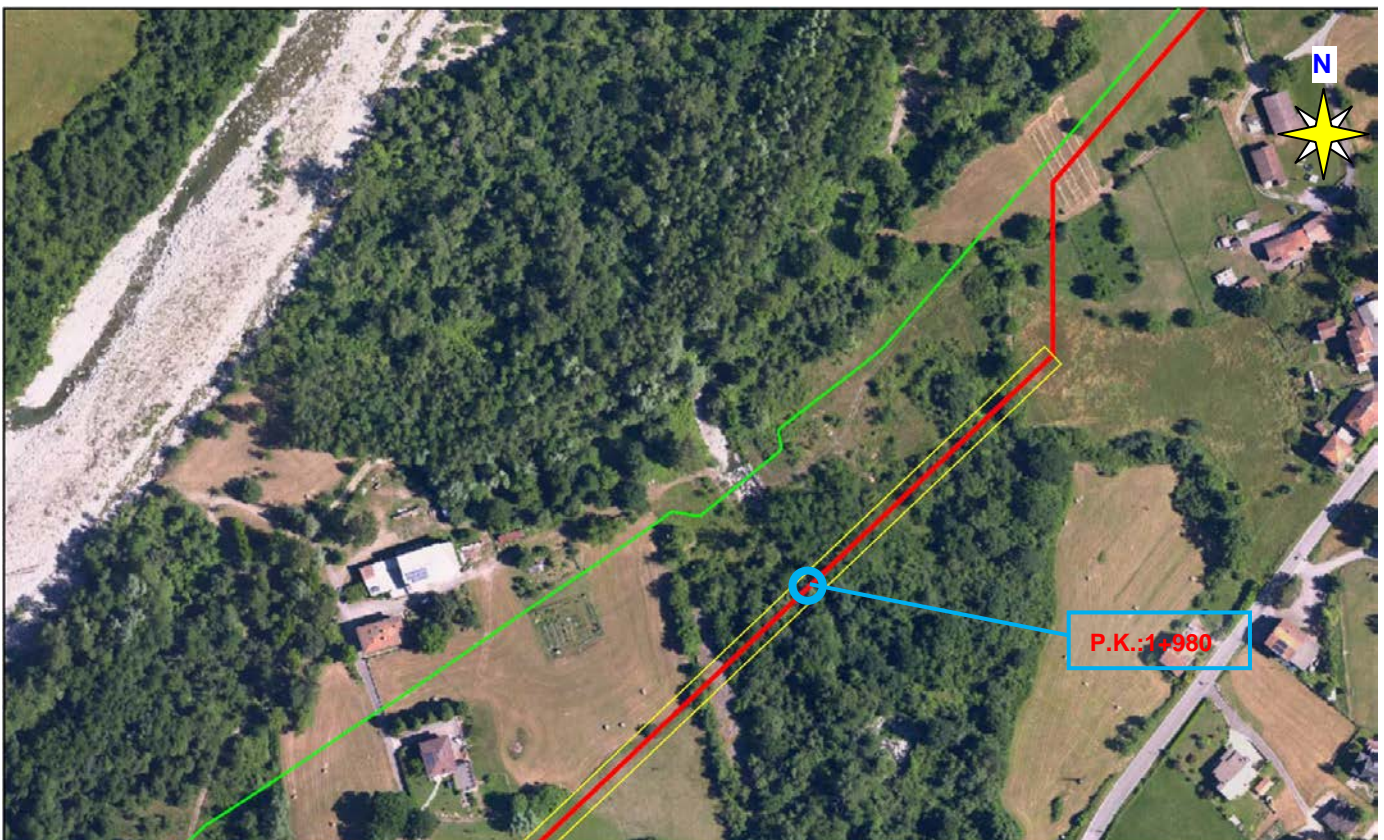


Fig.3.2/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 11 di 66

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

Nella figura seguente è inoltre riportata una foto relativa all'ambito d'attraversamento in esame del corso d'acqua, scattata dalla sponda in destra idrografica.

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 mediante trivellazione in subalveo.

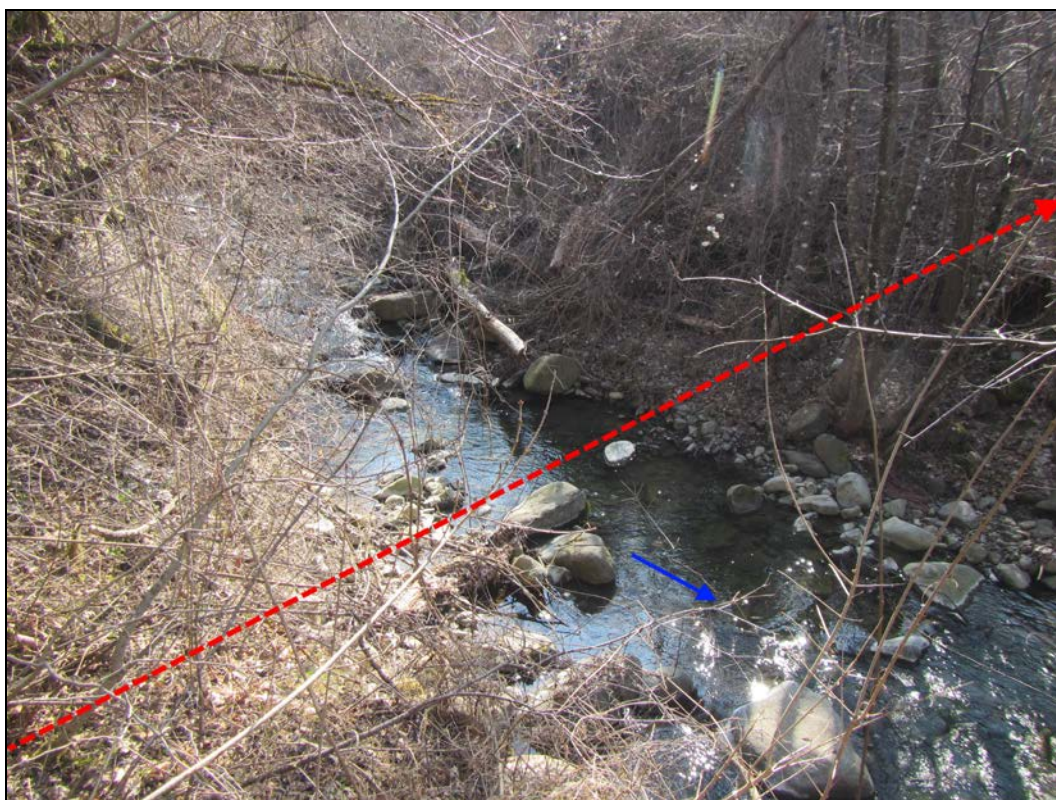


Fig.3.2/B: Foto ambito d'attraversamento

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA	REL-CI-E-10400		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 12 di 66	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

3.3 Indagini di caratterizzazione litostratigrafica

Per l'acquisizione degli elementi che hanno permesso di esprimere un giudizio sui litotipi dei terreni presenti lungo il tracciato del metanodotto in progetto, recentemente (nella primavera ed estate del 2022), è stata eseguita una specifica campagna geognostica.

In particolare, in prossimità dell'ambito fluviale in esame è stato eseguito un sondaggio denominato DS-B-B03, spinto sino alla profondità di 25m dal p.c. e la cui ubicazione è stata riportata nella foto aerea di cui alla figura seguente.

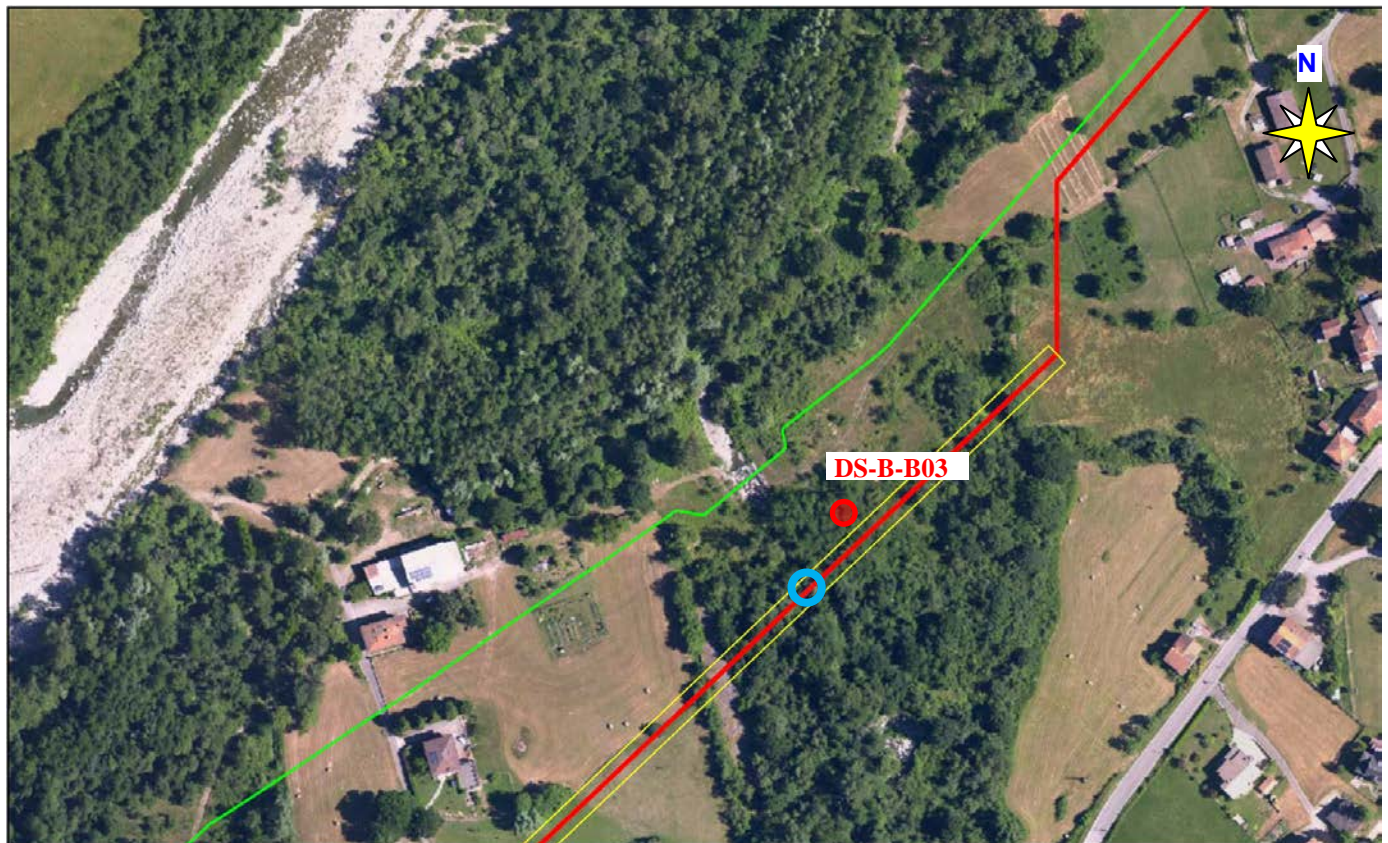


Fig.3.3/A: Foto aerea dell'ambito di attraversamento, con ubicazione del sondaggio d'interesse

Per l'esame della colonna stratigrafica del sondaggio di riferimento si rimanda alla visione dell'Appendice 1.

Dall'analisi della stessa colonna stratigrafica, s'individua la presenza di un livello superficiale (di spessore di circa 11m) di alluvioni costituiti da ghiaia, ciottolame e blocchi in matrice sabbiosa, poggiante su un substrato costituito da argillite a struttura scagliettata.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 13 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

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.

In ultimo si pone in evidenza, che frequentemente sono disponibili degli "studi ufficiali", adottati e/o approvati dalle Autorità competenti. In tali casi è opportuno riferirsi principalmente ai risultati di detti studi.

4.2 Considerazioni specifiche preliminari

Nel caso in esame non sono disponibili dati ufficiali di valutazioni idrologiche per la sezione di chiusura in esame.

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

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

4.3 Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino

Si assume come sezione di studio quella di attraversamento da parte del metanodotto in progetto (DN400), che ricade nel tratto terminale dello sviluppo del corso d'acqua e a circa 500m dalla foce nel Gotra.

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 14 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

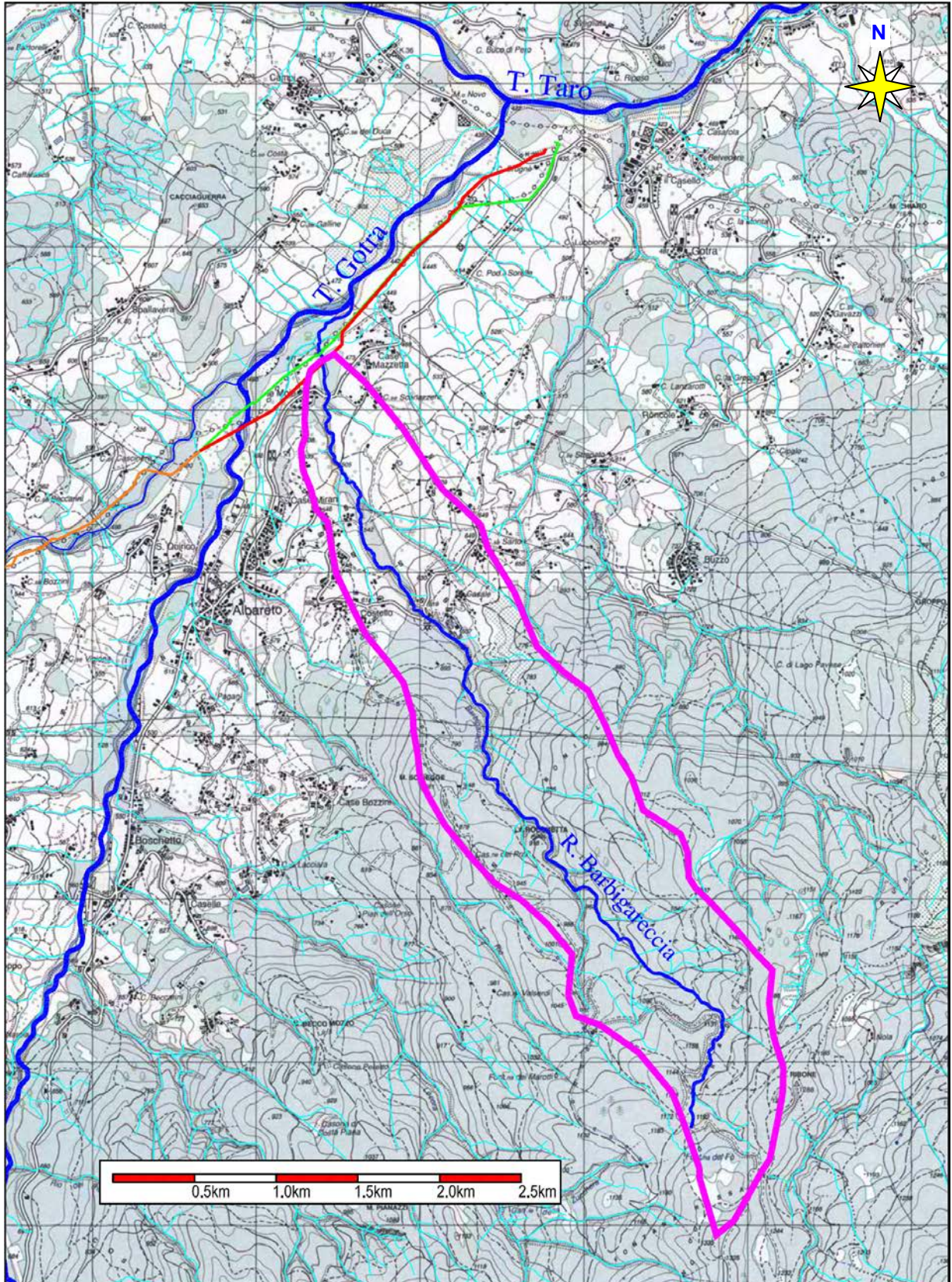


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 15 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

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	Sez. di studio	Superficie Bacino (kmq)	Lunghezza asta principale (km)	Altitudine max del Bacino (m)	Altitudine media Bacino (m)	Altitudine Sezione chiusura (m)
Barbigareccia	Sez. Attrav.	4.9	6.3	1288	950	460

4.4 Metodo Indiretto (Afflussi-Deflussi)

4.4.1 Generalità

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

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

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

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

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

in cui:

- Q_c (mc/s): portata di progetto al colmo di piena (in funzione del tempo di ritorno "TR" (anni);
- c (-): coefficiente di deflusso, pari al rapporto tra il volume totale affluito (pioggia totale effettivamente caduta sul bacino) e volume defluito attraverso la sezione di chiusura (pioggia totale depurata delle perdite per infiltrazione ed evapotraspirazione). Il parametro tiene in considerazione della capacità di assorbimento del terreno e del fattore di laminazione (capacità di invaso sulla superficie del bacino e nel reticolo idrografico);
- ε (-): coefficiente di laminazione (capacità di invaso sulla superficie del bacino e nel reticolo idrografico);
- A (kmq): superficie del bacino imbrifero, riferita alla sezione di chiusura;
- t_c (h) - tempo di corrivazione: è il tempo che una goccia di pioggia, caduta nel punto idraulicamente più lontano dalla sezione considerata, impiega a raggiungere la sezione stessa;

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 16 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

- h_{ragg} (mm) – altezza di pioggia ragguagliata al bacino: viene valutata per piogge di durata pari al tempo di corrivazione " t_c " ed è funzione del tempo di ritorno "TR", intendendo con tale locuzione l'inverso della probabilità di superamento di un certo evento.

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

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

4.4.2 Criteri generali di valutazione dei parametri idrologici

Superficie del bacino (A)

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

Tempo di corrivazione (t_c)

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

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

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

- *Formula di Giandotti (1934-1937)*

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

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

dove:

A = Superficie del bacino (kmq);

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

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

- *Formula di Pezzoli (1970)*

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

dove:

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

i = pendenza media dell'alveo (-)

- *Formula di Pasini*

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

dove:

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 17 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

A = Superficie del bacino (kmq);
i_a = pendenza media dell'alveo (-)

- *Formula di Watt, Chow e Ward*

Viene proposta con la seguente espressione:

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

dove:

L = lunghezza dell'asta fluviale principale (km);
i_a = pendenza media dell'alveo (-)

Coefficiente di Deflusso (c)

Il valore di tale parametro viene stabilito in dipendenza della natura litologica dei terreni della superficie del bacino e del suo grado di saturazione, del livello di forestazione e dall'uso del suolo e della pendenza dei versanti.

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

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

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

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

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

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 18 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

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

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

Si riporta infine una tabella del coefficiente di deflusso proposta da G. Benini ("Sistemazioni idraulico forestali" -1990), la quale risulta essere quella maggiormente interessante per bacini poco urbanizzati, in quanto tiene conto del tipo di vegetazione, del tipo di suolo e della pendenza dei versanti.

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

Nella tabella precedente, relativamente al tipo del suolo, per *terreni compatti* si intendono terreni a bassa permeabilità (superfici prevalentemente argillosi o con rocce affioranti), per *terreni leggeri* si intendono terreni ad elevata permeabilità (superfici con materiali granulari, quali sabbie e argille), e per terreni ad impasto medio si intendono terreni media permeabilità (situazioni intermedie tra i casi precedente citati).

Coefficiente di laminazione (ϵ)

Per quanto attiene alle perdite per laminazione, è indubbio che lo sviluppo della rete drenante e la natura dei terreni incidano su tale fenomeno proporzionalmente all'estensione del bacino. Si ritiene pertanto di stimare ϵ sulla scorta delle valutazioni proposte in letteratura tecnica, che ne correlano il valore all'estensione della superficie drenante, quale la relazione tabellare proposta da Maione¹ (derivante da alcune ipotesi circa la forma dell'onda di piena e con riferimento al modello dell'invaso lineare), che prevede valore pari a 0,8 per bacini impermeabili di area inferiore a 100 km². La sussistenza della condizione di impermeabilità della superficie imbriferà, ai fini della valutazione degli effetti di laminazione, è di norma appropriata, essendo deputato al fattore "c" la rappresentazione degli aspetti di natura litologica.

¹ U. Maione, "Le piene Fluviali" - La Goliardica Pavese, 1981.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 19 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

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

Considerando le grandezze appena descritte, è evidente che l'unica che può essere elaborata statisticamente è l'altezza di pioggia ragguagliata al bacino " h_{ragg} ";
In generale il procedimento finalizzato alla determinazione del valore " h_{ragg} " si articola nelle seguenti fasi:

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

A) Reperimento dati sperimentali sulle precipitazioni

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

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

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

dove:

h = altezza di pioggia (mm);
a, n = coefficienti costanti;
t = durata della pioggia (ore).

B) Elaborazione probabilistica per mezzo del metodo di Gumbel

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

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

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

$$\alpha = 1.283/\sigma \qquad u = \mu - (0.577/\alpha);$$

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

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

facendo le opportune sostituzioni ed esplicitando si ottiene:

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

che rappresenta, quindi, il valore massimo che una precipitazione meteorica potrà

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 20 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

superare, mediamente, una sola volta in un qualsiasi anno del tempo di ritorno "T".

C) Tracciamento delle curve di possibilità climatica o pluviometrica

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 21 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

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

4.4.3 Individuazione dei parametri idrologici

Parametri morfometrici

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

Tempo di corrivazione

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

Tab.4.4/A: Valutazione del tempo di corrivazione

Metodo	Tempo di corrivazione (h) -
Formula di Giandotti	1.03
Formula di Pezzoli	1.01
Formula di Pasini	0.98
Formula di Watt	1.27
Valore medio	1.07
Dev. Stand. (0<Dev. St.<Inf.)	0.13

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

Coefficiente di deflusso (c)

Nel bacino in esame si rileva la sostanziale assenza di ambiti antropizzati e superfici pavimentate; inoltre si individua che una considerevole parte del bacino è interessata da superfici boschive.

Per contro le pendenze dei versanti sono molto significative; nonché il sottile strato di suolo è sostanzialmente impostato sul fondo lapideo che favorisce il rapido scorrimento delle acque piovane.

Pertanto, in considerazione delle caratteristiche peculiari del bacino, si è cautelativamente assegnato un coefficiente di deflusso (c) pari a 0.65

Coefficiente di laminazione (ε)

Per quanto riguarda il coefficiente di laminazione, si assume cautelativamente ε=1

Curve di possibilità pluviometrica - altezza di pioggia ragguagliata (h_{ragg.})

Per la valutazione delle curve di possibilità pluviometrica (h= atⁿ), si è fatto riferimento alla stazione pluviometrica di "Montegropo", per la quale sono state eseguite le elaborazioni statistiche sui dati estremi di pioggia (1, 3, 6, 12, 24h) dal 1980 al 2020.

La stazione di Montegropo è posizionata a distanza ravvicinata dal corso d'acqua ed è localizzata sempre all'interno del bacino del Gotra, inoltre l'altitudine è simile a quella media del bacino in esame. Pertanto risulta molto rappresentativa per analizzare le

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 22 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

condizioni pluviometrica dell'ambito di studio.

Per l'esame dei dati di input ed i risultati in forma estesa delle elaborazioni statistiche si rimanda alla visione dell'Appendice 2.

Nella seguente tabella sono, invece, sintetizzati i valori di "a" e di "n", in funzione del tempo di ritorno.

Tab.4.4/B: Curve possibilità pluviometrica – Staz. Montegrosso

Tr		LEGGE DI PIOGGIA	$h = a \times t^n$
10 anni	→		$h=65.331xt^{0.4237}$
30 anni	→		$h=81.869xt^{0.4137}$
50 anni	→		$h=89.422xt^{0.4102}$
100 anni	→		$h=99.612xt^{0.4063}$
200 anni	→		$h=109.768xt^{0.4031}$

4.4.4 Risultati delle elaborazioni idrologiche

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

Tab.4.4/B: Portate di piena valutate con il metodo "Afflussi – Deflussi"

TR	a	n	tc(h)	Hr	FI	S (kmq)	Q (mc/s)
10	65.331	0.4237	1.07	67.3	0.65	4.9	56
30	81.89	0.4137	1.07	84.3	0.65	4.9	70
50	89.422	0.4102	1.07	92.0	0.65	4.9	76
100	99.612	0.4063	1.07	102.5	0.65	4.9	85
200	109.768	0.4031	1.07	112.9	0.65	4.9	93

4.4.5 Validazione dei risultati

Al fine di validare i risultati delle valutazioni idrologiche, si è proceduto ad effettuare un'analisi di confronto con i valori di portata conseguiti con il metodo VAPI (Rapporto sulla Valutazione delle piene Italia Nord Occidentale – Portata al colmo di piena Bacino del Fiume PO e Liguria Tirrenica, Carlo De Michele e Renzo Rosso), seppur si specifica che la superficie del bacino in esame risulta leggermente inferiore al campo di validità individuato per gli algoritmi proposti.

Dalle operazioni di raffronto è emerso che i risultati conseguiti nel presente elaborato (con il metodo Afflussi – Deflussi) risultano compatibili e leggermente conservativi nei confronti di quelli conseguiti con il metodo VAPI.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 23 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

4.5 Portata di progetto

Conformemente a quanto previsto in normativa, si adotta come portata di progetto per la sezione di studio in esame quella associata ad un tempo di ritorno (TR) pari a 200 anni.

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

Tab.4.5/A: Portata di progetto

Corso d'acqua	Sezione Idrologica	Sup. Bacino (kmq)	Qprogetto (mc/s)	qmax (mc/s×kmq)
R. Barbigareccia	Sezione di Attrav.	4.9	93	19.0

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA	REL-CI-E-10400		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 24 di 66	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

5 STUDIO IDRAULICO IN MOTO PERMANENTE

5.1 Presupposti e limiti dello studio

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

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

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

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

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

Detto ciò, le valutazioni idrauliche di cui al capitolo presente (nonché le valutazioni dei processi erosivi di cui al capitolo seguente) sono state sviluppate esclusivamente per completezza dell'elaborato ed assumono una funzione a titolo prettamente conoscitivo in merito alle specifiche argomentazioni in esame.

Lo schema utilizzato nello studio per la determinazione dei profili idrici è quello di moto permanente monodimensionale (deflusso costante e geometria variabile), con corrente gradualmente variata (fatta eccezione per le sezioni in cui si risente della presenza di strutture), variazioni di forma dell'alveo e di pendenza longitudinale del fondo compatibili con il modello. I limiti dello studio sono quelli intrinseci del modello di calcolo e che le valutazioni idrauliche sono condotte comunque in riferimento ad un tratto limitato del corso d'acqua.

I criteri ed i modelli di calcolo utilizzati per le verifiche idrauliche in moto permanente derivano dall'applicazione del software HEC-RAS (vers. 6.2) e descritti nei documenti "RAS Hydraulic reference manual", "RAS user's manual", "RAS applications guide".

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 25 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

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

5.2 Assetto geometrico e modellazione dell'alveo

5.2.1 Assetto geometrico di modellazione

Al fine di eseguire la modellazione idraulica nell'ambito di riferimento è stato considerato un tronco d'alveo idraulicamente significativo a cavallo della sezione di attraversamento del metanodotto in progetto, per uno sviluppo complessivo di circa 130m.

I dati geometrici di base derivano dai DTM (con risoluzione 1x1) ricavati tramite volo Lidar (appositamente eseguito per la progettazione del metanodotto in esame), che hanno consentito la definizione delle caratteristiche geometriche dell'alveo e delle golene lungo lo sviluppo del tronco d'alveo oggetto di analisi.

Entrando nello specifico, nella figura seguente è riportata una foto aerea (estrapolata dalle ortofoto del volo aereo) nella quale l'asta del corso d'acqua considerata nella modellazione idraulica è indicata in colore blu, mentre le sezioni trasversali sono riportate in colore magenta. La RS_138 coincide con la sezione di monte del tronco idraulico; invece, la sezione RS_9 rappresenta quella di valle.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA	REL-CI-E-10400		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 26 di 66	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

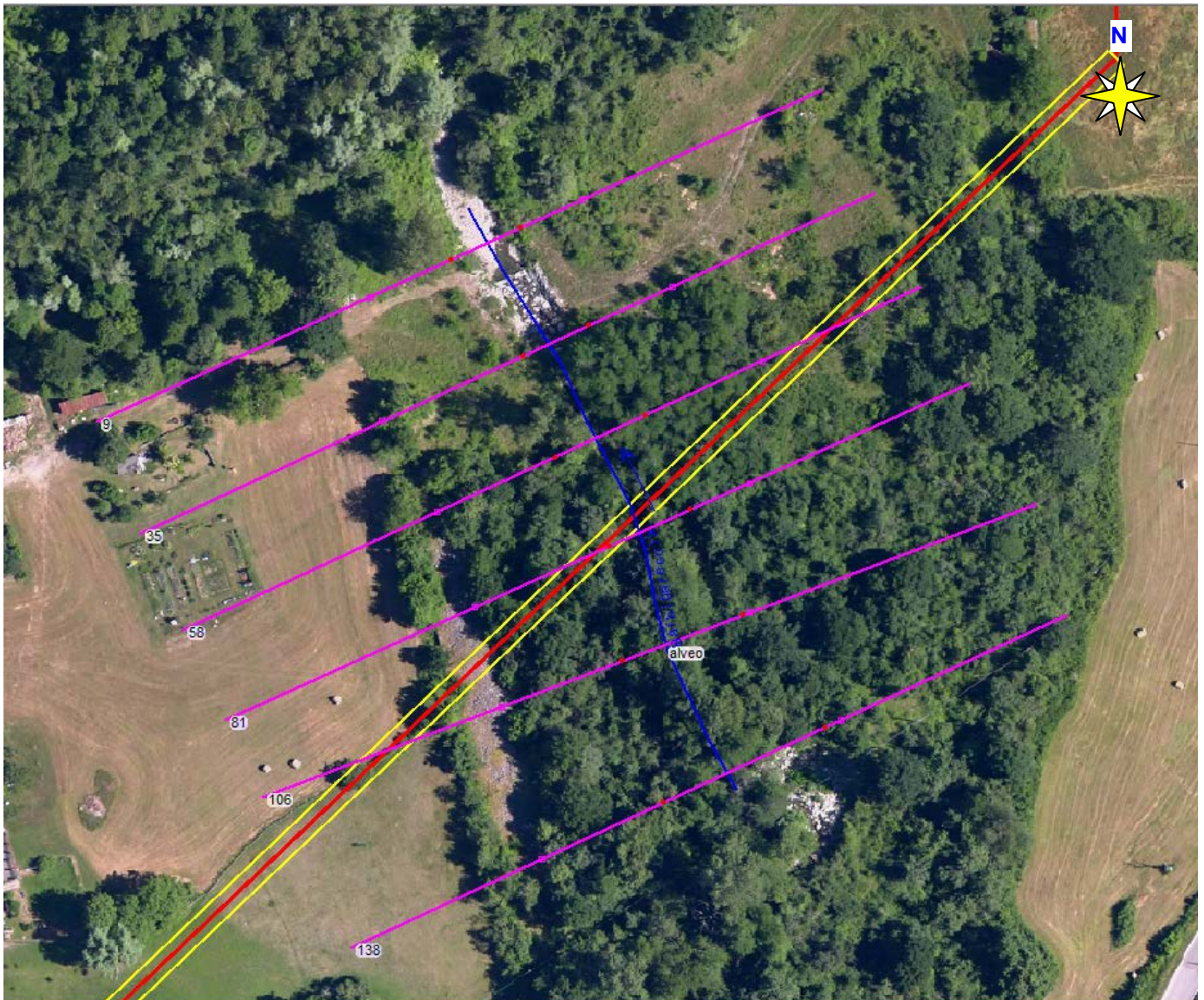


Fig.5.2/A: Foto aerea, con tronco d'alveo analizzato e sezioni di input nella modellazione

Dall'analisi della figura precedente, si rileva che il tracciato del metanodotto in progetto (indicato tramite una linea in rosso) attraversa l'alveo del corso nei pressi della River Station RS_81.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA	REL-CI-E-10400		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 27 di 66	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

Invece, nella figura seguente si riportano le medesime informazioni di cui alla Fig.5.2/A (ossia alveo e sezioni di calcolo) riportate sul Modello Digitale del Terreno considerato nella modellazione idraulica.

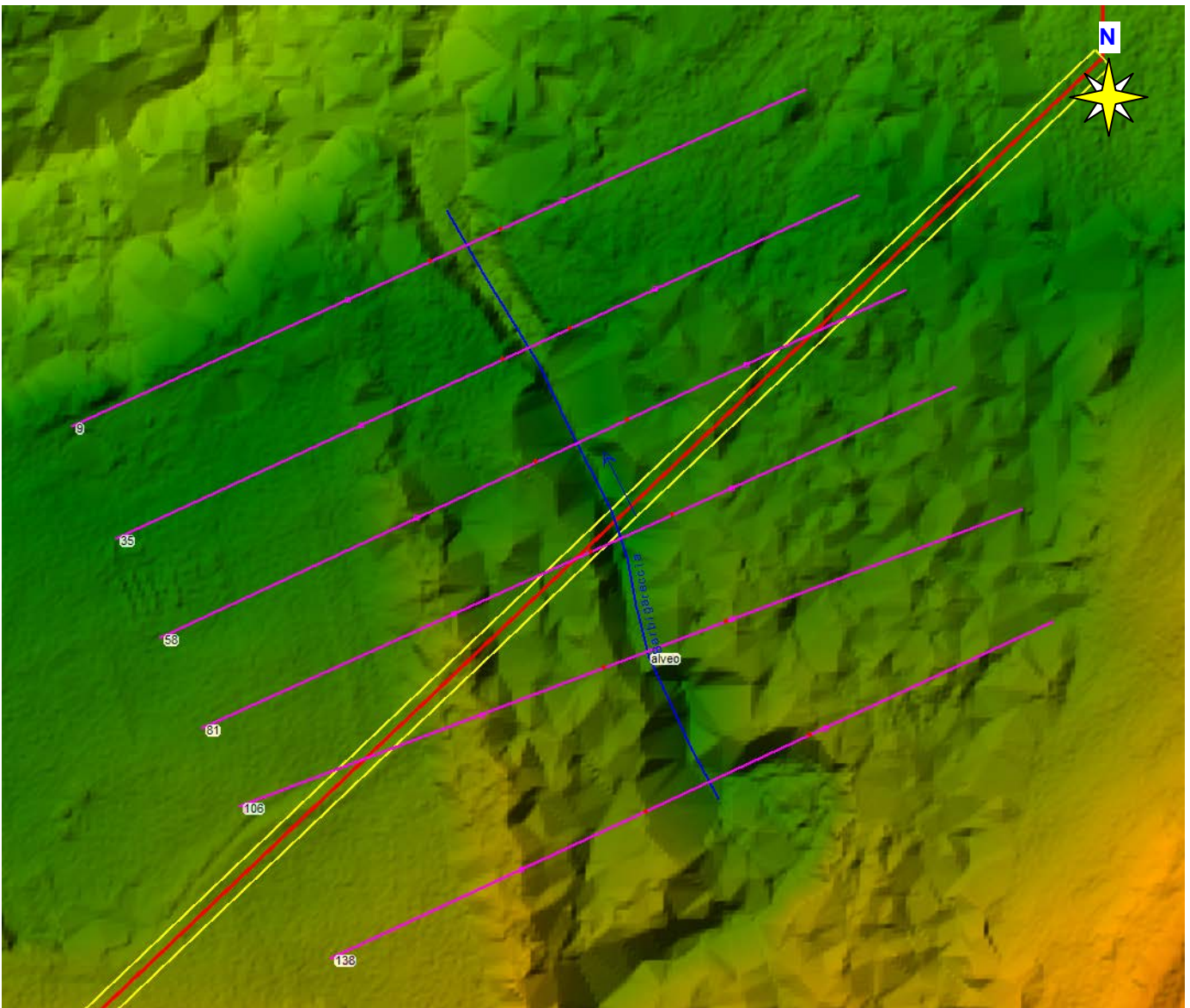


Fig.5.2/B: Schermata del DTM, con tronco d'alveo analizzato e sezioni di input nella modellazione

5.2.2 Dati di input e condizioni al contorno

Le elaborazioni sono state effettuate considerando l'evento di piena associato ad un tempo di ritorno di 200 anni, per il quale (in riferimento alle valutazioni idrologiche di cui al capitolo precedente) è stata valutata una portata al colmo di piena Q pari a:

- $Q_{200}=93$ mc/s

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 28 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

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 ed a valle, in considerazione delle pendenze al fondo individuate per i tratti immediatamente esterni all'estremità del tronco.

In tal senso si pone in evidenza, che seppur il tronco d'alveo analizzato è localizzato non lontano dalla foce nel Gotra, nella modellazione è stata considerata la non simultaneità degli eventi di piena dei due corsi d'acqua. Ciò in quanto, nel caso di piena anche del corso d'acqua ricettore, seppur le aree inondabili risulterebbero decisamente maggiori, le velocità di deflusso nel corso d'acqua in esame (e dunque anche le erosioni in alveo) sarebbero sensibilmente più basse.

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

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

5.3 Risultati della simulazione idraulica

Nella tabella seguente si riporta il prospetto riepilogativo dei risultati conseguiti nell'elaborazione idraulica, relativamente alle varie sezioni di calcolo considerate nella modellazione idraulica.

Tab.5.3/A: Tabella Riepilogativa di Output

River Station	Q Total (m3/s)	Q Chan (m3/s)	Min Ch Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Top Width Act Chl (m)	Hydr Depth C (m)	Shear Chan (N/m2)	Froude Chl
138	93	93.00	465	467.9	467.18	468.11	0.0028	2.01	46.25	29.79	29.79	1.55	42.24	0.52
106	93	93.00	463.96	467.29	467.29	467.91	0.0124	3.47	26.77	21.82	21.82	1.23	138.79	1
81	93	93.00	462.43	464.23	465.08	467.07	0.0667	7.46	12.47	11.59	11.59	1.08	564.88	2.3
58	93	92.58	461.83	463.82	464.37	465.49	0.0437	5.73	16.75	23.82	16.72	0.97	402.46	1.86
35	93	86.32	461.17	463.06	463.51	464.45	0.0381	5.42	20.9	38.62	16.00	1	357.81	1.73
9	93	93.00	459.68	461.12	461.82	463.24	0.0508	6.44	14.44	13.86	13.86	1.04	498.59	2.02

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

River Station:	Numero identificativo della sezione;
Q Total:	Portata complessiva defluente nell'intera sezione trasversale;
Q Chan:	Portata defluente nel canale principale (alveo attivo)
Min. Ch Elev:	Quota minima di fondo alveo;
W.S. Elev:	Quota del pelo libero;
Crit W.S.:	Quota critica del pelo libero (corrispondente al punto di minimo assoluto della curva dell'energia);
E.G. Elev:	Quota della linea dell'energia per il profilo liquido calcolato;
E.G. Slope:	Pendenza della linea dell'energia;
Vel Chnl:	Velocità media nel canale principale (alveo attivo);

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA	REL-CI-E-10400		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 29 di 66	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

Flow Area: Area della sezione liquida effettiva;
Top Width: Larghezza superiore della sezione liquida complessiva;
Top Width Act Chl: Larghezza superiore della sezione liquida in alveo, senza includere eventuali flussi inefficaci;
Hydr Depth C: Altezza liquida media nel canale principale (alveo attivo);
Shear Chnl: Tensione di attrito nel canale principale (alveo attivo);
Froude Chnl: Numero di Froude nel canale principale (alveo attivo);

Nelle figure seguenti si riportano degli stralci del Modello Digitale del Terreno e dell'Ortofoto, sui quali sono riportate le aree inondabili individuate nella modellazione idraulica.

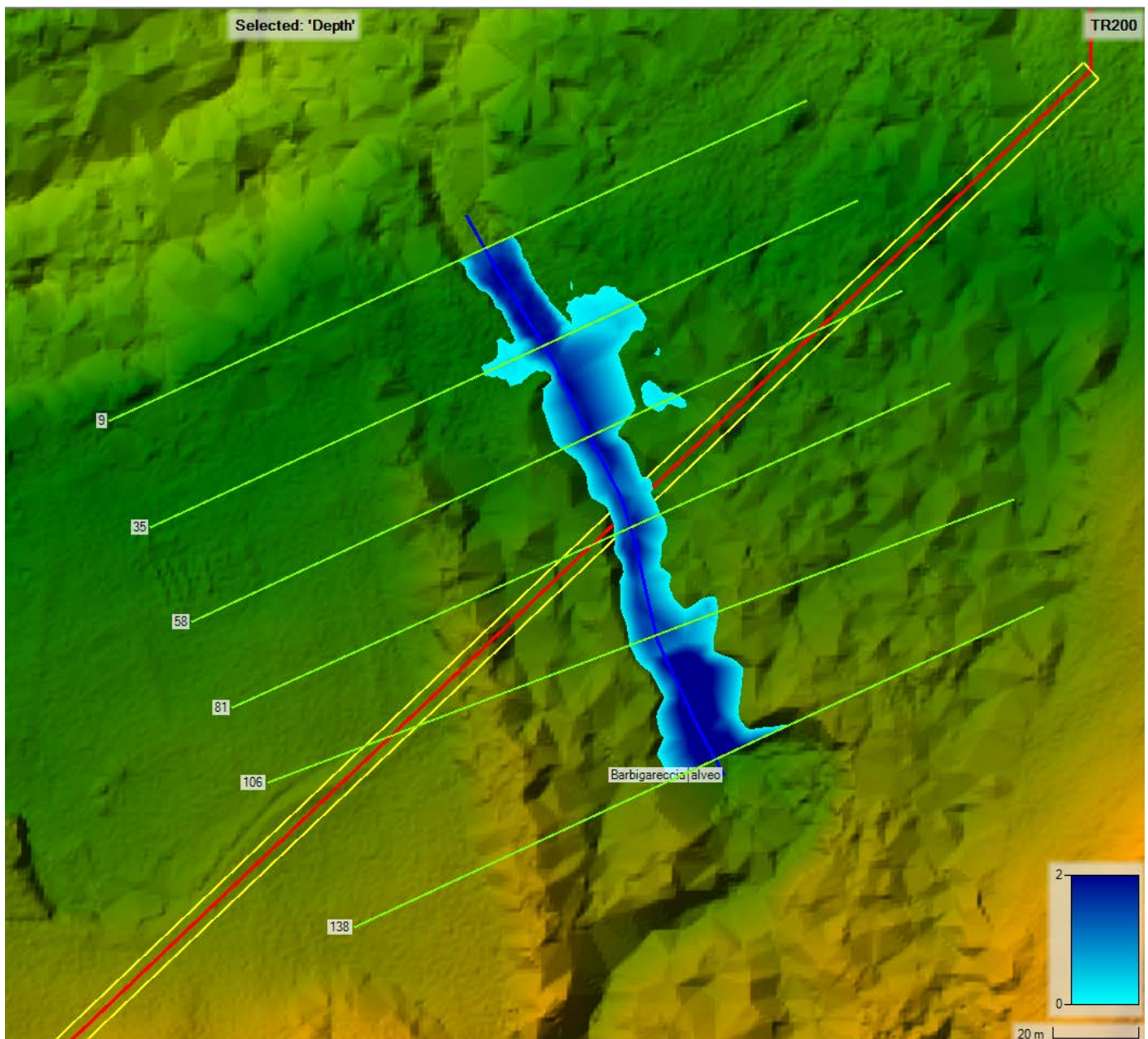


Fig.5.3/A: DTM, con individuazione delle aree inondabili

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 30 di 66

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

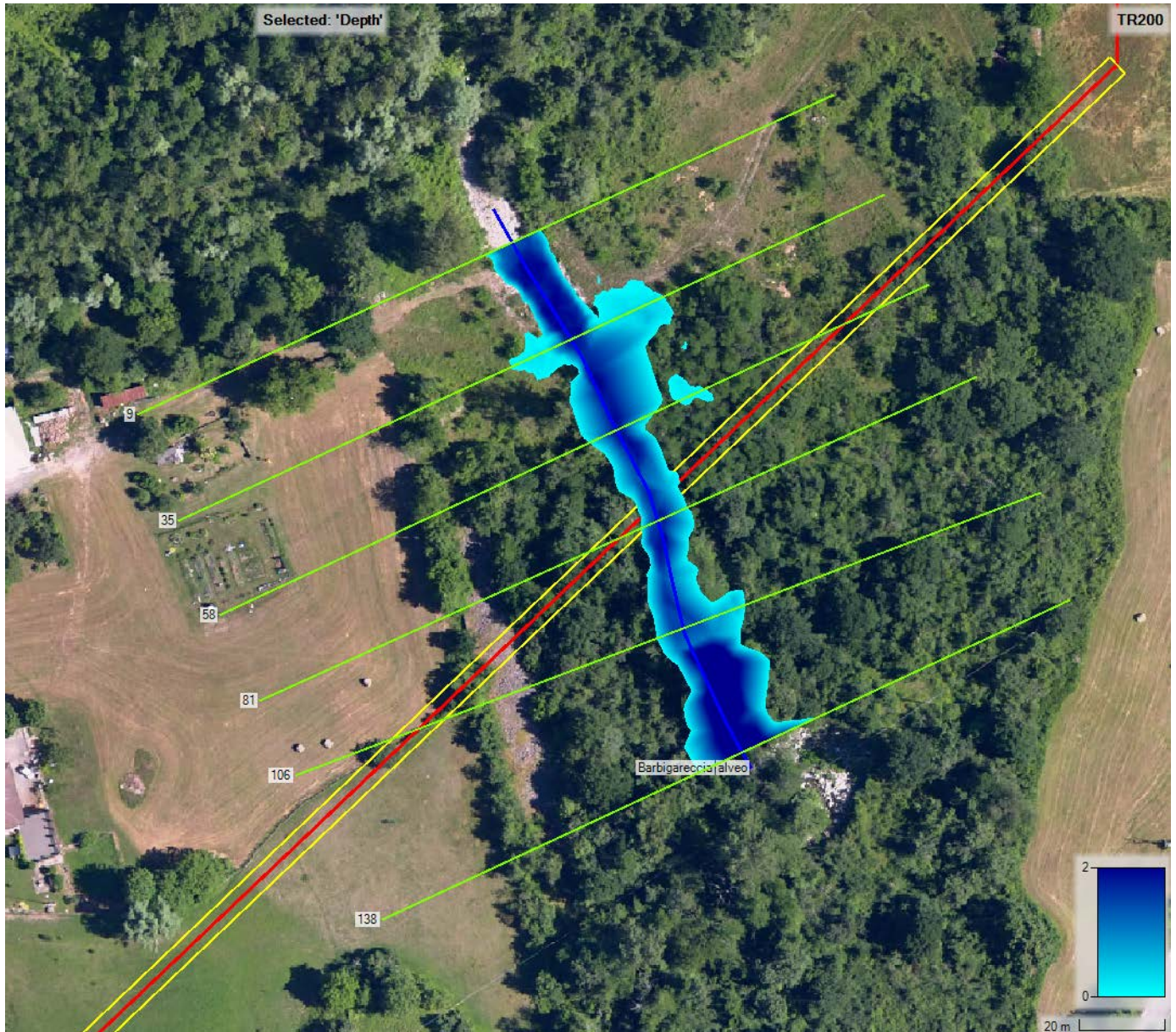


Fig.5.3/B: Foto aerea, con individuazione delle aree inondabili

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 31 di 66

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

Qui di seguito si riporta il profilo longitudinale lungo l'asta del tronco d'alveo considerato.

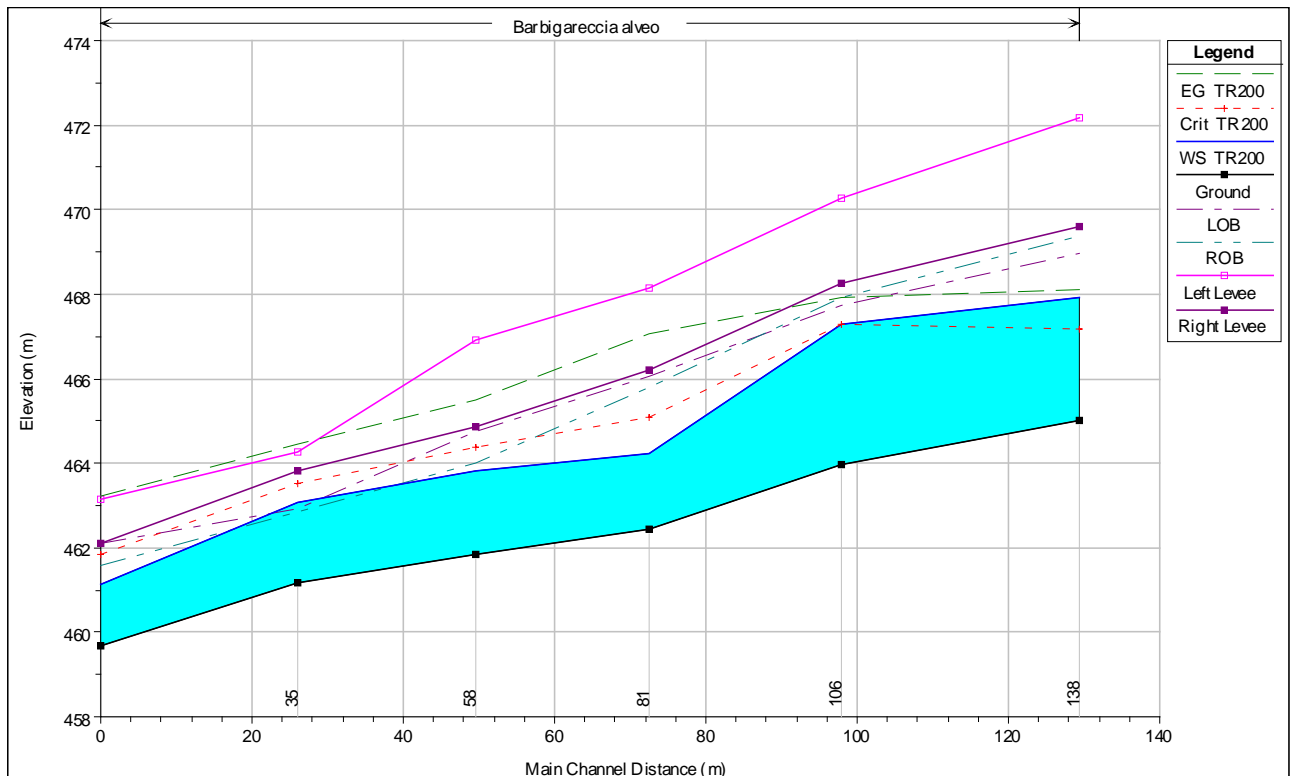


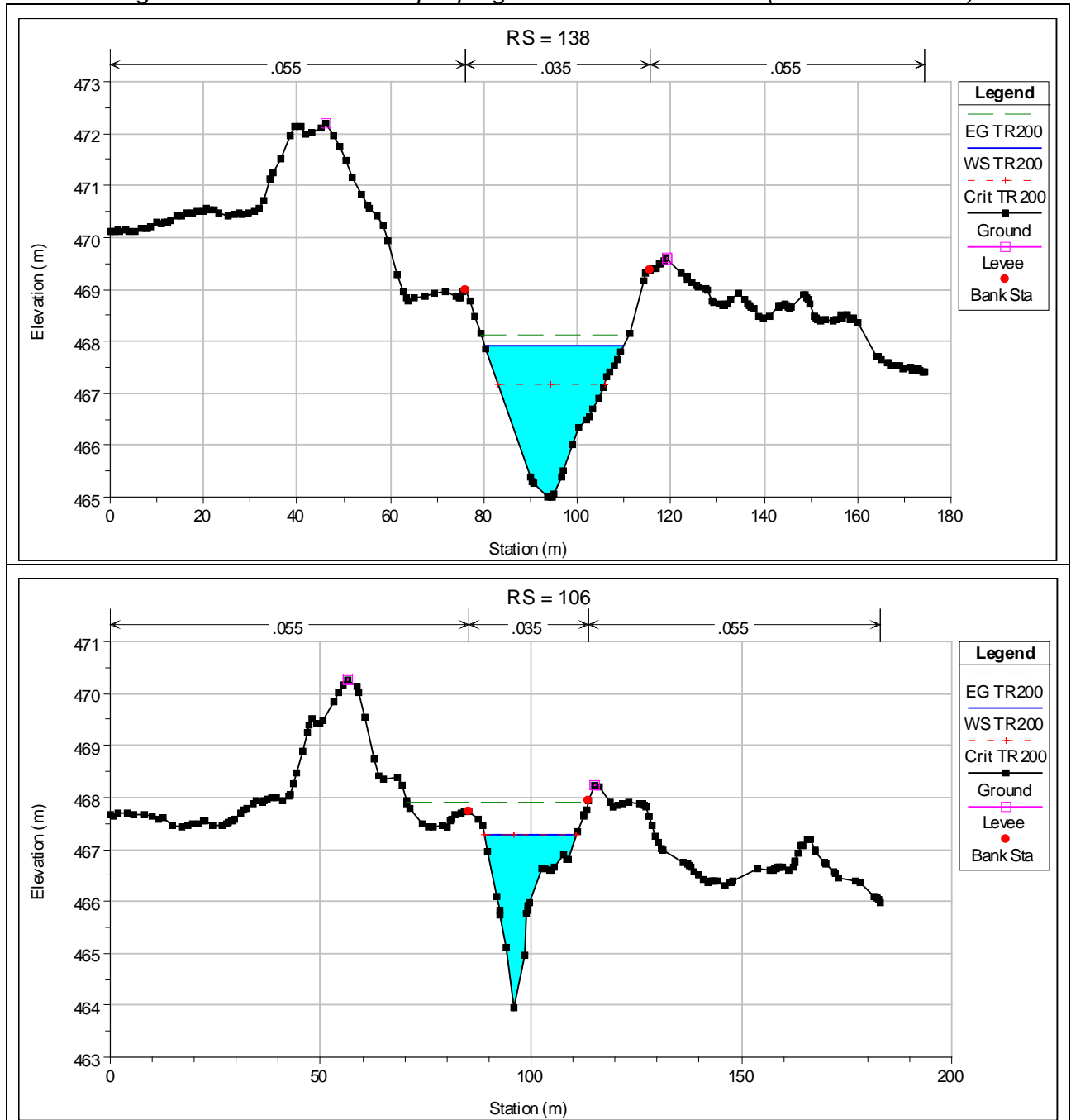
Fig.5.3/C: Schermata di Output del programma – Profilo longitudinale

Infine, nella figura seguente si riportano le schermate di output delle varie sezioni di calcolo (Cross Section) considerate nelle elaborazioni idrauliche (partendo dalla sezione di monte e procedendo sino a quella di valle).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 32 di 66

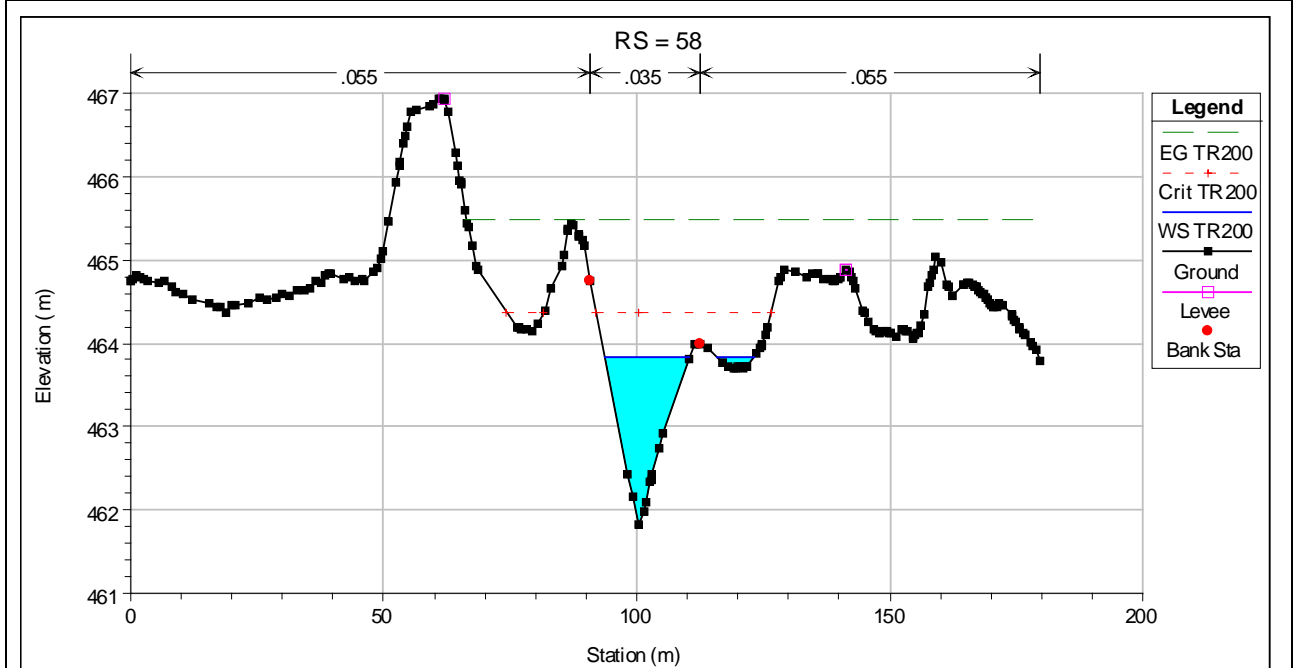
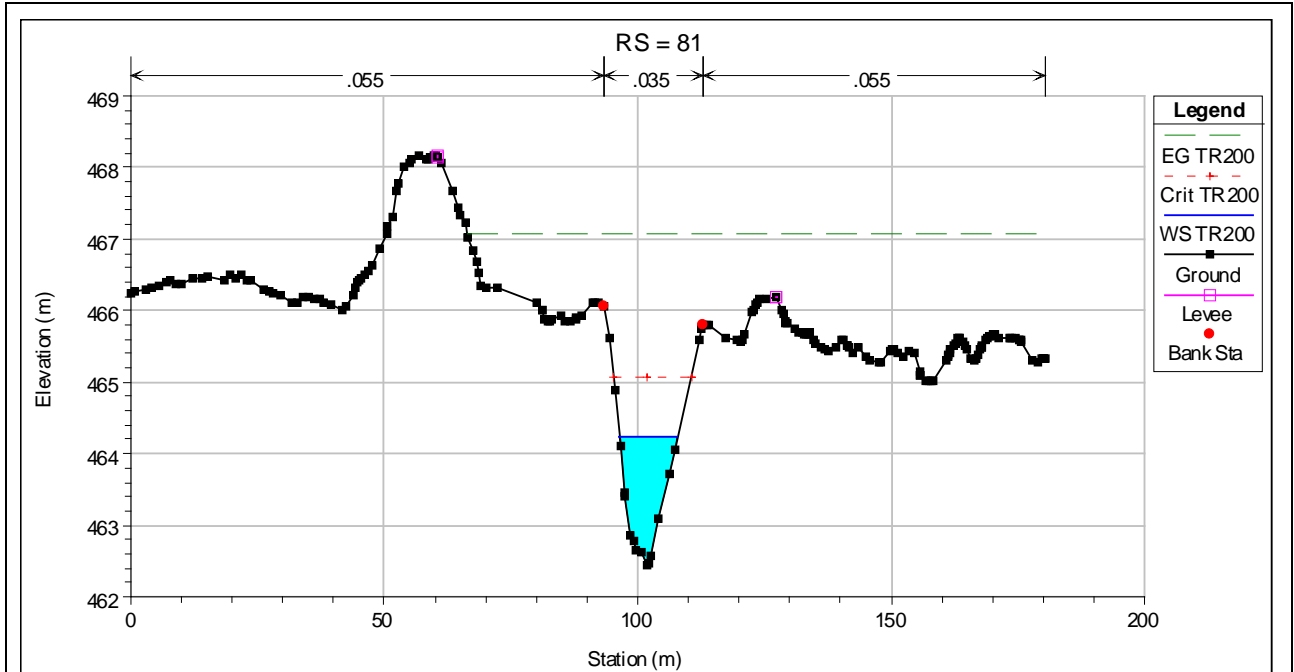
Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

Fig.5.3/D: Schermate di Output programma – Cross Section (sezioni trasversali)



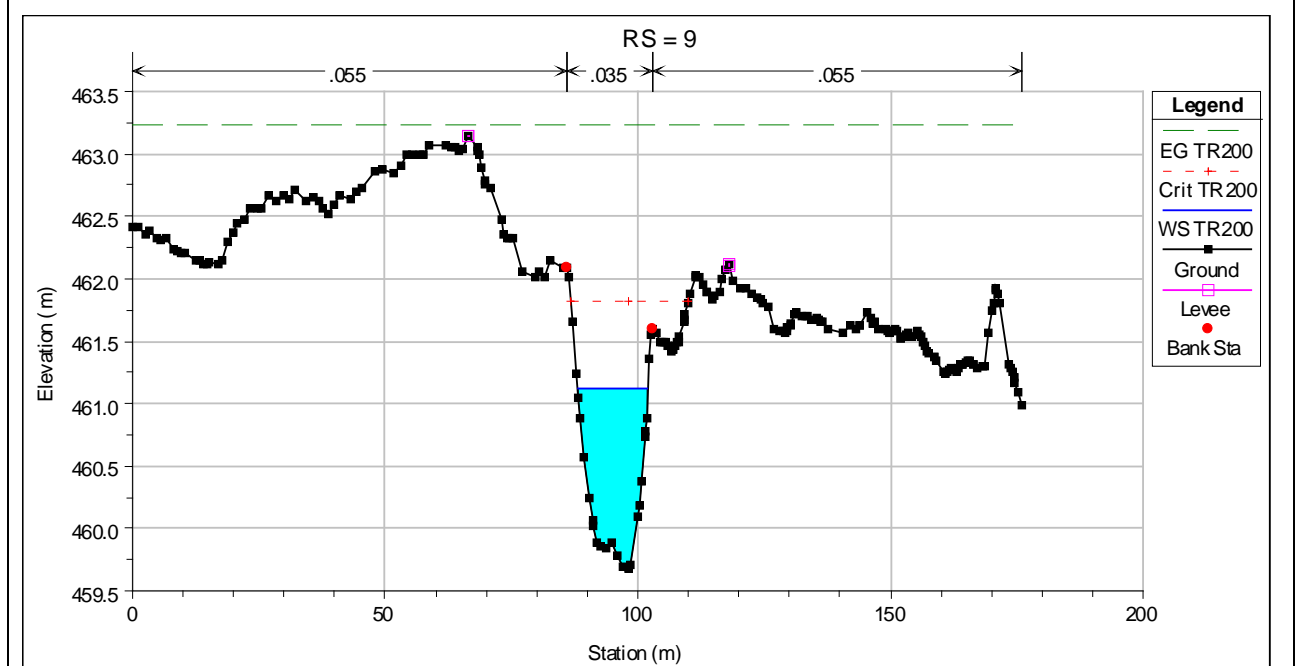
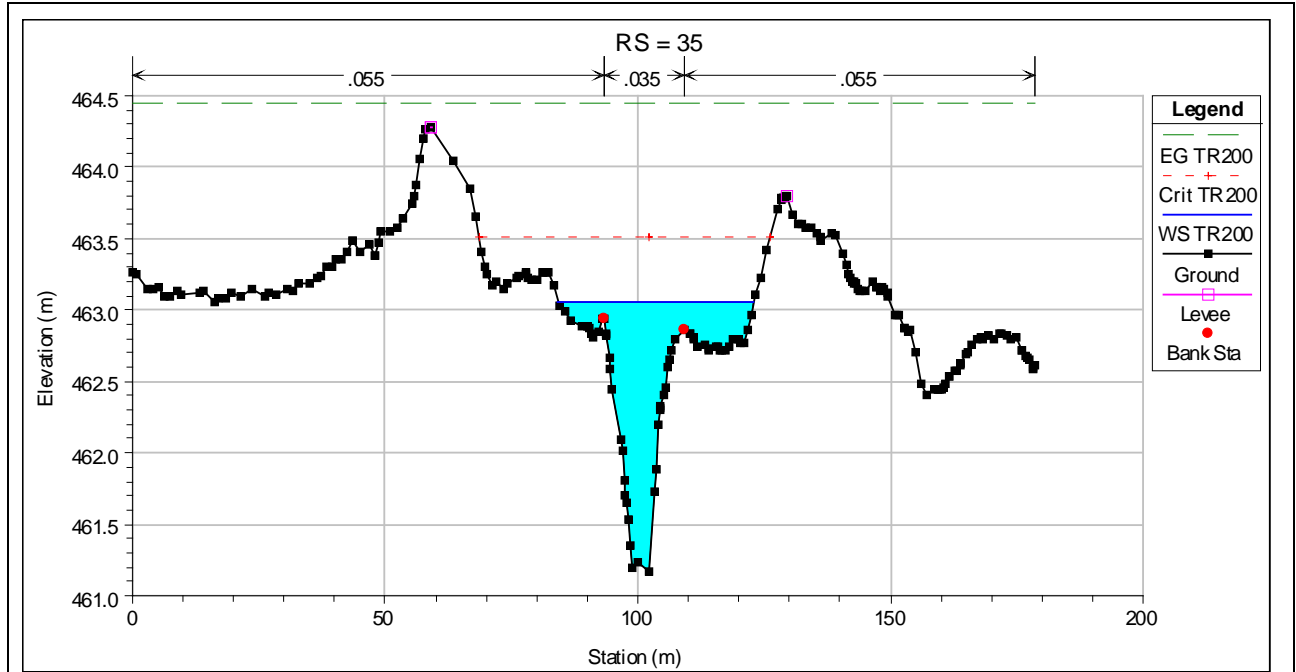
	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 33 di 66

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 34 di 66

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400



	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 35 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

5.4 Analisi dei risultati conseguiti

Nella Tab.5.3/A (nel paragrafo precedente) è stato riportato il prospetto riepilogativo dei risultati conseguiti nelle varie sezioni di calcolo considerate nella modellazione idraulica. Inoltre, sempre nel paragrafo 5.3 sono state riportate le schermate di output del programma ritenute maggiormente indicative per rappresentare i risultati delle elaborazioni (planimetrie con individuazione delle aree inondabili, profilo longitudinale lungo l'asta fluviale, sezioni trasversali).

Pertanto, dall'esame dei risultati della simulazione idraulica si rileva che nel tronco idraulico analizzato la sezione d'alveo risulta in generale in grado di contenere la portata di progetto. Le velocità di deflusso in alveo della corrente, soprattutto nel tratto medio – basso del tronco analizzato, assumono dei valori molto elevati (con punte massime di circa 6- 7m/s).

Dette affermazioni risultano tuttavia valide solo nell'ipotesi di non simultaneità di piene con il torrente Gotra (corso d'acqua ricettore delle acque provenienti dal Barbigareccia). Infatti si ribadisce quanto già evidenziato in precedenza, ossia che nella modellazione idraulica non è stata considerata la simultaneità degli eventi di piena dei due corsi d'acqua. Ciò in quanto, nel caso contrario, le aree inondabili sarebbero risultate decisamente maggiori e, tuttavia, si sarebbero conseguite velocità di deflusso nel corso d'acqua in esame (e dunque anche le erosioni in alveo) sensibilmente inferiori, a causa ridotto deflusso nel corso d'acqua principale.

Per le valutazioni dei fenomeni erosivi in alveo, in considerazione dei parametri di deflusso relativi alla piena di progetto, si rimanda a quanto riportato nel capitolo seguente.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 36 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

6 VALUTAZIONE EROSIONI DI FONDO ALVEO

6.1 Generalità

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

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

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

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

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

Nel seguito si descrivono quindi le espressioni generali che si ritengono utilizzabili nel caso in oggetto, per la valutazione dei fenomeni erosivi in alveo, al fine di quantificare il valore che un eventuale approfondimento potrebbe raggiungere rispetto alla quota

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 37 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

media iniziale del fondo, interessando quindi la quota di collocazione della condotta.

6.2 Criteri di calcolo

Approfondimenti localizzati

Per quanto attiene alla formazione locale di buche ed approfondimenti, le posizioni e le caratteristiche di queste erosioni sono talvolta abbastanza prevedibili, come ad esempio nel punto di gorgo dei meandri o in corrispondenza di manufatti, ed a volte del tutto imprevedibili, specialmente in alvei a fondo mobile, cioè costituiti da un materiale di fondo essenzialmente granulare.

Infatti, in tali alvei, anche in assenza di manufatti, sul fondo possono crearsi buche di notevole profondità; le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano il fenomeno stesso.

Fra i modelli più noti atti a determinare il valore dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota iniziale del fondo alveo durante la manifestazione di piene (Schoklitsh, Eggemberger, Adami, ecc.), la formula di Schoklitsh² è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici ed è quella maggiormente impiegata (con risultati soddisfacenti) per gli attraversamenti in subalveo di corsi d'acqua da parte delle condotte (soprattutto nel campo dei metanodotti).

In ragione di quanto detto, per la valutazione degli approfondimenti localizzati in alveo rispetto alla quota iniziale del fondo si ricorre alla citata formula di Schoklitsh:

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

dove

- **S** è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- **H** = $h_0 + v^2/2g$ rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- **h₀** = il livello medio del battente idrico in alveo;
- **q** = Q_{Max}/L è la portata specifica media in alveo, per unità di larghezza L;
- **a** è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca;

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

Arature di fondo

Per quanto attiene al fenomeno di scavo temporaneo durante le piene o "aratura di fondo", esso raggiunge valori modesti, se inteso come generale abbassamento del fondo alveo, mentre può assumere valori consistenti, localmente, se inteso come migrazione trasversale o longitudinale dei materiali incoerenti.

Nel primo caso si tratta della formazione di canali effimeri di fondo alveo sotto l'azione di vene particolarmente veloci.

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 38 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

Nel secondo caso, tali approfondimenti possono derivare, durante il deflusso di massima piena, dalla formazione di dune disposte trasversalmente alla corrente fluida, che comportano un temporaneo abbassamento della quota d'alveo, in corrispondenza del cavo tra le dune stesse.

Allo stato attuale non potendosi fare che semplici ipotesi sul fenomeno, non è possibile proporre algoritmi per calcolare la profondità degli scavi. Le proprietà geometriche del fondo alveo, in relazione all'entità delle tensioni tangenziali indotte dalla corrente, sono state studiate³ da Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare a tali escavazioni un valore cautelativo pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata. In particolare, nel caso di regime di corrente lenta, venne concluso che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica. Una generalizzazione prudentiale, proposta in Italia⁴, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena.

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

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

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

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

dove

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

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

⁴ Zanovello A., Sulle variazioni di fondo degli alvei durante le piene; L'Energia elettrica, XXXIV, n. 8; 1959.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 39 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

Considerazioni sui metodi di calcolo impiegati

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

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

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 40 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

6.3 Stima dei massimi approfondimenti d'alveo attesi

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

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

In particolare, i valori riportati in nero sono stati estrapolati dai parametri caratteristici del deflusso (di cui alla Tab.5.3/A); mentre i valori riportati in blu sono stati valutati in considerazione degli algoritmi descritti nel paragrafo precedente. Le ultime due colonne rappresentano rispettivamente i valori relativi agli approfondimenti localizzati ed alle arature di fondo.

Tab.6.3/A: Erosioni nel fondo alveo

River Station	Q Total (m ³ /s)	Q Chan (m ³ /s)	Vel Chnl (m/s)	Top Width Act Chl (m)	Hydr Depth C (m)	Portata specifica (m ³ /s m)	Carico totale (m)	Approfond. Localizzati (m)	Arature di fondo (m)
138	93	93.00	2.01	29.79	1.55	3.12	1.76	0.96	0.78
106	93	93.00	3.47	21.82	1.23	4.26	1.84	1.07	0.62
81	93	93.00	7.46	11.59	1.08	8.02	3.92	1.77	0.54
58	93	92.58	5.73	16.72	0.97	5.54	2.64	1.33	0.49
35	93	86.32	5.42	16.00	1	5.40	2.50	1.29	0.50
9	93	93.00	6.44	13.86	1.04	6.71	3.15	1.52	0.52

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

Tab.6.3/B: Diametro limite dei clasti trasportati

River Station	Shear Chan (N/m ²)	Diametro limite clasti trasportati (m)
138	42.24	0.05
106	138.79	0.16
81	564.88	0.66
58	402.46	0.47
35	357.81	0.42
9	498.59	0.59

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 41 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

6.4 Analisi dei risultati e considerazioni progettuali

Sulla base delle valutazioni di cui al paragrafo precedente si evince che, relativamente al tronco d'alveo analizzato (all'interno del quale ricade l'interferenza da parte del metanodotto in progetto), le massime erosioni attese al fondo alveo, in concomitanza dell'evento di piena di progetto, si attestano intorno a valori dell'ordine dei 1,7-1,8 m. La corrente, inoltre, nel tratto in esame risulta potenzialmente in grado di movimentare dei "clasti liberi" (ossia non inclusi in una scogliera) del diametro di circa 0,6-0,7 m.

In relazione ai valori di erosione individuati nel presente capitolo (implementati da opportuni coefficienti di sicurezza, stabiliti anche in relazione alle peculiarità dell'ambito fluviale in esame), unitamente ad altre considerazioni progettuali inerenti alla metodologia costruttiva dell'attraversamento ed eventualmente a valutazioni su altre situazioni particolari (quali ad esempio l'analisi del sifonamento per i corsi d'acqua arginati) viene stabilita la copertura minima in subalveo della condotta in progetto. A tal proposito si pone in evidenza che, per l'individuazione dell'effettivo valore di copertura in subalveo considerato nell'attraversamento in esame si rimanda a quanto riportato nel paragrafo 7.2.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 42 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

7 METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

7.1 Metodologia costruttiva: Microtunnelling

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, 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 al fine di superare unitamente in trivellazione anche il vicino versante potenzialmente instabile situato in prossimità della località "Le Moie".

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 specifica regione fluviale.

7.2 Configurazione geometrica 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 minitunnel 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 presenta una configurazione costituita da due tratti rettilinei alle estremità e da un arco di circonferenza intermedio.

Le principali caratteristiche geometriche del tunnel, denominato microtunnel "Le Moie", sono:

- lunghezza dello sviluppo complessivo del microtunnel: di circa 582 metri (di cui complessivamente circa 410m relativamente ai due tratti rettilinei e circa 172m per il tratto curvilineo);
- diametro interno minimo del microtunnel: 2000mm;
- raggio di curvatura per il tratto curvilineo pari a 2000 m;
- copertura minima della generatrice superiore del tunnel dalle quote di fondo dell'alveo attivo di circa 20m;
- postazione di partenza (di spinta): nel lato in destra idrografica del corso d'acqua (a monte senso gas). Distanza dalla sponda dell'alveo attivo del corso d'acqua di oltre 130 metri (misurata lungo lo sviluppo della trivellazione);

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 43 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

- postazione di arrivo (di recupero): in sinistra idrografica del corso d'acqua (valle senso gas). Distanza dalla sponda del corso d'acqua di oltre 400m (misurata lungo lo sviluppo della trivellazione);

Tale configurazione di progetto consente di realizzare il tunnel ad adeguate profondità sia dal fondo alveo che dalle sponde del corso d'acqua; 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.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 44 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

8 DESCRIZIONE DELLA TECNICA COSTRUTTIVA DEL MICROTUNNEL

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 45 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 46 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

- 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 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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 47 di 66	Rev. 0

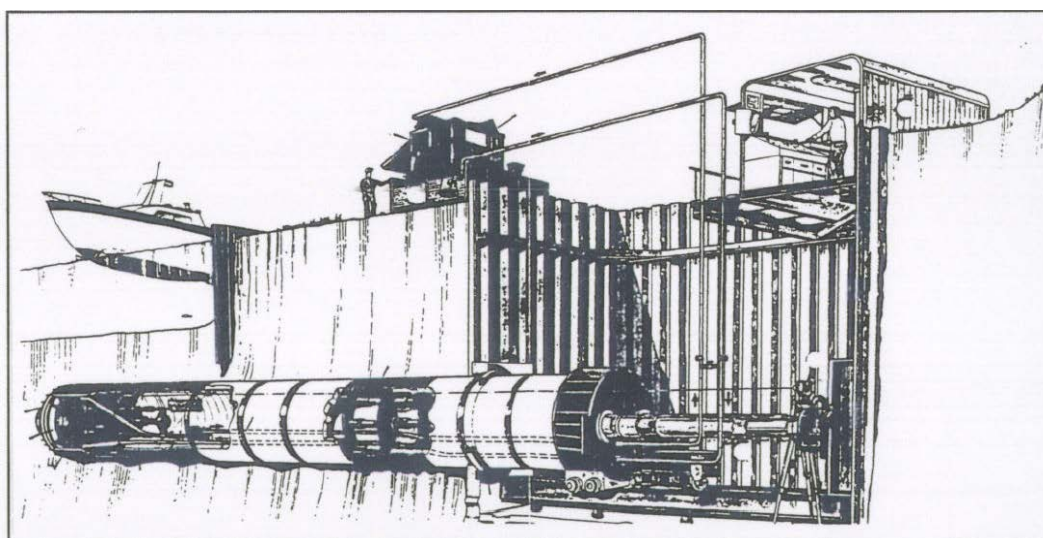
Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

stazione di spinta principale e sovraccarichi al piano campagna). In particolare, nella realizzazione dei pozzi, dovendo essere realizzati sottofaldati, saranno adottate tipologie strutturali che garantiscano la tenuta idraulica.

Esecuzione della trivellazione

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

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



Schema del sistema di trivellazione con microtunnel



Scudo con bilanciamento pressione meccanica del terreno (microtunneller)

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 48 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

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 poliuretanicca 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 controllate ad ultrasuoni 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 a 1,2 volte la pressione massima di esercizio (75 bar).

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.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 49 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

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 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'ideale 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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 50 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

Le motivazioni esposte 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.

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.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 51 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

9 VALUTAZIONI INERENTI ALLA COMPATIBILITA' IDRAULICA

L'ambito specifico in esame (collocato all'interno del territorio dell'ex Autorità di bacino del fiume Po) ricade nelle pertinenze territoriali dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po.

9.1 Quadro normativo di riferimento

Per la progettazione dell'opera e per le analisi di compatibilità si è fatto riferimento agli strumenti normativi e documenti tecnici qui di seguito elencati.

9.1.1 Criteria generali di progettazione del metanodotto

DM 17 aprile 2008 del Ministero dello Sviluppo Economico - Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8.

9.1.2 Strumenti di "Pianificazione territoriale"

Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni è lo strumento operativo, 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.

Il PGRA, in base a quanto disposto dal D.Lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE, è alla stregua dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), è stralcio del Piano di Bacino ed ha valore di piano sovraordinato rispetto alla pianificazione territoriale e urbanistica.

Alla scala di intero distretto in esame, il PGRA agisce in sinergia con i PAI vigenti.

Il PGRA dell'Autorità di Distretto del fiume Po è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016 è definitivamente approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017.

L'elaborazione dei PGRA è temporalmente organizzata secondo "cicli di pianificazione", in quanto la Direttiva prevede che i Piani siano riesaminati e, se del caso, aggiornati ogni sei anni. Il "primo ciclo" ha avuto validità per il periodo 2016-2021.

Attualmente è in corso il secondo ciclo. In tal senso la Conferenza Istituzionale permanente dell'Autorità di bacino distrettuali del fiume Po ha adottato all'unanimità ai sensi degli art. 65 e 66 del D.Lgs 152/2006 il primo aggiornamento del PGRA, con Delibera n.5 del 20 dicembre 2021.

Tali aggiornamenti conseguono alla definizione delle aree a rischio potenziale significativo (APSFR) effettuate in sede di Valutazione preliminare (dicembre 2018), all'aggiornamento delle mappe di pericolosità e rischio di alluvione (dicembre 2019) e all'adozione dei Progetti di aggiornamento del PGRA (dicembre 2020) e sono stati sottoposti ad una fase di partecipazione pubblica.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 52 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI)

È stato approvato con D.P.C.M. del 24 maggio 2001, con la finalità di ridurre il rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti.

Tale piano è stato oggetto di successive varianti, soprattutto di carattere locale ma in qualche caso anche di carattere generale e che riguardano anche la delimitazione delle fasce fluviali.

In particolare, si segnala che, con delibera n. 5 del 17 dicembre 2015, il Comitato istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po ha adottato il progetto di variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) - integrazioni all'elaborato 7 (Norme di attuazione) e il progetto di variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del delta del fiume Po (PAI delta) - integrazioni all'elaborato 5 (Norme di attuazione), finalizzati al coordinamento tra tali Piani ed il Piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA), ai sensi dell'art. 7, comma 3, lettera a), del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49.

Il progetto di variante summenzionato è stato poi successivamente approvato con Decreto del Presidente del Consiglio Dei Ministri del 22 febbraio 2018.

Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) – Provincia di Parma

Approvato Del. C.P. n° 71 del 25.7.2003.

Nel corso degli anni sono state prodotte delle varianti che hanno provveduto ad aggiornare/adeguare il piano a sopravvenute leggi di settore.

9.1.3 Disposizioni e Misure di salvaguardia per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti a pericolosità idraulica

Con riferimento agli strumenti di pianificazione territoriale di settore (di cui al sottoparagrafo precedente) e con particolare riferimento alla sopracitata approvazione delle varianti delle Norme di attuazione del PAI, viene stabilito che per gli ambiti censiti a pericolosità da alluvioni nel PGRA (i quali in generale non coincidono con le fasce fluviali individuate nel PAI) vengono considerate le misure di salvaguardia previste nelle N.A. del PAI.

In tal senso di cui qui di seguito si riporta una sintesi dei contenuti inerenti alle disposizioni contenute nelle Norme di Attuazione del "Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po" (PAI)

PAI /Norme di Attuazione - Cenni sui contenuti

Nell'ambito dell'art.1 delle Norme di Attuazione del PAI (N.A.) sono riportate le finalità e i contenuti.

Relativamente all'art.2 "Finalità generali" si citano i punti qui di seguito riportati:

1. Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico e idrogeologico del bacino idrografico, quale individuato al successivo art. 3.

11.1 Piani territoriali di coordinamento provinciali attuano il PAI specificandone ed articolandone i contenuti ai sensi dell'art. 57 del D.Lgs. 31 marzo 1998, n. 112 e delle relative disposizioni regionali di attuazione. I contenuti dell'intesa prevista dal richiamato art. 57 definiscono gli approfondimenti di natura idraulica e geomorfologica relativi alle problematiche di sicurezza idraulica e di stabilità dei versanti trattate dal PAI, coordinate

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 53 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

con gli aspetti ambientali e paesistici propri del Piano territoriale di coordinamento provinciale, al fine di realizzare un sistema di tutela sul territorio non inferiore a quello del PAI, basato su analisi territoriali non meno aggiornate e non meno di dettaglio. L'adeguamento degli strumenti urbanistici è effettuato nei riguardi dello strumento provinciale per il quale sia stata raggiunta l'intesa di cui al medesimo art. 57.

Nell'art.9 "Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico", nell'ambito del punto 1, si riportano le seguenti definizioni:

- *esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua:*
 - *Ee, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata,*
 - *Eb, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità elevata,*
 - *Em, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata,*

Sempre nell'art.9, nell'ambito del punto 5, si riporta quanto segue:

5. *Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ee sono esclusivamente consentiti:*

- *la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;*

Nell'art.28 s'individuano le fasce fluviali come segue:

- *Fascia di deflusso della piena (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento, come definita nell'Allegato 3 "Metodo di delimitazione delle fasce fluviali" al Titolo II delle presenti Norme, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena.*
- *Fascia di esondazione (Fascia B), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento come definita nell'Allegato 3 al Titolo II sopra richiamato. Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento). Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Allorché dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell'opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica del presente Piano per il tracciato di cui si tratta.*
- *Area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento, come definita nell'Allegato 3 al Titolo II sopra richiamato.*

Negli art.29, 30 e 31 vengono disciplinati gli interventi consentiti e vietati rispettivamente nella fascia A, nella fascia B e nella fascia C.

In particolare, per la Fascia A, si riportano degli estratti dei passaggi ritenuti più interessanti dell'art.29.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 54 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

1. Nella Fascia A il Piano persegue l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza assicurando il deflusso della piena di riferimento, il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo, e quindi favorire, ovunque possibile, l'evoluzione naturale del fiume in rapporto alle esigenze di stabilità delle difese e delle fondazioni delle opere d'arte, nonché a quelle di mantenimento in quota dei livelli idrici di magra.
2. Nella Fascia A sono vietate:
 - a) le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;
3. Sono per contro consentiti:
 - c) le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;

Per la Fascia B, si riportano degli estratti dei passaggi ritenuti più interessanti dell'art.30.

1. Nella Fascia B il Piano persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.
2. Nella Fascia B sono vietati:
 - a) gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;

Per la Fascia C, si riportano degli estratti dei passaggi ritenuti più interessanti dell'art.31.

1. Nella Fascia C il Piano persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e quindi da parte delle Regioni o delle Province, di Programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del presente Piano.
4. Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C.

Poi nell'art.38 "Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico", al punto 1 si cita:

1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui al comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 55 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

Nell'art.57 (introdotta dalla variante alle Norme di PAI) "Mappe della pericolosità del rischio di alluvione (Mappe PGRA). Coordinamento dei contenuti delle Mappe PGRA con il previgente quadro conoscitivo del PAI, ai sensi dell'art. 9 del D. lgs. n. 49/2010", si cita, tra l'altro, quanto segue:

1. *Gli elaborati cartografici rappresentati dalle Mappe della pericolosità e dalle Mappe del rischio di alluvione indicanti la tipologia e il grado di rischio degli elementi esposti (di seguito brevemente definite Mappe PGRA) e pubblicate sui siti delle Regioni, costituiscono integrazione al quadro conoscitivo del PAI. Le Mappe PGRA contengono, in particolare:*

- *la delimitazione delle aree allagabili per i diversi scenari di pericolosità (aree P1, o aree interessate da alluvione rara; aree P2, o aree interessate da alluvione poco frequente; aree P3, o aree interessate da alluvione frequente);*

2. *Le aree allagabili di cui al comma precedente riguardano i seguenti ambiti territoriali:*

- *Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP),*
- *Reticolo secondario collinare e montano (RSCM),*
- *Reticolo secondario di pianura (RSP),*
- *Aree costiere lacuali (ACL),*
- *Aree costiere marine (ACM).*

3. *Le suddette Mappe PGRA costituiscono quadro di riferimento per la verifica delle previsioni e prescrizioni del PAI ai sensi del precedente articolo 1, comma 9 delle presenti Norme con riguardo, in particolare, all'Elaborato n. 2 (Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici- Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo), all'Elaborato n. 3 (Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico) nonché per la delimitazione delle Fasce fluviali di cui alle Tavole cartografiche del PSFF e dell'Elaborato 8 del presente Piano.*

Nell'art.58 "Aggiornamento agli indirizzi alla pianificazione urbanistica, ai sensi dell'art. 65, comma 6 del D. lgs n. 152/2006" vengono fornite le indicazioni sull'applicazione dei riferimenti normativi. In particolare, nell'ambito del comma 2 si riporta quanto segue.

2. *Nell'ambito delle disposizioni integrative di cui al comma precedente le Regioni individuano, ove necessario, eventuali ulteriori misure ad integrazione di quelle già assunte in sede di adeguamento dello strumento urbanistico al PAI. Dette misure, salva la possibilità di una loro migliore specificazione ed articolazione sulla base dei dati ed elementi a disposizione negli specifici casi, devono essere coerenti rispetto ai riferimenti normativi di seguito indicati:*

a) *Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP):*

- *nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3), alle limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia A dalle norme del precedente Titolo II del presente Piano;*
- *nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2), alle limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B dalle norme del precedente Titolo II del presente Piano;*
- *nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1), alle disposizioni di cui al precedente art 31.*

b) *Reticolo secondario collinare e montano (RSCM):*

- *nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3), alle limitazioni e prescrizioni stabilite dal precedente art 9, commi 5 e 7, rispettivamente per le aree Ee e per le aree Ca;*
- *nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2), alle limitazioni e prescrizioni stabilite dal precedente art 9, commi 6 e 8 rispettivamente per le aree Eb e per le aree Cp;*
- *nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1), alle limitazioni e prescrizioni stabilite dal precedente art 9, commi 6bis e 9 rispettivamente per le aree Em e per le aree Cn.*

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 56 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

c) Reticolo secondario di pianura (RSP):

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti, poco frequenti e rare, compete alle Regioni e agli Enti locali, anche d'intesa con l'Autorità di bacino, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della legge 24 febbraio 1992, n. 225 e s. m. i.

d) Aree costiere lacuali (ACL):

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti, poco frequenti e rare, compete alle Regioni e agli Enti locali, anche d'intesa con l'Autorità di bacino, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della legge 24 febbraio 1992, n. 225 e s. m. i..

9.2 Interferenze con aree a pericolosità idraulica

9.2.1 Premessa

Nell'ambito di attraversamento in esame s'individuano delle interferenze con le perimetrazioni del PGRA; mentre non si rilevano interferenze con le aree censite nel PAI.

In ragione di quanto evidenziato, nel paragrafo seguente vengono prese in esame le interferenze con il PGRA (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni).

Si precisa inoltre che, relativamente all'ambito specificatamente in esame, le stesse perimetrazioni individuate nel PGRA le ritroviamo anche nel PTCP della Provincia di Parma, con le seguenti corrispondenze:

- Area P3 (nel PGRA): corrispondente con Ambito A2- deflusso di piena (nel PCTP);
- Area P1 (nel PGRA): corrispondente con Area di inondazione piena catastrofica – Fascia C (nel PCTP);

9.2.2 Interferenze con il PGRA

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico in scala 1:10.000, dal quale si può individuare l'ambito d'interferenza tra il metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in colore rosso) con l'alveo del corso d'acqua (indicato con un cerchio in giallo) e più in generale con le aree censite a pericolosità da alluvioni fluviali nel PGRA (riportate mediante delle campiture semi-trasparenti con varie tonalità di colori).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 57 di 66

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

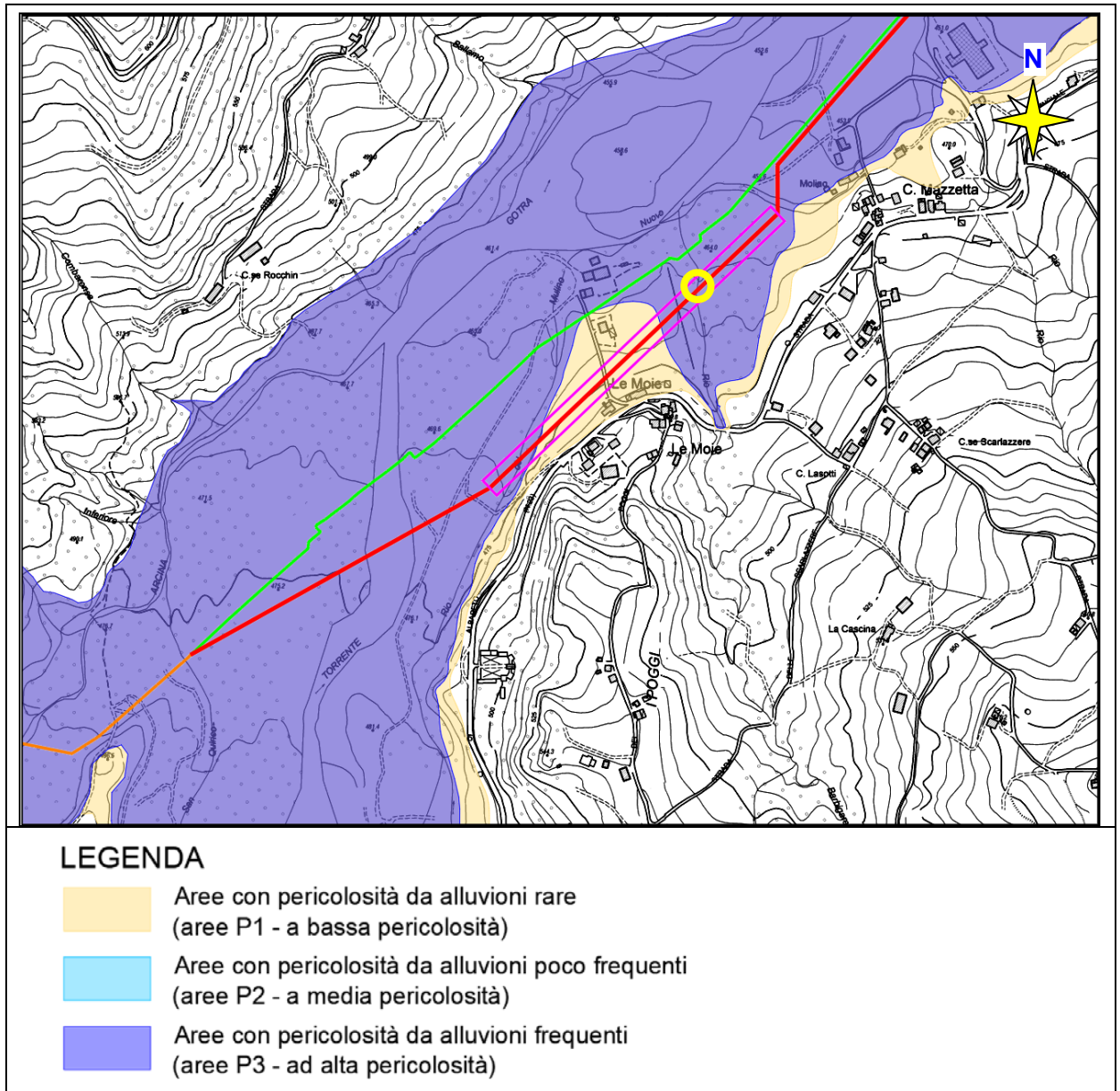


Fig.9.2/A: Interferenze metanodotto in progetto con aree censite nel PGRA

Dall'analisi della figura precedente (unitamente alla visione dei risultati delle elaborazioni idrauliche precedentemente riportate) si rileva che sia l'alveo del corso d'acqua, che tutte le aree inondabili censite a pericolosità elevata (P3) specifiche del corso d'acqua verranno superate mediante una trivellazione (il cui sviluppo longitudinale è schematicamente indicato mediante una sagoma rettangolare in magenta) con significative profondità di posa in subalveo.

Mentre, esternamente dal tratto in trivellazione (dove la condotta in progetto verrà posizionata mediante la tradizionale tecnica degli scavi a cielo aperto) la linea in progetto ricade comunque nelle pertinenze del torrente Gotra ed in ambiti censiti a pericolosità idraulica (P3).

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 58 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

9.3 Analisi delle condizioni di Compatibilità Idraulica

9.3.1 Considerazioni di carattere generale

Il metanodotto in progetto rappresenta un'infrastruttura lineare (di interesse pubblico) di trasporto del gas, che essendo riferita a servizi essenziali non altrimenti localizzabile risulta tra le tipologie d'intervento per le quali, ai sensi delle Norme di Piano, è consentito l'interferenza con le aree a pericolosità idraulica di corsi d'acqua (sia se ricadono in ambiti di pianura, che collinare e montano), a condizione che vengano rispettate alcune prescrizioni previste nelle Norme stesse.

L'interferenza specifica con le aree censite a pericolosità idraulica del corso d'acqua è stata determinata dal fatto che il metanodotto in progetto rappresenta un rifacimento di un metanodotto esistente (e da dismettere), che dunque si sviluppa sulla medesima direttrice. Conseguentemente nell'ambito dello sviluppo del metanodotto in progetto risulta necessario attraversare gli stessi corsi d'acqua già attraversati dal metanodotto esistente.

In ogni caso, si evidenzia che il metanodotto in progetto risulta un'opera completamente interrata e, essendo costituita da tubazioni in acciaio saldate rivestite in polietilene, non presenta alcun problema operativo e di sicurezza in caso di innalzamento della falda e/o di allagamento dell'area.

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

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

Pertanto, in ragione di quanto esposto, si ritiene che la costruzione dell'opera non determini alcun mutamento significativo sulle condizioni idrologiche ed idrauliche nell'ambito fluviale interessato dall'attraversamento.

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

9.3.2 Considerazioni specifiche inerenti all'ambito di attraversamento dell'alveo

Nel paragrafo precedente è stato evidenziato che sia l'alveo del corso d'acqua, che tutte le aree inondabili censite a pericolosità elevata (P3) specifiche del corso d'acqua verranno attraversate in trivellazione (con microtunnel). Pertanto, alla luce della metodologia operativa individuata e delle scelte progettuali, si evidenzia quanto segue:

- L'attraversamento fluviale avviene in "subalveo" e prevede una profondità di posa della condotta di adeguate garanzie nei confronti d'eventuali fenomeni di erosione di fondo (anche localizzati e/o temporanei) che si possono produrre anche in concomitanza di piene eccezionali, cosicché è da escludere qualsiasi interferenza tra la tubazione e il flusso della corrente;
- La configurazione morfologica d'alveo verrà mantenuta inalterata nei confronti della situazione originaria. Essendo i lavori previsti in trivellazione non si prevedono lavori in superficie nell'ambito dell'alveo del corso d'acqua;

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 59 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

- 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'esondazione e pertanto non sottrae capacità d'invaso.

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

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

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

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

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

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 60 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

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

Relativamente ai tratti esterni alla trivellazione (dove il metanodotto verrà posizionato mediante scavi a cielo aperto) si evidenzia quanto segue.

Nel tratto esterno alla trivellazione localizzato nel lato in sinistra idrografica si ricade nell'area golenale del torrente Gotra in prossimità dell'attraversamento dell'alveo del torrente stesso. Pertanto questo tratto di percorrenza viene analizzato nello specifico studio di compatibilità idraulica del torrente Gotra.

Il tratto esterno alla trivellazione localizzato nel lato in destra idrografica riguarda un tratto di percorrenza della gola in destra del Gotra in delle porzioni di territorio che rappresentano delle aree di laminazione e/o di invaso del corso d'acqua in occasione di piene eccezionali (o comunque molto significative) localizzate a distanza ragguardevoli dall'alveo attivo (circa 60-70m) 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 (alla profondità di almeno 1,5 m nei confronti del piano campagna, salvo eventuali tratti a copertura ulteriormente maggiorata) e l'integrale ripristino morfologico e vegetazionale delle aree interessate dai lavori.

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

9.4 **Considerazioni conclusive sulla compatibilità idraulica**

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

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

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 61 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

- non introduca elementi di impedimento per l'eventuale realizzazione di interventi di attenuazione e/o eliminazione delle condizioni di rischio nell'ambito fluviale in esame.

Alla luce di quanto sopra affermato si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti alla metodologia costruttiva ed alla configurazione geometrica della condotta siano congruenti con i requisiti, le prescrizioni e le finalità stabilite nelle Norme di Piano ed in quanto tale l'intervento sia **COMPATIBILE**.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 62 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

10 CONCLUSIONI

Il tracciato del metanodotto in progetto "Rifacimento metanodotto Derivazione per Sestri Levante, DN 400 (16")" interseca l'alveo del rio BARBIGARECCIA nel territorio comunale di Albareto (PR), in prossimità della località "Le Moie".

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.

Nel caso in esame per il superamento in subalveo del corso d'acqua è stata prevista l'adozione di un sistema di attraversamento in trenchless, la tecnica del "microtunnelling", in prosecuzione del tunnel previsto per il superamento del rilievo morfologico presente in sinistra idrografica del rio.

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

La geometria curvilinea della trivellazione è stata configurata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo della condotta, assicurando adeguate profondità al di sotto dell'alveo e dei manufatti a terra e rispettando allo stesso tempo, i raggi di curvatura minimi consentiti alla tubazione ed alla trivellazione stessa. Peraltro si evidenzia che è stata prevista una configurazione di posa in subalveo che assicura profondità significative 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 della trivellazione garantiscono i necessari livelli di sicurezza sia per il metanodotto che per l'alveo e gli eventuali manufatti sovrastanti.

Nell'analisi delle interferenze tra la linea in progetto con gli ambiti censiti a pericolosità idraulica, si è rilevato che, in corrispondenza dell'ambito di attraversamento del corso d'acqua, il metanodotto in progetto interferisce con delle aree censite nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) dell'Autorità di Distretto del Fiume Po.

In tal senso, nel presente studio di compatibilità, è stato evidenziato che l'intervento in progetto non introduce alterazioni al deflusso della corrente e/o riduzione della capacità di invaso e di laminazione del corso d'acqua e più in generale non determina alcuna modifica significativa allo stato dei luoghi nei territori interessati dai lavori, non implica trasformazioni e/o cambiamenti circa l'uso del suolo. 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.

Pertanto si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti allo specifico ambito in esame possano essere ritenute congruenti con i requisiti, le prescrizioni e le finalità stabilite nelle Norme del PAI ed in quanto tale l'intervento sia **COMPATIBILE**.

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA	REL-CI-E-10400		
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse	Fg. 63 di 66	Rev. 0	

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

APPENDICE 1: COLONNE STRATIGRAFICHE DEI SONDAGGI



Committente: SAIPEM	Sondaggio: DS-B-B03
Riferimento: IP1235 IP08 - Rifacimento Metan. deriv. Sestri Levante DN400, DP 75bar	Data: 26/05/2022- 30/05/2022
Coordinate: Lat: 44° 27'33" N - Long: 9° 42'30" E	Quota: 467 metri s.l.m.
Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo fino a 15,00 m dal p.c.	

SCALA 1:125 STRATIGRAFIA - DS-B-B03 Pagina 1/2

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spes. m	DESCRIZIONE	R v	o mm	Campioni	A	RQD % 0 --- 100	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test			
											m	S.P.T.	N	Cass
1		0,6	0,6	Terreno vegetale										
2				Ghiaia, ciottoli e blocchi in matrice sabbiosa, a granulometria media, di colore marrone. La ghiaia è eterometrica, poligenica, da spigolosa a sub-arrotondata. I ciottoli e i blocchi sono arenarie di colore dal grigio al verdastro, con vene di calcite secondaria ricristallizzata.							3,2	50/10cm	Rif	1
3														
4														
5														
6											6,6	50/7cm	Rif	2
7														
8														
9											9,2	12-21-32	53	
10							CR 1) Rm ^{9,60} Rm ^{10,00}							
11		11,2	10,6											
12				Argillite a struttura scagliettata, molto consistente, di colore che va dal grigio al verdastro; da m. 18,00 - 18,30 si presenta di colore marrone/rossastro. Da m. 11,80-12,30; 14,30-14,50; 23,40-24,50 intercalazione di livello arenitico-marnoso con vene di calcite ricristallizzata							12,6	13-27-35	62	3
13														
14							CR 2) Rm ^{13,75} Rm ^{14,00}							
15														
16											15,9	50/12cm	Rif	4
17							CR 3) Rm ^{16,60} Rm ^{16,90}							
18							Cl 1) Sh ^{18,40} Sh ^{18,80}							
19														
20														
21											21,0	38-50/13cm	Rif	5
22							CR 4) Rm ^{22,00} Rm ^{22,40}							
23														
24							CR 5) Rm ^{24,30} Rm ^{24,50}							
25		25,0	13,8											

Il Responsabile di commessa
Geol. Francesco Amodeo

Il Responsabile di sito
Geol. Vanessa Rizzo Spurna

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 64 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

**APPENDICE 2: ELABORAZIONE STATISTICA
DATI DI PIOGGIA STAZ. "MONTEGROPPO"**

DATI PLUVIOGRAFICI					
(Precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo su 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive)					
Stazione di : Montegrosso		Numero di osservazioni : N = 39			
Quota (m s.l.m.) : 741					
Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1980	13.8	32.8	52.6	75.6	80.8
1981	51.6	78.2	92	126.6	148.8
1982	38	90	170	272	338
1983	37	78.4	90	125.4	154.4
1984	30	76.2	80.2	104.4	109
1985	24.4	27	52	86.4	92.2
1987	64	148.2	183.8	204.6	208.4
1988	26.6	41.6	78.8	116.6	173.4
1989	36	84.6	100.8	120.8	139
1990	25.6	49	83.8	130	171.6
1991	18.8	45.6	62.4	78	104.6
1992	20.4	47.6	71.6	102.8	142.8
1993	23.8	53.2	84.6	118	135.8
1994	27.6	44	55.2	77	105.4
1995	25	43.2	50.6	70.2	100.2
1996	42.4	110.2	156.2	194.8	214.4
1997	86.8	128.4	153.4	197	257.4
1998	36.4	67.4	95.6	105.4	132.8
1999	27.8	53	93.8	120	129.6
2001	26	38	63.8	86.2	92.8
2002	47.6	60.2	81	99.2	115
2003	41	42.4	64.2	118.8	178.8
2004	42.6	59.4	104.8	140	148.2
2005	31	52.4	82	134.8	163
2006	38.4	44.4	61.4	80.6	98
2007	22.6	46.2	62.4	95	124.2
2008	31.8	43	70.6	114.6	135.2
2009	48.2	72.4	92.2	113.8	177
2010	61.2	81.4	91.4	129.6	196.8
2011	33.2	55.4	84	125	168.4
2012	58.6	117.2	123.2	123.2	123.2
2013	39.4	78	90.2	158.2	240.4
2014	78.4	176.2	214.8	222.4	233.6
2015	31.6	41.6	53.2	77.8	103
2016	56.6	95.6	110.6	128.8	176.2
2017	20.4	55.6	91.8	155.2	222
2018	47.2	84.4	133.8	155	209.4
2019	45.8	112	188.6	213	219.2
2020	45.4	92.2	124.4	148	185

	PROGETTISTA		COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA		REL-CI-E-10400	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse		Fg. 65 di 66	Rev. 0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

**ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOGRAFICI
(Metodo di Gumbel)**

Tabella 1 - Valori per ciascuna durata t , della media $\mu(h_t)$, dello scarto quadratico medio $\sigma(h_t)$ e dei due parametri α_t e u_t della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EV1")

N =	39	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu(h_t)$		38.54	70.43	97.33	129.35	160.21
$\sigma(h_t)$		16.10	33.16	40.93	45.53	54.94
$\alpha_t = 1,283/\sigma(h_t)$		0.08	0.04	0.03	0.03	0.02
$U_t = \mu(h_t) - 0,45\sigma(h_t)$		31.29	55.50	78.91	108.87	135.48

Tabella 2 - Altezze massime di pioggia regolarizzate (mm)

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	$h_{max} =$	59.53	113.66	150.70	188.73	231.84
30 anni	$h_{max} =$	73.76	142.97	186.88	228.97	280.39
50 anni	$h_{max} =$	80.26	156.35	203.39	247.34	302.56
100 anni	$h_{max} =$	89.02	174.39	225.67	272.11	332.46
200 anni	$h_{max} =$	97.75	192.37	247.86	296.80	362.24

Tabella 3 -

Tr		LEGGE DI PIOGGIA	$h = a \times t^n$
10 anni	→		$h=65.331xt^{0.4237}$
30 anni	→		$h=81.869xt^{0.4137}$
50 anni	→		$h=89.422xt^{0.4102}$
100 anni	→		$h=99.612xt^{0.4063}$
200 anni	→		$h=109.768xt^{0.4031}$



PROGETTISTA



COMMESSA
NR/20045

UNITÀ
000

LOCALITÀ
REGIONI EMILIA ROMAGNA E LIGURIA

REL-CI-E-10400

PROGETTO/IMPIANTO
Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante
DN 400 (16") DP 75 bar ed opere connesse

Fg. 66 di 66

Rev.
0

Rif. SAIPEM 023113-190/A_SPC-LA-E-10400

