

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 1 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

**RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI"
TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26"), DP 75 bar
ED OPERE CONNESSE**

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

**APPROFONDIMENTI TEMATICI RELATIVI ALLA RICHIESTA MATTM
PROT. DVA N. 025243 DEL 09.11.2018**

**Approfondimenti tematici
Nota CTVA del 19/10/2018**

**ANNESSO A1
*Attraversamento in subalveo del
TORRENTE BEVANO***

**VALUTAZIONI IDROLOGICHE - IDRAULICHE E
RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**



0	Emissione	M.VITELLI	M.FORNAROLI	V. FORLIVESI G. GIOVANNINI	15/05/2019
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 2 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

INDICE

1	GENERALITA'	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 IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME	9
	3.1 Assetto idrografico e descrizione generale del bacino del corso d'acqua	9
	3.2 Descrizione dell'area d'intervento	11
4	VALUTAZIONI IDROLOGICHE	13
	4.1 Generalità	13
	4.2 Considerazioni specifiche preliminari	13
	4.3 Sezione Idrologica di riferimento - Parametri morfometrici	13
	4.4 Studio Prof. Brath - Febb.2018	15
	4.5 Portate al colmo di piena nell'ambito di attraversamento	20
5	VALUTAZIONI DI CARATTERE IDRAULICO	21
	5.1 Generalità	21
	5.2 Considerazioni specifiche	21
	5.3 Studio Prof. Brath - Febb.2018	22
	5.4 PAI - Sintesi dei risultati riferiti al contesto	24
6	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	29
	6.1 Metodologia costruttiva: TOC	29
	6.2 Configurazioni geometriche di progetto	29
	6.3 Considerazioni inerenti alla geometria di trivellazione	30
	6.4 Descrizione del sistema operativo della TOC	31

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 3 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

7	ANALISI DELLA PROBLEMATICA DEL SIFONAMENTO	37
7.1	Generalità	37
7.2	Metodologia di calcolo	37
7.3	Verifica di tipo speditivo	39
7.4	Metodo di Bligh - Lane	40
7.5	Considerazioni sui risultati	42
8	VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA	43
8.1	Premessa	43
8.2	Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento	45
8.3	Analisi dei criteri di compatibilità idraulica	47
9	CONCLUSIONI	50

ANNESSO:

- **Disegno DIS-AT-001 Attraversamento: TOC Torrente Bevano**

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 4 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

1 GENERALITA'

1.1 Premessa

La Snam Rete Gas, nell'ambito del progetto denominato "Rifacimento metanodotto Ravenna - Chieti, tratto Ravenna - Jesi ed opere connesse, DN 650 (26") - DP 75bar", intende realizzare un metanodotto che si sviluppa nell'ambito dei territori dell'Emilia Romagna e delle Marche, in sostituzione di un tratto di metanodotto in esercizio ed in fase di dismissione.

La suddetta linea in progetto interseca l'alveo del fiume torrente Bevano nell'ambito del territorio comunale di Ravenna, a circa 2 km a monte del ponte della strada statale SS.16.

Il torrente in esame, ricadente nella competenza "dell'ex Autorità dei Bacini Romagnoli", rappresenta uno dei corsi d'acqua di significativa importanza individuati nell'ambito del Piano Stralcio di Bacino per il Rischio Idrogeologico (P.A.I.).

Nello specifico, in corrispondenza dell'ambito di attraversamento fluviale in esame, si rilevano delle interferenze tra il tracciato del metanodotto in progetto con l'alveo del corso d'acqua individuato ai sensi del PAI vigente.

1.2 Scopo e descrizione dell'elaborato

Lo scopo del presente elaborato è dunque analizzare le condizioni di compatibilità idraulica del metanodotto in progetto nell'ambito specifico d'interferenza con le aree di 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 dell'aspetto idraulico del corso d'acqua, subordinandola alla dinamica evolutiva dello stesso.

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

- Inquadramento territoriale dell'area d'attraversamento in modo da consentire di individuare in maniera univoca il tratto del corso d'acqua interessato dall'interferenza con l'infrastruttura lineare in progetto;
- Caratterizzazione idrografica del corso d'acqua e descrizione dell'ambito di attraversamento;
- Valutazioni idrologiche al fine di stimare le portate al colmo di piena in corrispondenza della sezione di studio (coincidente con quella di attraversamento);
- Valutazioni idrauliche, volte ad individuare i parametri caratteristici del deflusso idraulico in corrispondenza dell'ambito di attraversamento;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 5 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

- Descrizione delle scelte progettuali inerenti la metodologia costruttiva, la geometria della condotta in subalveo e le eventuali opere di presidio idraulico;
- Valutazioni inerenti la compatibilità idraulica del sistema d'attraversamento, in riferimento ai criteri stabiliti nelle Norme di Attuazione del Piano per la regolamentazione degli interventi in ambiti censiti di pericolosità idraulica ai sensi del PAI.

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-001
Attraversamento: Torrente Bevano

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 6 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento da parte del metanodotto in progetto "Ravenna - Chieti" DN650 ricade nel territorio comunale di Ravenna, nel tratto basso dello sviluppo del corso d'acqua, a circa 2 km a monte del ponte della strada statale SS.16.

Al fine di consentire un inquadramento territoriale dell'ambito di attraversamento, qui di seguito si riporta una corografia in scala 1:25.000 (estratta dalle tavolette IGM), dove il tracciato del metanodotto in progetto è riportato mediante una linea in rosso e l'area di attraversamento in esame è indicata mediante un cerchio in colore blu.

Nella stessa figura è inoltre indicato schematicamente (mediante sagoma rettangolare in magenta a cavallo della condotta) il tratto di linea 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, unitamente ai suoi affluenti scolo Acquara e scolo Bevanella, che nel tratto in esame si sviluppano affiancati (in parallelismo) al torrente Bevano.

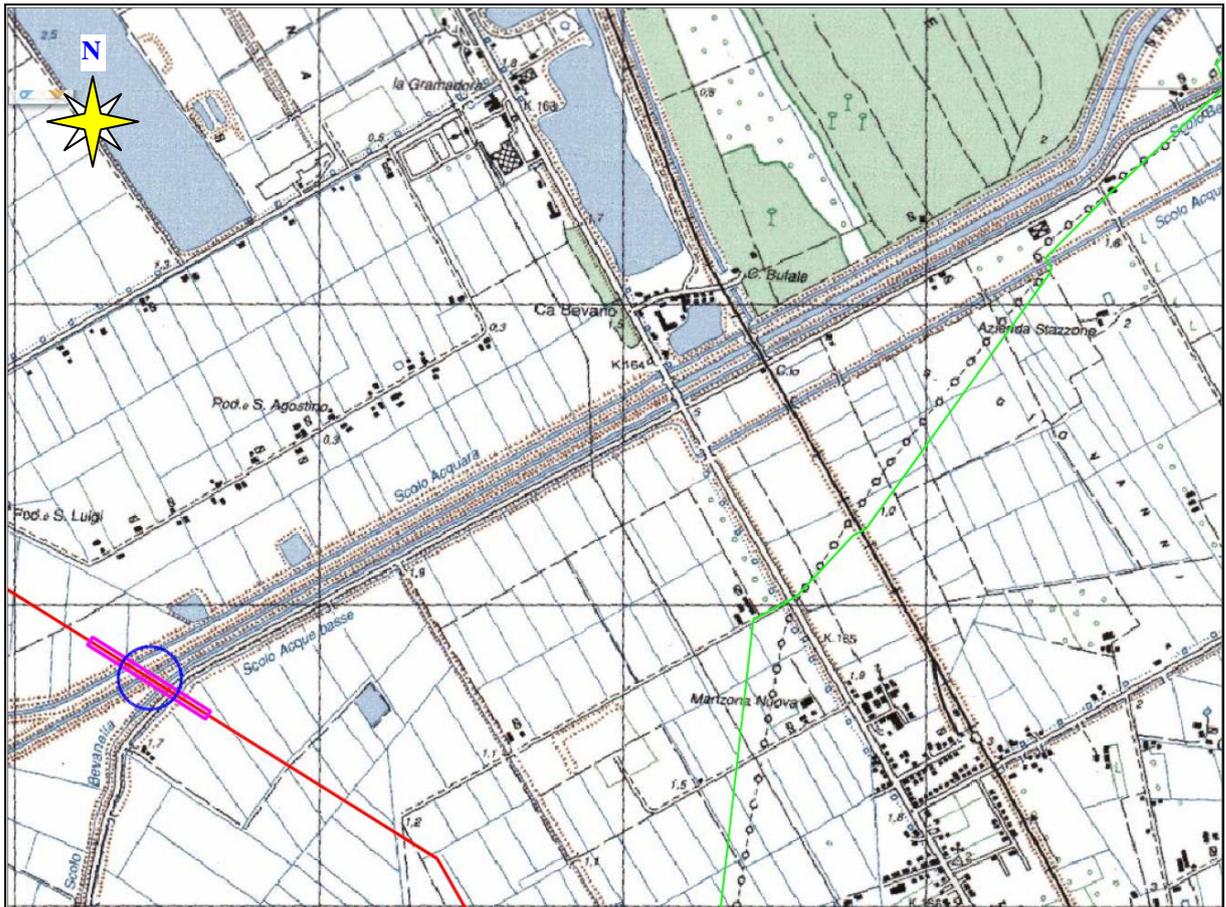


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 7 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

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

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

Coordinate ambito di attraversamento del corso d'acqua		
Coordinate Piane WGS84 - Fuso 33: Est /Nord	281328 m E	4910530 m N

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico di maggior dettaglio (CTR in scala 1:10.000), dal quale si può individuare il tracciato del metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in colore rosso) e l'area di attraversamento del corso d'acqua in esame (evidenziata mediante un cerchio in colore blu). Nella stessa figura è inoltre indicato schematicamente (mediante sagoma rettangolare in magenta) il tratto di condotta con posa prevista in trivellazione. Ciò in quanto (come meglio specificato in seguito) l'attraversamento dell'alveo del corso d'acqua in esame verrà eseguito in trenchless.

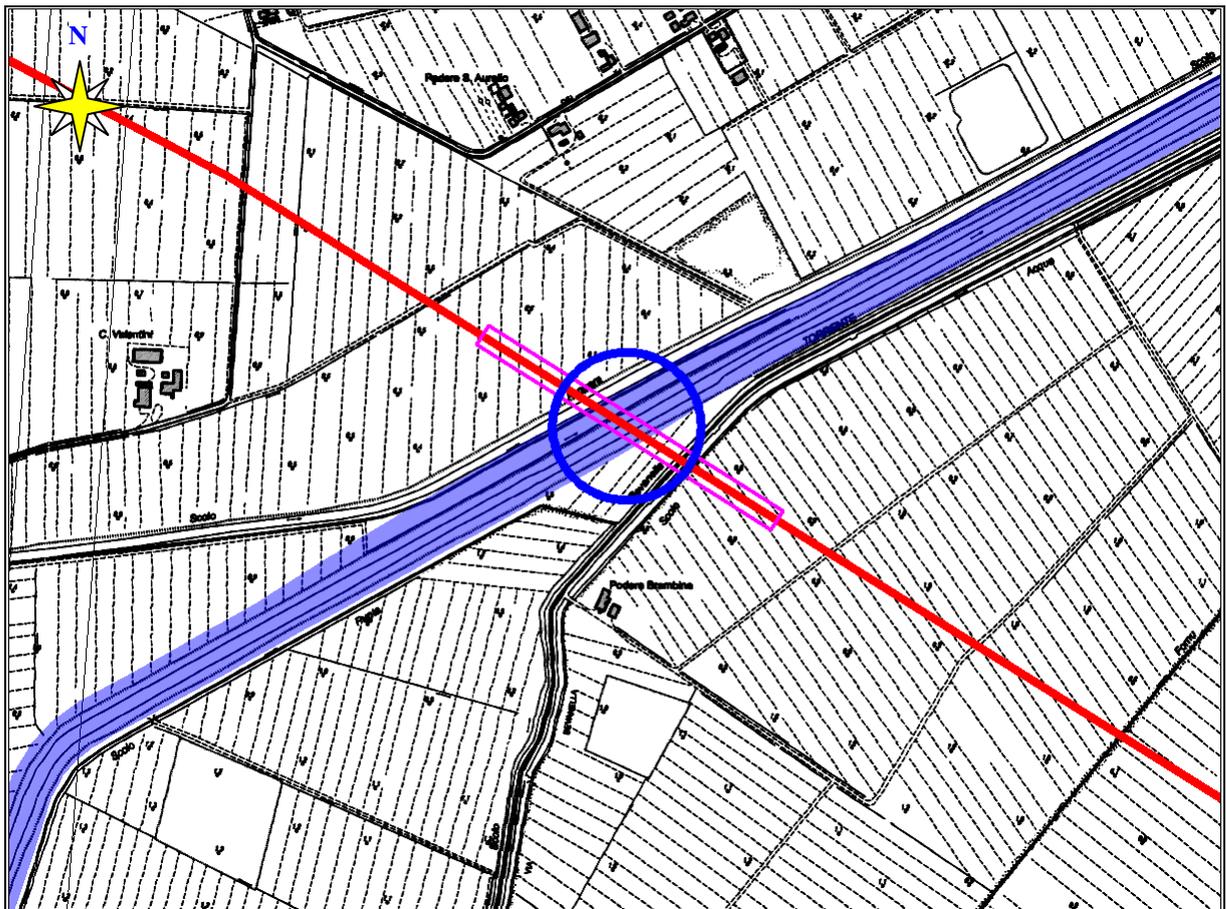


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 8 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 9 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

3 CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME

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

Il torrente Bevano rappresenta un corso d'acqua caratterizzato da un bacino di circa 315 km², ricadente nelle provincie di Forlì e di Ravenna. L'intero bacino, costituito dal torrente Bevano e dal Fosso Ghiaia, è ricompreso tra i bacini del Fiume Savio ad est, il Fiume Uniti a nord-ovest.

Nasce dalle pendici dalle pendici di monte Maggio (329 m), nei pressi di Bertinoro e dopo un percorso pochi km, entra in zona di pianura; pertanto il bacino è quasi esclusivamente di pianura.

In pianura il torrente raccoglie le acque di molti fossati, scoli agricoli e canali di bonifica. Il Bevano prosegue il suo corso toccando le località Casemurate-San Zaccaria (frazioni del comune di Ravenna), in una zona dove un tempo vi era un'ampia palude, la Valle Standiana, ora bonificata. Nel suo basso corso il Bevano viene affiancato da due scoli naturali, l'Acquara e la Bevanella, che confluiscono nel suo alveo presso la Pineta di Classe.

Quindi nel tratto terminale riceve prima le acque del principale tributario Fosso Ghiaia e quindi sfocia in Mar Adriatico nell'area antistante la Pineta di Classe, fra le località di Lido di Classe e Lido di Dante.

Nella figura seguente è riportato il bacino complessivo del corso d'acqua (in color magenta) su una base cartografica costituita dai fogli IGM, con indicazione del reticolo idrografico principale e dell'ambito di attraversamento in esame.



PROGETTISTA TechnipFMC

COMMESSA
NR/17350

CODICE TECNICO

LOCALITA'
REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE

RE-CIV-001

PROGETTO
RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA –
CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") –
DP 75 bar ED OPERE CONNESSE

Fg. 10 di 50

Rev.
0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

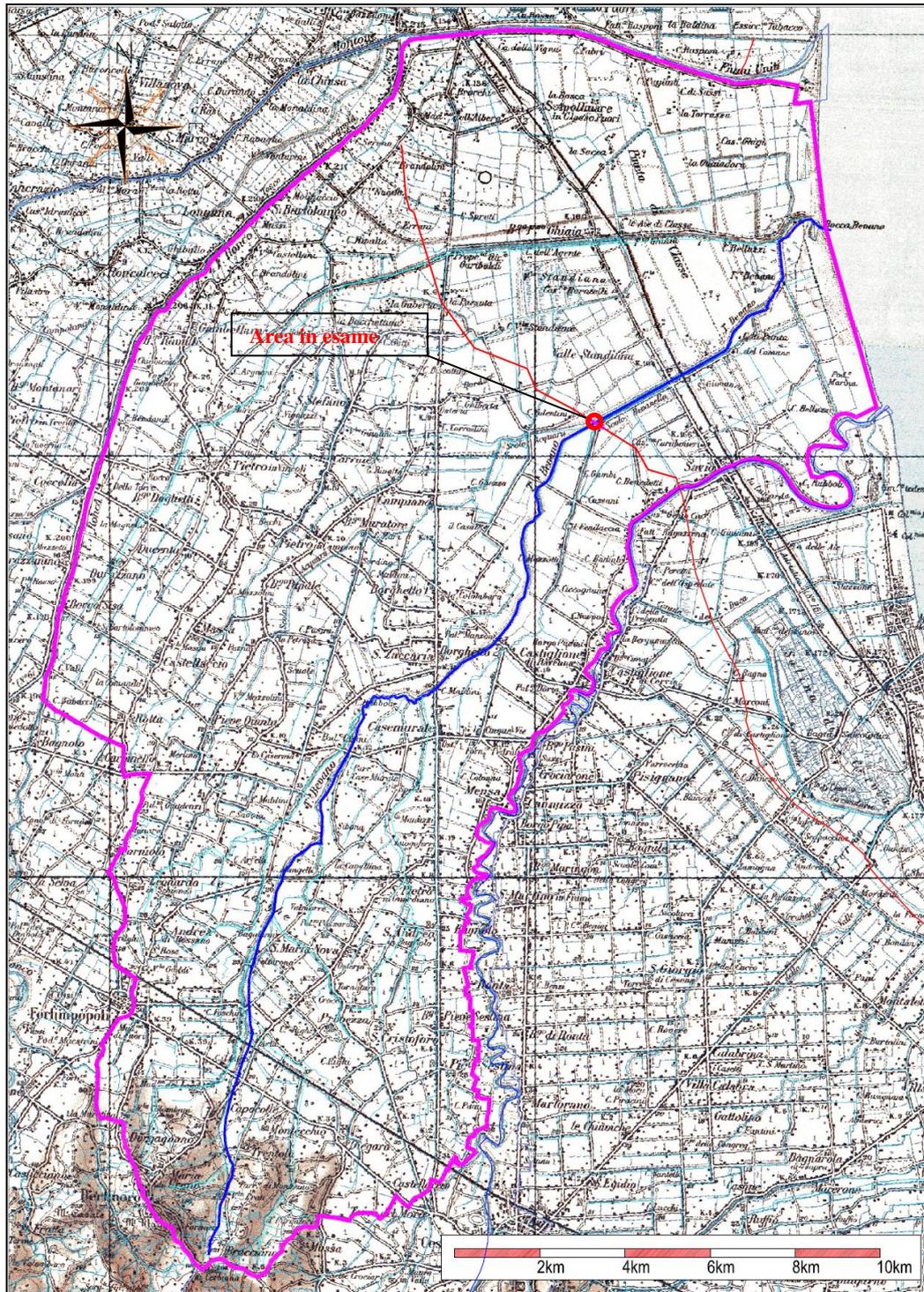


Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua ed indicazione dell'ambito di studio

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 11 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

3.2 Descrizione dell'area d'intervento

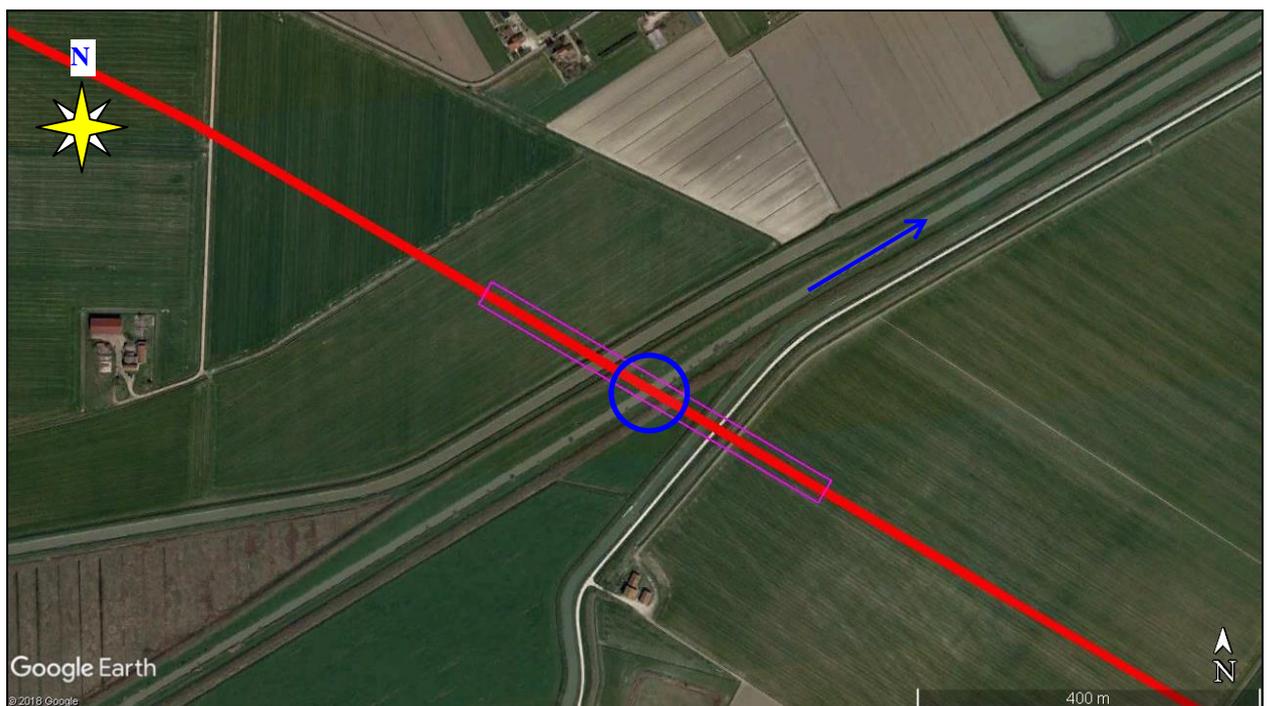
Come si rileva dalla precedente Fig.3.1/A, l'attraversamento da parte del metanodotto in progetto ricade nel tratto basso dello sviluppo del corso d'acqua, a circa 8 km dalla foce nell'Adriatico.

Dal punto di vista idrografico l'ambito d'interferenza ricade a monte dell'immissione da parte di alcuni principali affluenti, con particolare riferimento al fosso Ghiaia (principale tributario) la cui confluenza nel Bevano ricade immediatamente a monte della foce in mare.

Nell'intorno dell'attraversamento il corso d'acqua assume un andamento longitudinale rettilineo e nel tratto in esame si sviluppa affiancato (in parallelismo) da n.2 suoi affluenti, ossia scolo Acquara nel lato in sinistra idrografica e scolo Bevanella in destra. La confluenza da parte di detti scoli con il Bevano avviene a circa 5 km più a valle, nei pressi della Pineta di Classe.

L'alveo del corso d'acqua presenta una larghezza di circa 20m, con strette fasce golenali delimitate da argini alti circa 3m. Le sponde e le golene sono interessate da una folta vegetazione arbustiva (canneti). Non si individuano segni rilevanti di erosioni spondali e/o di divagazione d'alveo.

Al fine di consentire una visione diretta dell'ambito in esame, nella figura seguente è riportata una foto aerea (estratta da Google Earth) dell'ambito d'interferenza tra il metanodotto ed il corso d'acqua dove il tracciato del metanodotto in progetto è riportato mediante una linea in rosso e l'area di attraversamento in esame è indicata mediante un cerchio in colore blu. L'attraversamento in esame, come meglio specifico nel seguito, verrà eseguito in trenchless il cui sviluppo di trivellazione è indicato schematicamente mediante una sagoma rettangolare in magenta a cavallo della condotta da posare.



	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 12 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 13 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

4 VALUTAZIONI IDROLOGICHE

4.1 Generalità

Lo studio idrologico in generale assume la finalità di determinazione delle portate al colmo di piena e/o gli idrogrammi di piena di uno o più corsi d'acqua in prefissate sezioni di studio ed in funzione di associati tempi di ritorno.

La valutazione delle portate può essere eseguita con diverse metodologie di calcolo, in funzione della natura dei dati disponibili.

In generale, avendo a disposizione dati di portata registrati in continuo da una stazione idrometrica presente sul corso d'acqua, si esegue l'elaborazione statistica degli eventi estremi disponibili (metodo diretto).

In mancanza di detti dati, si verifica se sono disponibili dati di portata di altri corsi d'acqua, siti nelle circostanze del fiume oggetto di studio, con le medesime caratteristiche idrologiche. In detto caso si esegue l'elaborazione statistica di dati disponibili e successivamente si cerca di interpretare le portate del corso d'acqua in esame sulla base dei risultati ottenuti (metodo della similitudine idrologica).

In alcuni casi è possibile utilizzare i cosiddetti "metodi di regionalizzazione", attraverso i quali è possibile valutare le portate di piena in riferimento a parametri idrologici caratteristici del bacino in esame.

Infine, è possibile ricorrere al metodo indiretto (Afflussi- Deflussi), che permette la valutazione delle portate al colmo in funzione delle precipitazioni intense.

4.2 Considerazioni specifiche preliminari

Nello specifico per le valutazioni idrologiche ci si riferisce esplicitamente a degli "studi ufficiali", eseguiti per l'ambito fluviale in esame e con particolare riferimento allo studio denominato "*Valutazione delle conseguenze prodotte sulla spiaggia e sulle località balneari limitrofe, dalla massima piena dei fiumi Savio, Uniti, Lamone e torrente Bevano, mediante anche la valutazione del rischio idraulico nei tratti oggetto di studio*", commissionato dal comune di Ravenna (a scopo conoscitivo per la redazione del Piano Comunale di emergenza per il rischio idraulico per protezione civile) e redatto dal Prof. Ing. Armando Brath (Ordinario Costruzioni Idrauliche, Università di Bologna) nel Febbraio 2018.

Si pone inoltre in evidenza che il sopracitato studio è stato redatto coerentemente con le informazioni idrologiche (alle stime delle onde di piena) adottate nell'esistente pianificazione di bacino (ossia nel vigente PAI - PGR, Piano per l'Assetto Idrogeologico - Piano gestione Rischio Alluvioni).

4.3 Sezione Idrologica di riferimento - Parametri morfometrici

Si assume come sezione di studio quella di attraversamento da parte del metanodotto in progetto, la quale ricade nel tratto basso dello sviluppo dell'asta fluviale, a circa 8 km dalla foce in mare.

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico, ricavato dai fogli IGM, con la delimitazione del bacino sotteso dalla sezione di studio (sez. attraversamento) e con indicazione dell'asta principale del corso d'acqua ed il reticolo idrografico. Nella stessa



PROGETTISTA  TechnipFMC

COMMESSA
NR/17350

CODICE TECNICO

LOCALITA'
REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE

RE-CIV-001

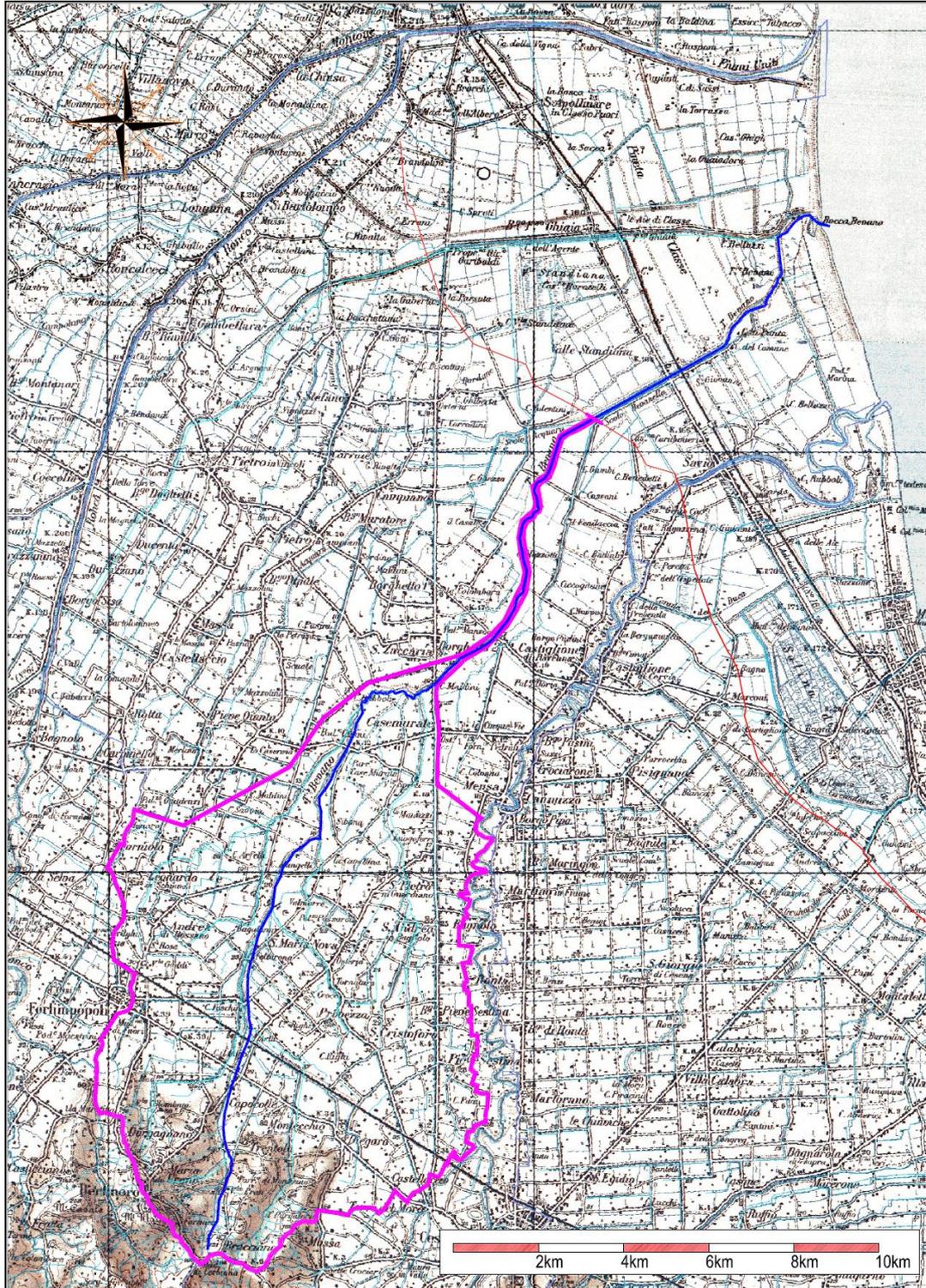
PROGETTO
RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA –
CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") –
DP 75 bar ED OPERE CONNESSE

Fg. 14 di 50

Rev.
0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

figura il tracciato del metanodotto in progetto è indicato mediante una linea in colore rosso.



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 15 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

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

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

Tab.4.3/A: Parametri morfometrici

Corso d'acqua / Sezione Studio	Superficie Bacino (kmq)	Lungh. asta principale (km)	Altitudine media Bacino (m)	Altitudine Sezione chiusura (m)
T.Bevano Sez. di studio	92	26.2	32	0

4.4 Studio Prof. Brath - Febb.2018

Premessa ed informazioni generali sullo studio

Lo studio denominato "Valutazione delle conseguenze prodotte sulla spiaggia e sulle località balneari limitrofe, dalla massima piena dei fiumi Savio, Uniti, Lamone e torrente Bevano, mediante anche la valutazione del rischio idraulico nei tratti oggetto di studio", è stato commissionato dal comune di Ravenna (a scopo conoscitivo per la redazione del Piano Comunale di emergenza per il rischio idraulico per protezione civile) ed è stato redatto dal Prof. Ing. Armando Brath (Ordinario Costruzioni Idrauliche, Università di Bologna), nel Febbraio 2018.

La relazione dello studio e gli elaborati cartografici prodotti sono disponibile on line presso il link <http://bit.ly/studio-brath>

Nell'ambito dello studio è stato eseguito la modellazione delle onde di piena con tempi di ritorno di 100, 150 e 200 anni per i corsi d'acqua fiumi Savio, Uniti (formato dall'unione dei fiumi Ronco e Montone), Lamone e torrente Bevano a partire dalla via Emilia (SS.9) fino al mare, tenendo conto delle esondazioni che si verificano nei tratti a monte.

Per definire tale sollecitazione idrologica, coerentemente con quanto stabilito nel capitolato dell'incarico, si è fatto riferimento alle stime delle onde di piena adottate nell'esistente pianificazione di bacino (ossia nel vigente PAI - PGRA , Piano per l'assetto idrogeologico - Piano gestione rischio alluvioni). Di conseguenza, per caratterizzare le onde di piena dei vari corsi d'acqua in corrispondenza dei rispettivi attraversamenti della via Emilia, si è fatto riferimento alle stime delle onde desumibili dagli studi idrologici condotti in passato dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli.

Analisi specifiche per il corso d'acqua in esame (aspetto idrologico)

Per il torrente Bevano essendo un corso d'acqua sostanzialmente di pianura si differenzia in termini di modellazione idrologica rispetto agli altri corsi d'acqua analizzati nello studio. Infatti, mentre per gli altri corsi d'acqua l'onda di piena alla via Emilia può essere assunta come unica sollecitazione idrologica in ingresso al modello matematico, in quanto a valle non si hanno immissioni significative, nel caso del Bevano non si può prescindere dalle immissioni della rete di scolo di bonifica, come correttamente

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 16 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

riconosciuto anche negli studi idrologici condotti a supporto della pianificazione di bacino da parte dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli.

Infatti il comportamento di tale corso d'acqua non è assimilabile a quello degli altri corsi d'acqua, in quanto gran parte dei suoi deflussi sono originati dai contributi di comprensori di bonifica, che peraltro poco si prestano a essere stimati con le metodologie di regionalizzazione delle portate, messe a punto per i bacini collinari e montani. Tali contributi di bonifica si immettono nel torrente Bevano a valle della via Emilia, ove si chiude il bacino collinare e montano, che ha estensione sensibilmente ridotta rispetto a quello degli altri corsi d'acqua; pertanto, l'onda di piena del bacino collinare e montano rappresenta solo una piccola porzione della sollecitazione idrologica cui è soggetto il corso d'acqua nel suo sviluppo a valle della via Emilia.

Nella Figura seguente sono indicate in apposita planimetria le principali immissioni dei collettori di bonifica nel torrente Bevano, che sono state considerate come ingressi concentrati al modello nelle posizioni indicate.

Nella stessa figura, l'ambito di studio in esame nel presente elaborato è indicato mediante un cerchio in rosso.



PROGETTISTA  TechnipFMC

COMMESSA
NR/17350

CODICE TECNICO

LOCALITA'
REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE

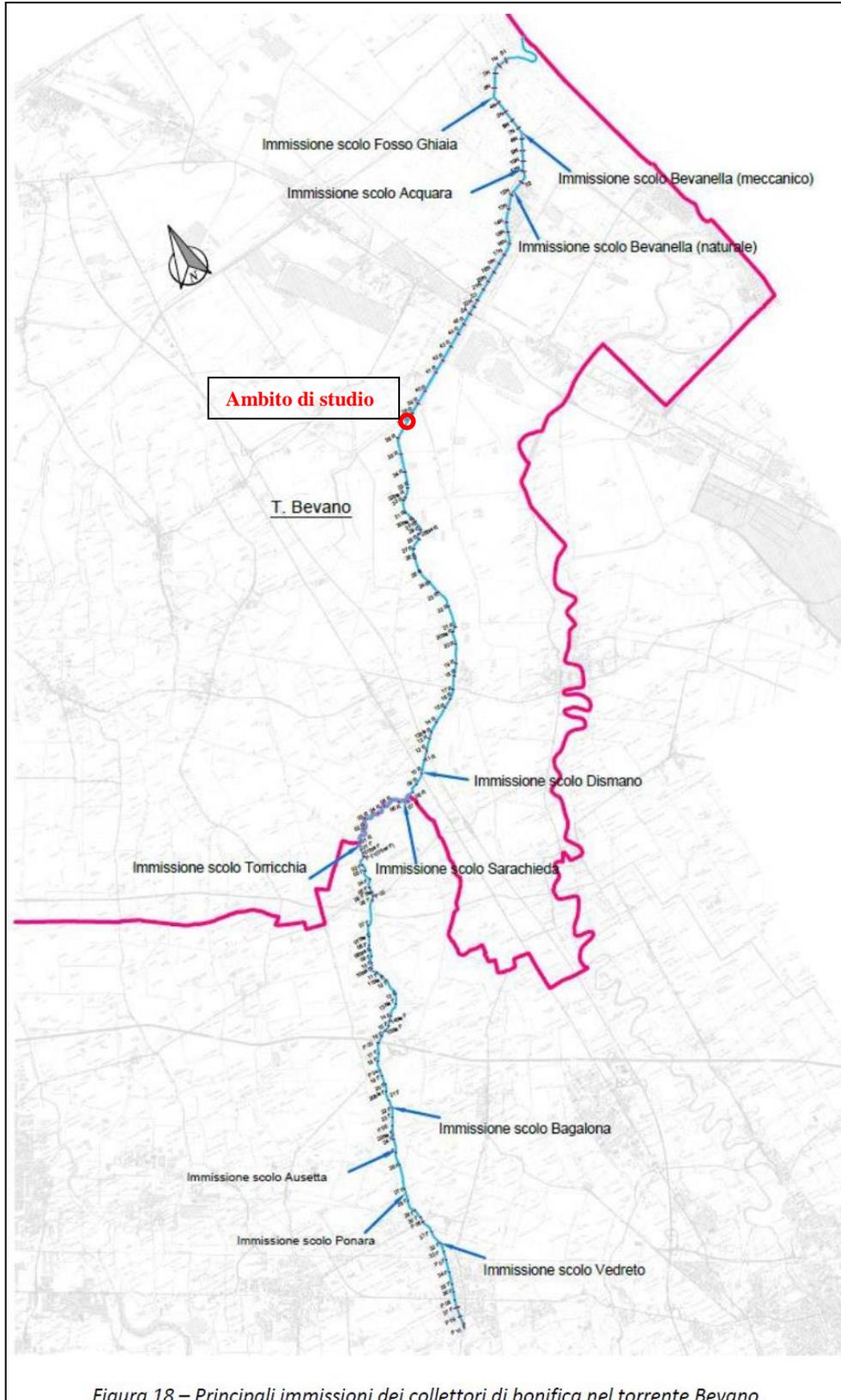
RE-CIV-001

PROGETTO
RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA –
CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") –
DP 75 bar ED OPERE CONNESSE

Fg. 17 di 50

Rev.
0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029



	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 18 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

Per il torrente Bevano nello studio si è proceduto in maniera tale da rispettare la congruenza tra le stime della sollecitazione idrologica effettuate nel presente studio e quelle adottate negli studi di pianificazione di bacino, sviluppati dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli. In particolare sono stati stimati i valori delle portate al colmo di piena 100-ennali e 200-ennali in alcune sezioni del corso d'acqua, poste a valle delle varie immissioni dei canali di bonifica, che sono riportati nella Tabella seguente

Tabella 3 – Stime delle portate al colmo di T=100 e 200 anni e dei tempi di picco in alcune sezioni del torrente Bevano

Sezione	Q(100) [mc/s]	Q(200) [mc/s]	T _p [h]
Chiusura Bevano Collinare (monte via Emilia)	29	36	1
Valle immissione scolo Vedreto	65	78	3.4
Valle immissione scolo Ponara	85	102	4.5
Valle immissione scolo Ausetta	99	119	6.3
Valle immissione scolo Bagalona	111	133	8
Valle immissione scolo Torricchia	127	152	11
Valle immissione scolo Sarachieda/Saraceta	161	193	12
Valle immissione scolo Dismano	196	235	13

Assumendo poi una forma dell'onda triangolare con tempo di picco T_p, variabile linearmente tra 1 ora alla chiusura del bacino montano e 13 ore a S. Zaccaria, in aderenza alle risultanze di un precedente studio condotto dalla stessa Autorità, si ottengono le onde di piena per T=200 e T=100 anni, riportate rispettivamente nella Figura 19 e nella Figura 20.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 19 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

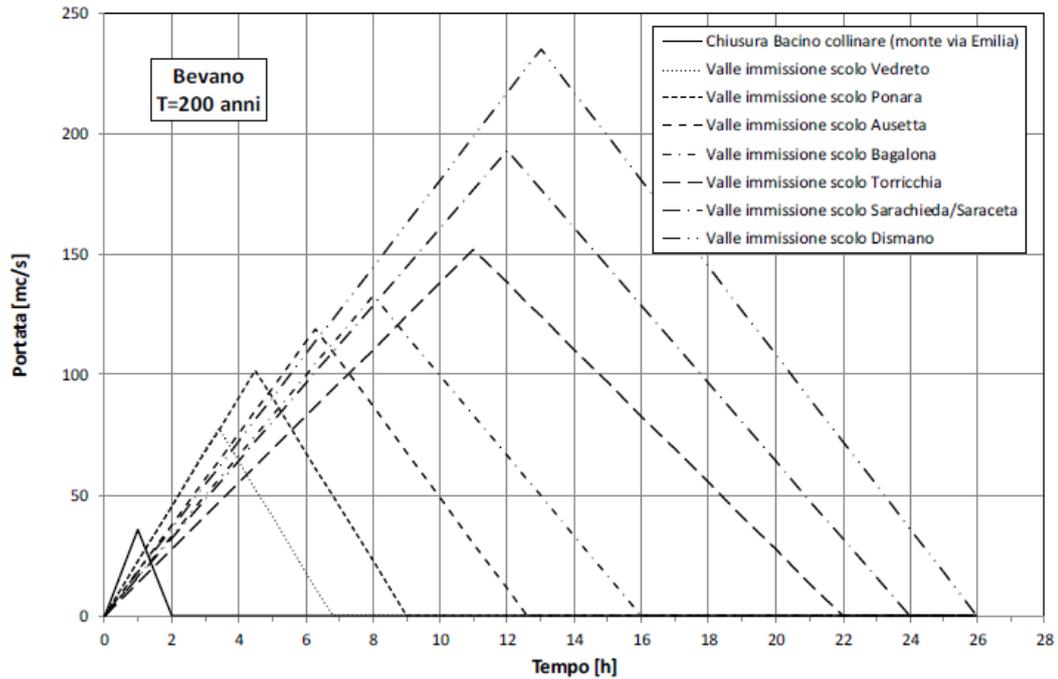


Figura 19 – Onde di piena in varie sezioni del torrente Bevano, per T=200 anni.

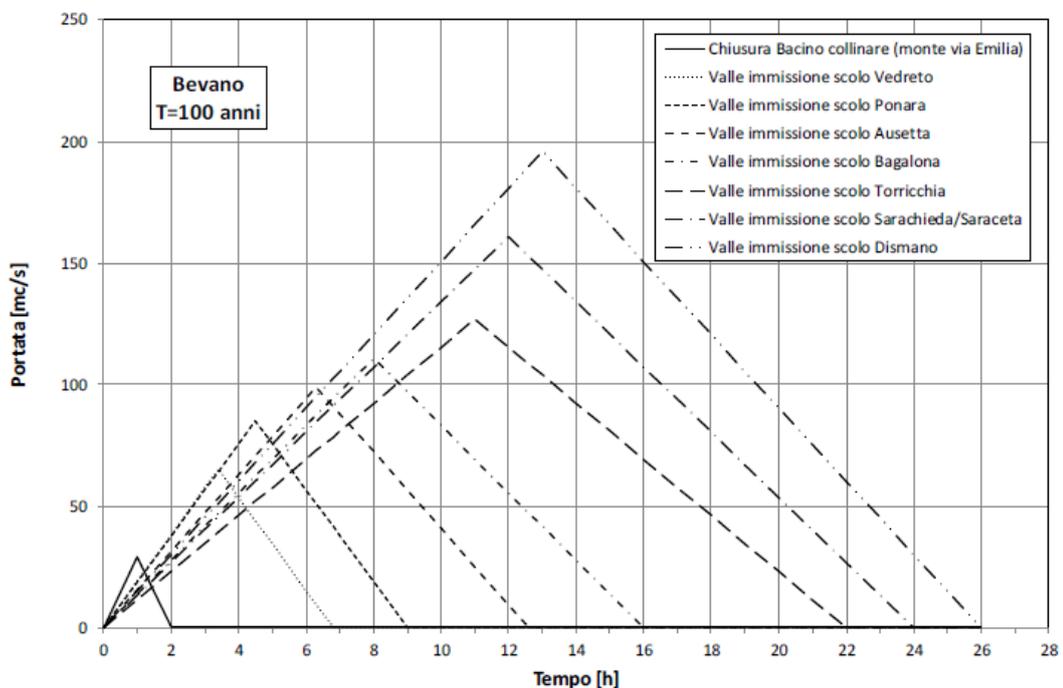


Figura 20 - Onde di piena in varie sezioni del torrente Bevano, per T=100 anni.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 20 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

Nella modellazione matematica del transito delle piene nel torrente Bevano si è considerato, come per gli altri corsi d'acqua, il tratto compreso tra l'attraversamento della via Emilia e la foce a mare; in questo caso, la sollecitazione in ingresso all'estremità di monte del modello è costituita dall'onda alla chiusura del bacino collinare (riportata nella Figura 19 per T=200 anni e nella Figura 20 per T=100 anni) e dalle immissioni apportate dai vari contributi di bonifica (v. Figura 18); queste ultime sono state stimate, a partire dalle onde riportate nelle figure precedenti (Figura 19 e Figura 20), in maniera tale da avere, a valle di ciascuna immissione, un'onda di piena nel corso d'acqua principale che sia la più vicina possibile a quella stimata dall'analisi idrologica e riportata nelle figure stesse. A valle dello scolo Dismano, sono presenti altre quattro importanti immissioni nel torrente Bevano (v. sempre Figura 18); si tratta, a partire da monte verso valle, dell'immissione dello scolo Bevanella (naturale) in destra idrografica, dello scolo Acquara in sinistra, dello scolo Bevanella (meccanico) in destra e infine del fosso Ghiaia in sinistra idrografica. Queste ultime quattro immissioni, a differenza delle precedenti e coerentemente con l'approccio impiegato dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, sono state stimate schematizzandole come ingressi a portata costante nel tempo; i valori attribuiti sono quelli desunti dagli studi di pianificazione di bacino, vale a dire: 8 mc/s per lo scolo naturale Bevanella, 12 mc/s per lo scolo Acquara, 8 mc/s per lo scolo meccanico Bevanella e 35 mc/s per il fosso Ghiaia.

4.5 Portate al colmo di piena nell'ambito di attraversamento

Facendo seguito ai risultati dello studio del Prof. Brath relativamente al corso d'acqua in esame, si evidenzia che l'ambito d'attraversamento da parte della linea in progetto (sezione di idrologica di riferimento nel presente elaborato), ricade in riferimento alla Fig. 18 dello studio del Prof. Brath a circa 2km a monte dello scolo naturale Bevanella e quindi a monte anche degli altri 3 corsi d'acqua considerati a portata costante (scolo Acquara, scolo meccanico Bevanella e fosso Ghiaia).

Pertanto per la valutazione delle portate nell'ambito di riferimento possono essere assunte le portate del corso d'acqua a valle dell'immissione dello Scolo Dismano.

Le portate valutate sul corso d'acqua in prossimità dell'area di attraversamento del metanodotto sono quindi riportate in tabella seguente

Tab.4.5/A: Portate di riferimento nella Sezione di Studio

			Q100	Q200	q200
		Superficie Bacino	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s×kmq)
Sezione Idrologica					
Torr. Bevano	- Sez. Attraversamento	92 kmq	196	235	2.55

Le assunzioni sopra fatte se da un lato non tengono conto degli eventuali contributi di scoli minori non considerati nello studio, tuttavia per contro non tengono conto dell'effetto della laminazione per la propagazione dell'onda lungo l'asta fluviale nel tratto tra l'immissione dello scolo Dismano e l'ambito di attraversamento del metanodotto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 21 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

5 VALUTAZIONI DI CARATTERE IDRAULICO

5.1 Generalità

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

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

Relativamente agli attraversamenti in subalveo da parte di metanodotti, le verifiche idrauliche sono invece finalizzate principalmente all'individuazione dei parametri idraulici di deflusso necessari per la valutazione delle erosioni in alveo 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.

5.2 Considerazioni specifiche

Nel caso specifico l'interferenza idraulica in esame nel presente elaborato riguarda l'attraversamento in subalveo del corso d'acqua da parte del metanodotto, il quale verrà realizzato mediante la posa della pipeline mediante una tecnica in trenchless in considerazione di profondità di posa molto elevate nei confronti del fondo alveo del corso d'acqua.

Infatti la trivellazione per la posa della condotta verrà eseguita con postazioni di estremità posizionate a distanze ragguardevoli nei confronti dell'alveo e dei rilevati arginali del corso d'acqua, con una configurazione in subalveo curvilinea che assicura profondità di posa molto elevate nei confronti delle quote di fondo del letto fluviale (superiore a 15 m). A tal proposito si rimanda a quanto meglio specificato nei capitoli seguenti.

In ragione di quanto detto risulta del tutto evidente che, nel caso specifico, la condotta verrà posizionata in assoluta sicurezza nei confronti dei processi erosivi del fondo alveo e pertanto non si è ravvisata la necessità di sviluppare degli specifici studi idraulici finalizzati alla valutazione di detti fenomeni di approfondimento d'alveo, in quanto ritenuti superflui.

Detto ciò, a titolo prettamente conoscitivo in merito alla specifica argomentazione, nel presente capitolo ci si limita esclusivamente a riferire dei risultati di altri studi idraulici (di carattere ufficiale) eseguiti nell'ambito fluviale in esame (con particolare riferimento allo studio del Prof. Brath, già analizzato dal punto di vista idrologico nel capitolo precedente) e ad illustrare i risultati degli studi idraulici sviluppati nel corso della redazione del PAI, i quali sono stati sintetizzati nella cartografia tematica prodotta nell'ambito degli elaborati di piano.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 22 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

5.3 Studio Prof. Brath - Febb.2018

Premessa

Facendo seguito a quanto già illustrato nel capitolo 4.4 lo studio sul corso d'acqua in esame è stato commissionato dal comune di Ravenna, per verificare le eventuali problematiche di esondazioni per sormonto arginale, ed è stato redatto dal Prof. Ing. Armando Brath, nel Febbraio 2018.

Le valutazioni idrauliche su corso d'acqua hanno considerato il tronco d'alveo a partire dal ponte della via Emilia sino alla foce in mare, in considerazione di eventi piena con tempi di ritorno di 100 e 200 anni.

La modellazione idrologica - idraulica è stata effettuata in considerazione di n.2 possibili scenari:

- scenario "ad esondazioni libere": tenendo conto delle esondazioni nel caso possa verificarsi insufficienza idraulica dei tratti fluviali in Comune di Ravenna interessati da esondazione per sormonto arginale";
- scenario "ad esondazioni impedito": non tenendo in conto dei sormonti (e quindi delle relative laminazioni) per sormonto arginale;

Per l'illustrazione dei criteri di elaborazione utilizzati per la modellazione idraulica si rimanda alla visione degli elaborati di report disponibili on line presso il link <http://bit.ly/studio-brath>

Risultati della modellazione

I risultati della modellazione idraulica per il corso d'acqua sono sintetizzati nella Tavola 5 dello studio denominato "TAV. 7 - Profili del pelo libero dei fiumi Ronco e Uniti per gli eventi di piena di tempo di ritorno $T=100$ e 200 anni, nelle condizioni di esondazioni impedito e di esondazioni libere", nel quale sono riportati i profili del pelo libero al transito del colmo della piena 100-ennale e di quella 200-ennale, a partire dal ponte della via Emilia (SS9) verso la foce.

A tal proposito nella figura seguente (Fig.5.3/A) si riporta uno stralcio della sopracitata Tavola 3, in considerazione del tratto in cui ricade l'attraversamento del metanodotto (a circa 2 km a monte del ponte della SS.16. In particolare nella figura l'attraversamento da parte della linea in progetto è indicato mediante una freccia in rosso.

Dall'analisi della figura seguente si rileva, che in considerazione dello scenario "ad esondazioni impedito", nel tratto di attraversamento le portate considerate (100-ennale e 200-ennale) non risultano contenute dai rilevati arginali, e peraltro si rilevano dei tiranti di sommergenza piuttosto significativi.

Questa situazione non è riferita esclusivamente al tratto in esame (ambito di attraversamento della condotta), ma risulta grossomodo generalizzato per tutto il tratto di sviluppo del corso d'acqua nell'ambito del territorio comunale di Ravenna.

Invece in considerazione dello scenario "ad esondazioni libere", il battente idraulico dell'onda di piena (sia 100-ennale, che 200-ennale) risulta pressappoco coincidente con le quote di sommità dei rilevati arginali, con franchi tuttavia molto modesti.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 23 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

LEGENDA	
Profilo Tr = 200 anni, esondazioni impedito	
Profilo Tr = 100 anni, esondazioni impedito	
Profilo Tr = 200 anni, esondazioni libere	
Profilo Tr = 100 anni, esondazioni libere	

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 24 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

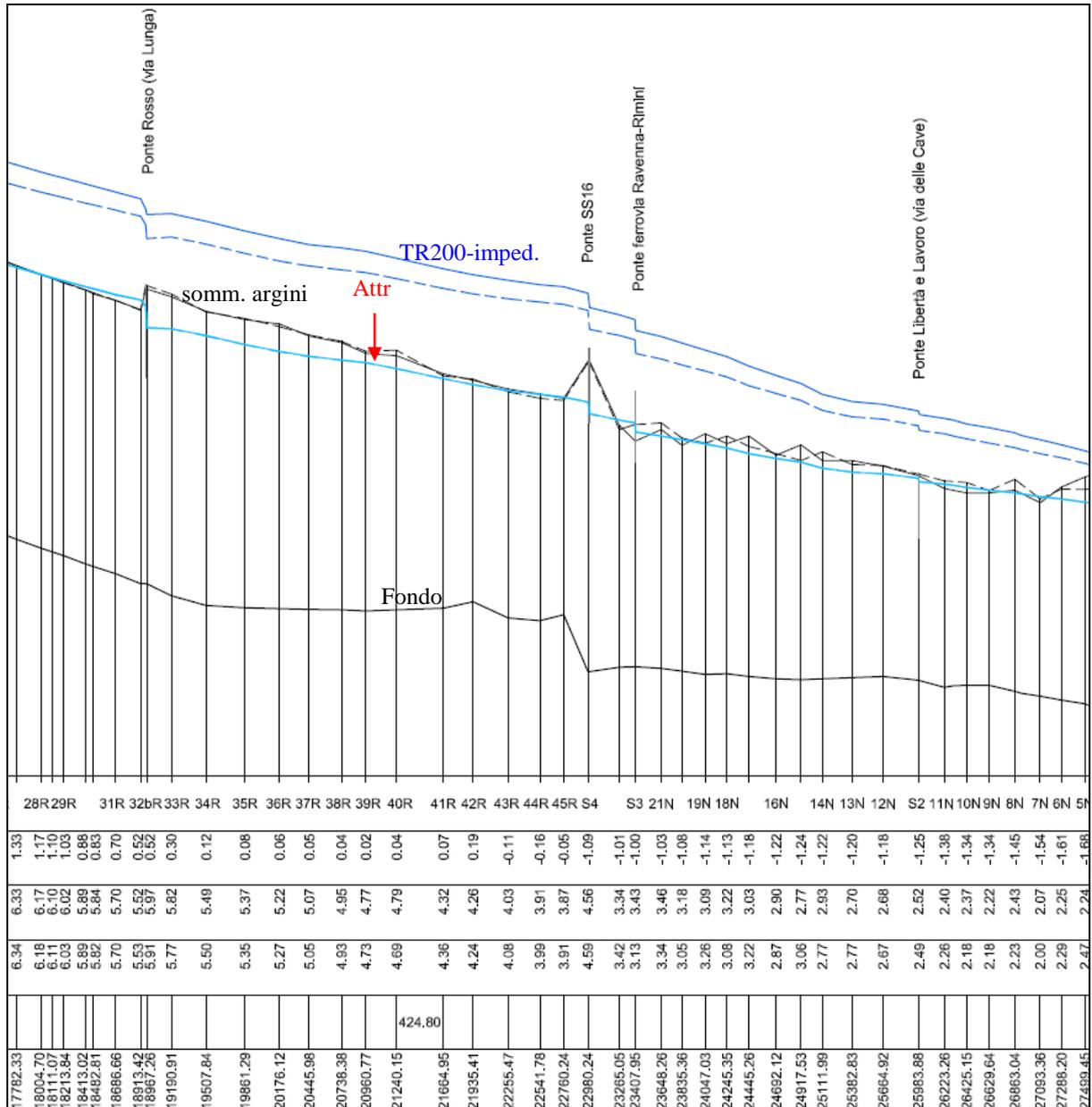


Fig.5.3/A: Stralcio della Tav.7 - Studio prof. Brath (Feb.2018)

5.4 PAI - Sintesi dei risultati riferiti al contesto

Nel presente paragrafo si è provveduto ad illustrare i risultati degli studi idraulici sviluppati nel corso della redazione del PAI, i quali sono stati sintetizzati nella cartografia tematica prodotta nell'ambito degli elaborati di piano.

In particolare nella seguente figura (Fig. 5.4/A) si riporta uno stralcio della Tav. 240e, in scala 1:25.000, della Perimetrazione Aree a Rischio Idrogeologico del PAI, nel quale:

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 25 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

-) *Alveo* (Art.2 ter): spazio di terreno nel quale defluisce la piena ordinaria; è costituito da una porzione incisa, interessata dalle portate più modeste, da aree di espansione, esterne all'alveo inciso, inondabili con piene ordinarie e da porzioni di territorio, morfologicamente appartenenti al corso d'acqua, potenzialmente riattivabili o interessabili dalle sue naturali divagazioni; per i corpi idrici arginati costituiscono parte integrante dell'alveo anche le arginature fino al loro piede esterno;

-) *Aree ad elevata probabilità di esondazione* (Art.3): spazio di terreno interessabile dalla piena di progetto con tempo di ritorno (TR) non superiore a 30 anni, valutato convenzionalmente con le procedure di analisi adottate dall'Autorità di Bacino.

-) *Aree a moderata probabilità di esondazione* (Art.4): spazio di terreno interessabile esclusivamente dalla piena di progetto con tempo di ritorno (TR) non superiore a 200 anni, valutato convenzionalmente con le procedure di analisi adottate dall'Autorità di Bacino.

-) *Aree di potenziale allagamento* (Art.6): aree nelle quali si riconosce la possibilità di allagamenti a seguito di piene del reticolo minore e di bonifica, nonché di sormonto degli argini da parte di piene dei corsi d'acqua principali di pianura, in corrispondenza di piene con tempo di ritorno non superiore ai 200 anni, senza apprezzabili effetti dinamici.

-) *Distanza di rispetto dai corpi arginali* (Art.10): distanza minima (riferita al piede esterno delle arginature dei corsi d'acqua principali di pianura) a cui tenere la localizzazione delle previsioni insediative in termini di pianificazione urbanistica da parte dei comuni territorialmente competente.

Nella tavola sono state inoltre inserite le informazioni relative all'intervento in progetto ed al metanodotto in esercizio. In particolare:

- la linea in verde: rappresenta il metanodotto in esercizio (da dismettere, successivamente la messa in gas del metanodotto attualmente in progetto);
- la linea in rosso: rappresenta il tracciato di progetto del metanodotto in progetto;
- il tratto con campitura in magenta: rappresenta l'ambito in cui la condotta in progetto è prevista con posa in trenchless;
- cerchio in blu: rappresenta l'ambito fluviale dove è previsto l'attraversamento da parte del metanodotto in progetto con l'alveo del corso d'acqua in esame.



PROGETTISTA TechnipFMC

COMMESSA
NR/17350

CODICE TECNICO

LOCALITA'
REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE

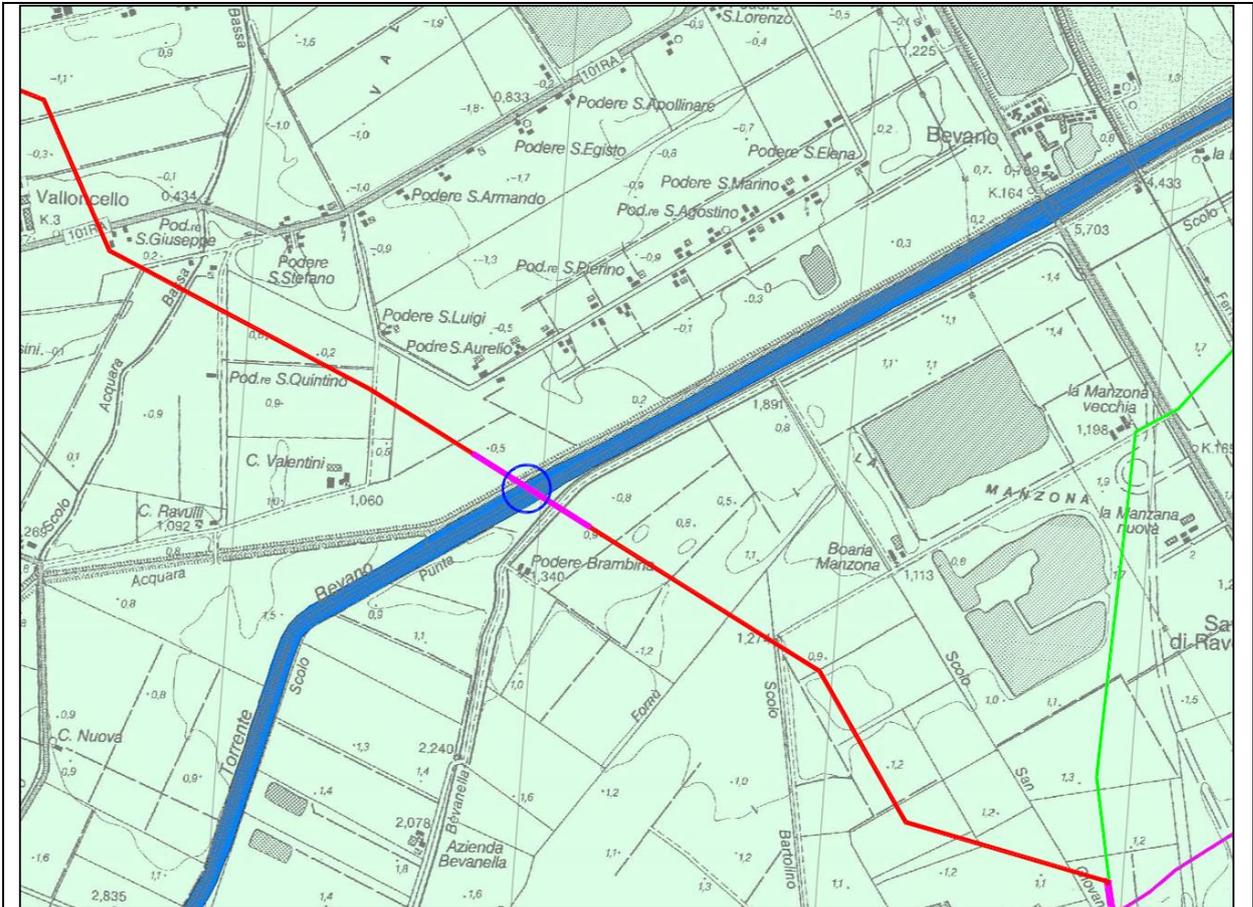
RE-CIV-001

PROGETTO
RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA -
CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") -
DP 75 bar ED OPERE CONNESSE

Fg. 26 di 50

Rev.
0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029



Aree a rischio idrogeologico

Titolo II - "Assetto della rete idrografica"

-  Art. 2 ter - alveo:  piena ordinaria  porzione incisa
-  Art. 3 - aree ad elevata probabilità di esondazione
-  Art. 4 - aree a moderata probabilità di esondazione
-  Art. 6 - aree di potenziale allagamento
-  Art. 10 - distanze di rispetto dai corpi arginali

Fig.5.4/A: Stralcio Tav.240e (cartografia PAI), in scala 1:25.000, con interferenze di linea

Nella seguente figura (Fig. 5.4/B) si riporta invece uno stralcio della Tav. 240e_tir, in scala 1:25.000, di cui all'Allegato 6 della Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche "Allegato 6 - tiranti idrici di riferimento per la aree di pianura.

Nella tavola sono state inoltre inserite le medesime informazioni relative ai metanodotti in progetto ed in esercizio già indicate per la figura precedente.

In sintesi, nel caso specifico, la Fig.5.4/B consente di visualizzare anche i range dei tiranti idrici in prossimità dell'ambito d'intervento in esame.



PROGETTISTA TechnipFMC

COMMESSA
NR/17350

CODICE TECNICO

LOCALITA'
REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE

RE-CIV-001

PROGETTO
RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA –
CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") –
DP 75 bar ED OPERE CONNESSE

Fg. 27 di 50

Rev.
0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029



Art. 6: Aree di potenziale allagamento

Tirante idrico di riferimento

Fino a 50 cm

Da 50 a 150 cm

Oltre 150 cm

Tirante idrico convenzionale

20 cm

50 cm

Art. 10: Distanze di rispetto dai corpi arginali



Fig.5.4/B: Stralcio Tav.240e (All.6 - Direttiva) in scala 1:25.000, con interferenze di linea

Dall'analisi delle figure precedentemente riportate si evince che nello specifico, le interferenze con l'alveo del corso d'acqua riguardano un tratto in cui la posa in subalveo della condotta è prevista in trenchless.

Nei tratti terminali della trivellazione (dove la condotta verrà posizionata con coperture ordinarie di linea), si interferisce con delle aree di potenziale allagamento (che riguardano

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 28 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

l'intera area di pianura) con potenziali tiranti idraulici ricadenti nel range tra 50 e 150 cm, sia nel lato in sinistra idrografica che in quello in destra idrografica dell'alveo del corso d'acqua.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 29 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

6 METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI

6.1 Metodologia costruttiva: TOC

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

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

Tale sistema operativo è stato individuato nel caso specifico con lo scopo di salvaguardare dalle operazioni di scavo i corpi arginali presenti in adiacenza dell'alveo del corso d'acqua, nonché in considerazione delle caratteristiche idrologiche del corso d'acqua, della configurazione morfologica dell'alveo, dell'assetto litostratigrafico e della verifica di disponibilità di spazi per l'allestimento della colonna varo. Peraltro nello specifico mediante la stessa trivellazione verranno attraversati unitamente anche gli scoli Acquara e Bevanella, che nel tratto in esame si sviluppano affiancati (in parallelismo) al torrente Bevano.

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

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

6.2 Configurazioni geometriche di progetto

Considerazioni preliminari

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

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

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

La garanzia rispetto ai fenomeni di filtrazione in sub-alveo ed alle sollecitazioni indotte in superficie è insita nella configurazione geometrica del tunnel stesso. Infatti, nel corso della sua definizione geometrica è stata privilegiata la geometria di progetto che,

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 30 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

interessando terreni posti ad "elevate profondità", soddisfa sostanzialmente ai seguenti criteri di sicurezza:

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

Configurazione di progetto

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

Le principali caratteristiche geometriche del tunnel sono:

- Lunghezza dello sviluppo complessivo della trivellazione: di circa 380m;
- Sviluppo complessivo dei tratti rettilinei: 98m circa;
- Sviluppo del tratto curvilineo: 282m circa;
- Raggio di curvatura del tratto curvilineo pari a: 900 m;
- Postazione Rig (entrata trivellazione): in sinistra idrografica, nel lato di monte in senso gas;
- Postazione uscita trivellazione: in destra idrografica, nel lato di valle in senso gas;
- angoli sull'orizzontale di entrata e di uscita della trivellazione: rispettivamente di 10°00' e di 8°00';
- Pista di varo: in destra idrografica;
- distanza verticale minima della trivellazione dal piede esterno del rilevato arginale: oltre 18 metri (nel lato in destra idrografica);
- distanza orizzontale minima delle postazioni di estremità della trivellazione nei confronti del piede esterno dei rilevati arginali: oltre 130m, nel lato in sinistra idrografica;
- copertura minima della trivellazione dalle quote di fondo alveo: di 17metri circa;

Per l'analisi di dettaglio della configurazione geometrica d'attraversamento si rimanda alla visione del disegno di attraversamento precedentemente richiamato.

6.3 Considerazioni inerenti alla geometria di trivellazione

La copertura minima in subalveo di progetto, essendo di circa 17m, risulta ben oltre ad ogni ragionevole possibilità di erosione di fondo alveo del corso d'acqua.

Le distanze in orizzontale e le profondità della trivellazione dalle sponde e dagli argini sono particolarmente elevate e dunque sono tali da escludere qualsiasi alterazione dello stato tensionale e di deformazione in superficie.

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 31 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

6.4 Descrizione del sistema operativo della TOC

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

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

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

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

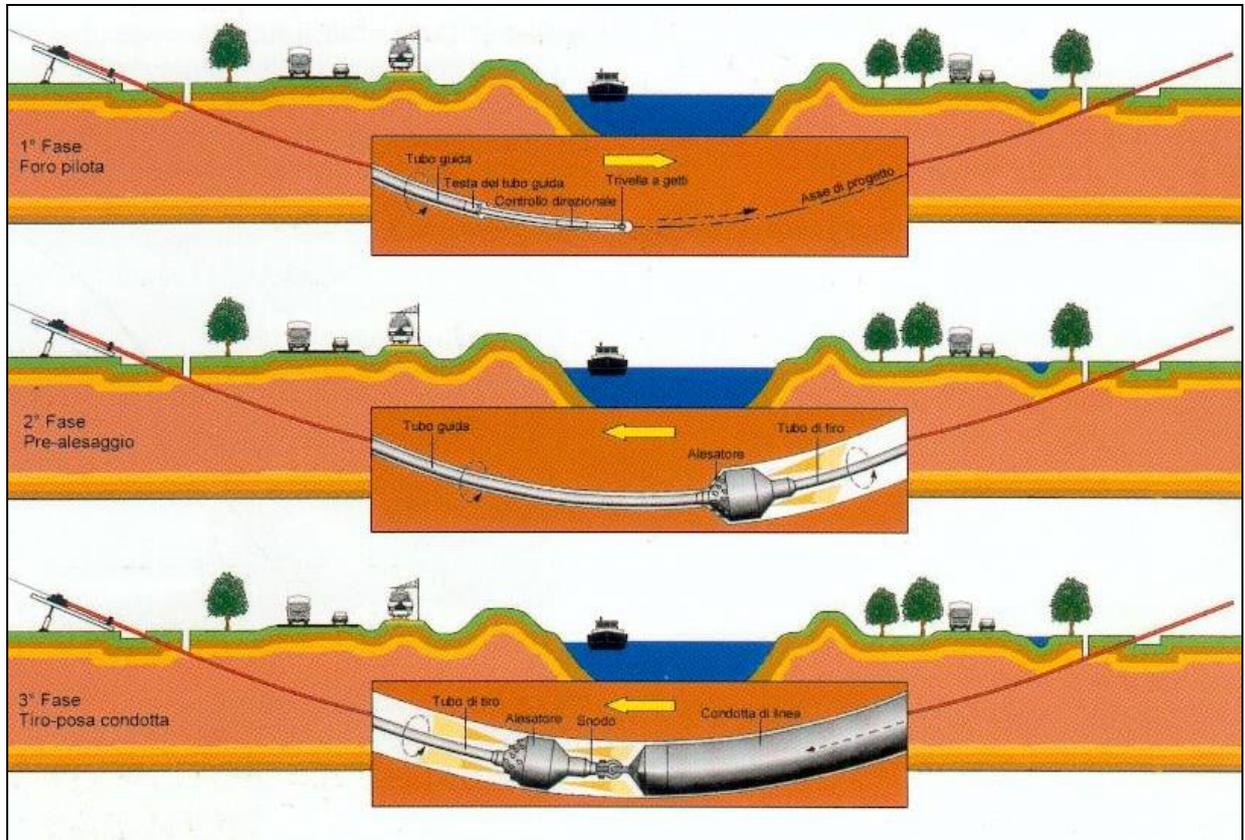
La *seconda fase* implica l'allargamento (pre-alesaggio) del foro pilota, con lo scopo di incrementare il diametro del foro precedentemente eseguito. Il numero dei pre-alesaggi dipende dal diametro della condotta da posare. In taluni casi, per la posa di piccole condotte non risulta necessario eseguire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

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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 32 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029



T.O.C.- Fasi di lavoro

Esecuzione del foro pilota

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

Nelle fasi di esecuzione del foro pilota, così come nelle successive fasi di alesaggio e di varo della condotta, sarà previsto il monitoraggio in continuo della pressione del fango di perforazione al fine di eliminare ogni possibile interferenza tra le operazioni di trivellazione ed il sistema fisico circostante.

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

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

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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 33 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

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

Il foro pilota sarà completato quando sia l'asta pilota che il tubo guida fuoriusciranno alla superficie sul lato opposto al Rig. La testa di perforazione sull'asta pilota viene rimossa e l'asta stessa viene quindi ritirata, lasciando il tubo guida lungo il profilo di progetto. A titolo di esempio nelle figure seguenti si riporta delle foto inerenti alle fasi di esecuzione del foro pilota.



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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 34 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029



Attraversamento F. Po con met. 30" – fase di uscita dell'asta pilota

Alesaggio del foro e tiro-posa della condotta

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

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

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

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

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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 35 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

Montaggio della condotta

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 36 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

Ripristino dell'area di attraversamento

Al termine dei lavori, effettuati i collegamenti della sezione in tunnel con la tubazione di linea alle due estremità della trivellazione, si procede alle operazioni di recupero ambientale dei luoghi. Smobilitato il cantiere di trivellazione, si passa ai movimenti terra per il ripristino morfologico del piano di campagna.

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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 37 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

7 ANALISI DELLA PROBLEMATICHE DEL SIFONAMENTO

7.1 Generalità

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

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

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

Esperienze condotte negli Stati Uniti, in Germania ed in Olanda hanno mostrato ad esempio che, nel caso di flusso verticale proveniente da uno strato sabbioso ed attraversante uno strato di copertura di modesto spessore e natura sabbioso-limosa, il sifonamento può essere nei fatti innescato già per valori di gradienti medi prossimi a 0.5, quindi molto inferiori al valore del gradiente critico teorico, che è sempre dell'ordine di 0.8÷1.0 [CUR-TAW: Guide for the design of river dikes, Olanda 1991].

A conclusione di queste brevi considerazioni sul problema del sifonamento, vale la pena ricordare come le esperienze acquisite nel campo del *Horizontal Directional Drilling*, tanto in Italia quanto all'estero, mostrano che se correttamente eseguite (elevate profondità di perforazione, ridotta cavità tra tubo e terreno), sono adeguatamente sufficienti per prevenire i rischi di sifonamento.

Da tali considerazioni emerge come, in fase di progetto, sia necessario verificare che il sistema venga configurato in modo da garantire adeguati coefficienti di sicurezza al sifonamento; questo tipo di verifica deve essere condotto, valutando di volta in volta se esistono condizioni geotecniche, idrauliche e geometriche tali da innescare il fenomeno ed adottando coefficienti di sicurezza commisurati al livello di conoscenza acquisito.

7.2 Metodologia di calcolo

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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 38 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

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

Le problematiche legate alla interferenza tra la realizzazione dell'attraversamento ed il regime di filtrazione di sub-alveo, assumono importanza progettuale crescente con l'aumentare del carico idraulico; mentre nessun problema può rilevarsi per alvei incassati, il cui moto di filtrazione avviene longitudinalmente lungo il corso d'acqua, all'opposto di quanto avviene per alvei pensili il cui moto può avvenire trasversalmente al corso d'acqua.

Le metodologie disponibili per i calcoli di verifica variano dai metodi basati su soluzioni semplificate di tipo empirico, analitico e numerico in grado di fornire rapide valutazioni fino ai metodi a differenze ed elementi finiti, in grado di descrivere situazioni complesse nello spazio tridimensionale.

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

La prima è relativa alla schematizzazione spaziale delle caratteristiche di permeabilità dei terreni in situ: il gradiente del coefficiente di permeabilità dipende spiccatamente dalla variabilità litologica e stratigrafica dei terreni, dal loro grado di consolidazione e dal loro comportamento anisotropo; da qui la necessità di disporre di un esteso campionamento, spesso oneroso. A questo, sono da aggiungere le difficoltà legate alla omogeneità dei valori misurati con le prove di permeabilità (per i coefficienti di permeabilità sono rilevabili differenze dell'ordine di 10 volte tra le prove in situ e quelle su campioni indisturbati).

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

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

Le metodologie di calcolo di seguito utilizzate sono:

verifica di tipo speditivo. Sulla base di approssimazioni semplificative si verifica al sifonamento il percorso della trivellazione prescindendo dai percorsi di filtrazione naturalmente presenti;

metodo di Bligh - Lane. Il metodo si basa sul confronto tra il più breve percorso di filtrazione "naturale" e quelli alternativi che possono instaurarsi per effetto della trivellazione, verificando che questi ultimi abbiano sempre una "lunghezza equivalente maggiore".

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 39 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

7.3 Verifica di tipo speditivo

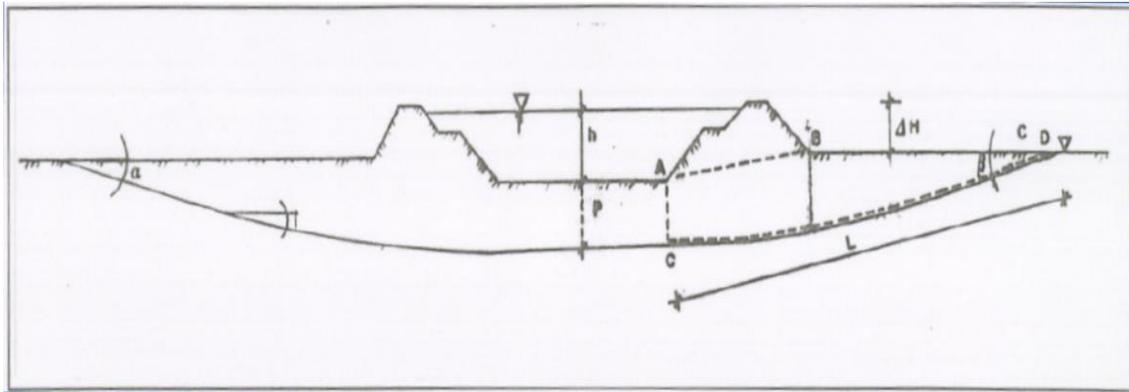


Fig. 7.3/A: Sezione schematica per la verifica speditiva al sifonamento

Con riferimento alla figura precedente, le ipotesi di calcolo sono le seguenti:

1. si ipotizza che il foro di trivellazione costituisca una "via preferenziale", cioè che tra i possibili percorsi di filtrazione sia quello caratterizzato da perdite di carico idraulico minime (ACD); non vengono quindi considerati eventuali percorsi di filtrazione "naturali" più brevi, come ad esempio il percorso AB;
2. nel tratto verticale AC si considerano nulle le perdite di carico. Ipotesi molto cautelativa rispetto alla situazione reale;
3. il foro di trivellazione è assimilato ad un "tubo di flusso" continuo, contenente una miscela di fango bentonitico e terreno disturbato con caratteristiche di permeabilità uniformi lungo il profilo di trivellazione. Tale esemplificazione, pur risultando cautelativa rispetto alla situazione effettiva, è quella che più si allontana dalla realtà.

Il coefficiente di sicurezza al sifonamento η risulta:

$$\eta = i_c / i = \frac{\gamma' L}{\gamma_w \Delta h} \geq 1,5$$

con:

$i_c = \gamma' / \gamma_w$	gradiente idraulico critico;
$i = \Delta h / L$	gradiente idraulico effettivo;
$\gamma' = \gamma_t - \gamma_w$	peso efficace del "terreno - miscela di perforazione";
Δh	valore massimo del dislivello piezometrico;
L	valore minimo della lunghezza del percorso di filtrazione.

Considerando che la condizione di calcolo è transitoria, di durata limitata al periodo di consolidazione, si considera 1,5 il valore minimo accettato per il coefficiente di sicurezza.

Nella figura seguente tale espressione è stata rappresentata parametrando il coefficiente di sicurezza in funzione di L e Δh e considerando un peso efficace del "terreno - miscela di perforazione" pari a 0.4 t/mc.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 40 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

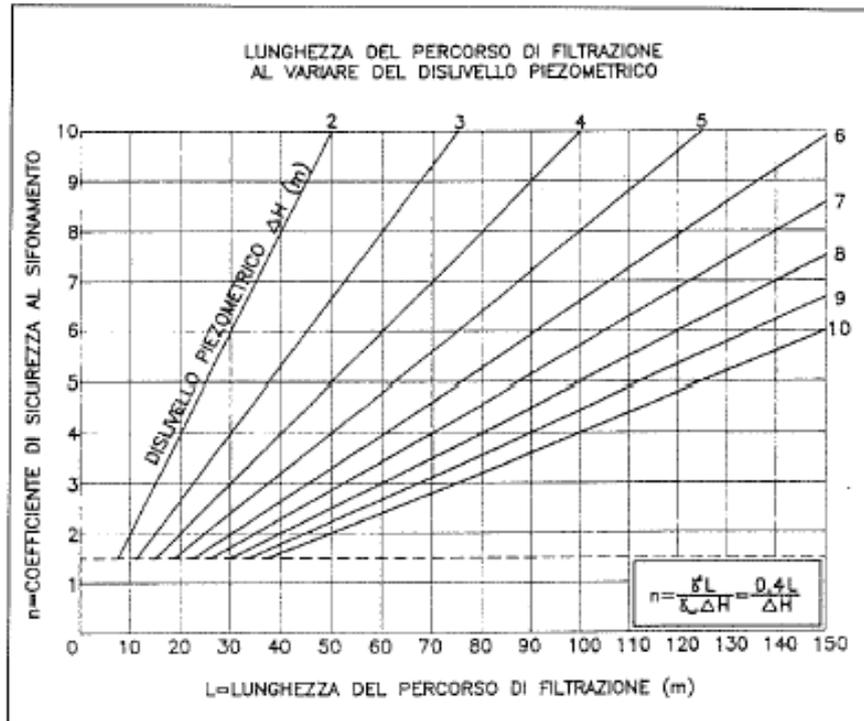


Fig.7.3/B: Coefficiente di sicurezza al sifonamento in funzione della lunghezza di filtrazione e del dislivello piezometrico (per $\gamma' = 0,4 \text{ t/mc}$)

Con riferimento all'attraversamento d'interesse e relativamente all'argine in destra idrografica (situazione potenzialmente più critica), si assume:

- il dislivello piezometrico $\Delta h = 3.37 \text{ m}$ (livello di piena coincidente con la sommità dell'argine e livello della falda, corrispondente al piano campagna).
- il minimo percorso di filtrazione $L = 178 \text{ m}$

Si ottiene il coefficiente di sicurezza

$$\eta = i_c / i = \frac{\gamma' L}{\gamma_w \Delta h} = 0.4 \cdot \frac{178}{3.37} = 21.1 \geq 1,5$$

La verifica risulta ampiamente soddisfatta.

7.4 Metodo di Bligh - Lane

La verifica con il metodo di Bligh-Lane consiste nel confronto tra due lunghezze di filtrazione "equivalenti" L_0 e L_1 .

L_0 rappresenta il minimo percorso di filtrazione naturalmente preesistente, il cui valore dipende dalla configurazione geometrica della sezione idraulica di attraversamento e dalle caratteristiche di permeabilità dei terreni.

L_1 rappresenta il minimo percorso di filtrazione introdotto nel sistema idraulico per effetto della realizzazione della trivellazione.

La verifica al sifonamento viene soddisfatta quando:

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 41 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

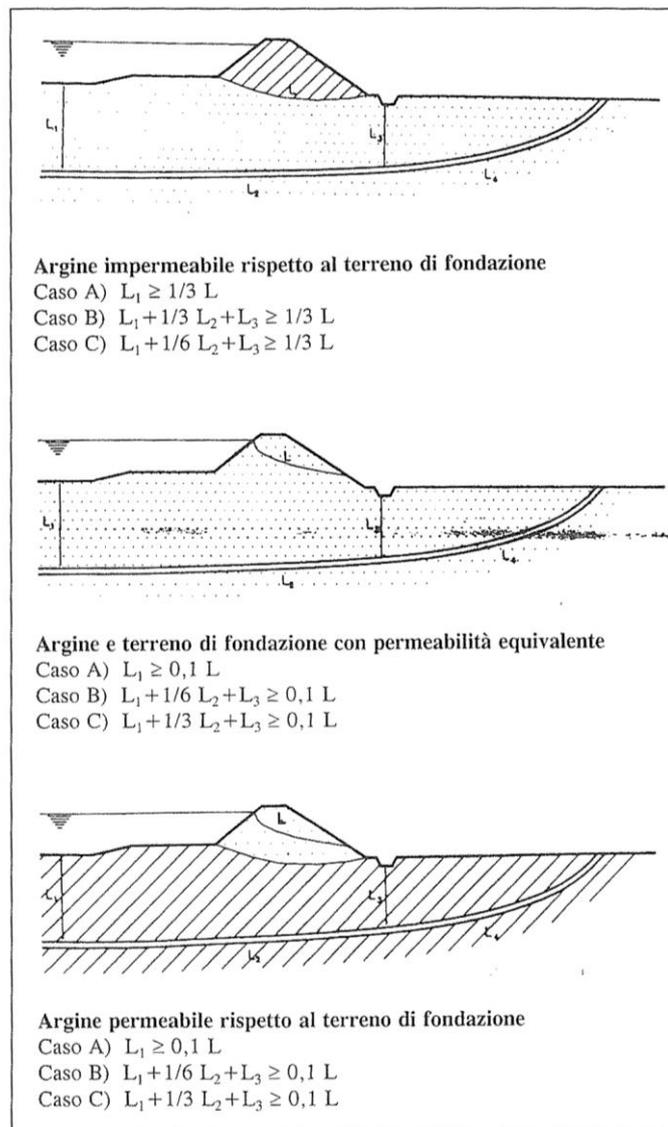
$$L_1 \geq L_0$$

cioè quando la profondità della trivellazione è tale da non consentire l'instaurarsi (lungo il suo asse) di percorsi di filtrazione preferenziali con "lunghezza equivalente" più corta rispetto a quella minima preesistente.

Le due lunghezze vengono determinate come somma di tratti **ci Li** (considerati al loro interno omogenei rispetto alle condizioni di filtrazione):

$$L = \sum c_i L_i$$

Il valore del coefficiente di riduzione c_i rappresenta la condizione di permeabilità nel tratto considerato e dipende dalle caratteristiche di permeabilità (litologia, coefficiente di permeabilità, presenza di bentonite) e dall'inclinazione sull'orizzontale di ogni strato (ai percorsi orizzontali si applica un coefficiente $c = 1/3$ rispetto a quelli verticali).



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 42 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

Fig.7.4/A : Lunghezze di filtrazione "equivalenti" per la verifica al sifonamento con il metodo di Blingh - Lane (adattato da "Horizonthal Boren", Province di Zuild, Holland 1985)

Nella figura precedente, relativamente al sottopassaggio di un corpo arginale, si riportano le espressioni che permettono di definire la profondità minima della trivellazione per ognuna delle seguenti tre condizioni:

1. argine impermeabile rispetto al terreno di fondazione;
2. argine e terreno di fondazione con permeabilità equivalente;
3. argine permeabile rispetto al terreno di fondazione.

Per ognuna di tali condizioni si riportano tre diverse espressioni che analizzano i seguenti percorsi di filtrazione:

- caso A): è la soluzione di maggior sicurezza in quanto si porta in conto solo il percorso verticale L_1 , trascurando i percorsi L_2 (tratto orizzontale attorno alla condotta) e L_3 (tratto verticale al piede dell'argine) o L_4 (tratto di risalita);
- caso B): si considera il percorso L_2 con un peso $c=1/3$ ed L_3 ($c=1$), più critico di L_4 ;
- caso C): nella situazione precedente si introduce un coefficiente di sicurezza 2 sul percorso orizzontale L_2 .

Considerando l'argine in destra idrografica, con riferimento alla fig. 7.4/A, nel caso di "argine e terreno di fondazione con permeabilità equivalente" e considerando il caso A) più cautelativo, si ottiene:

$L_1 = 18.2$ m (percorso equivalente di filtrazione lungo la trivellazione)

$L = 18.7$ m (percorso naturale di filtrazione nel corpo dell'argine)

$L_1 \gg$ di $0,1 L$ (verifica ampiamente soddisfatta)

7.5 Considerazioni sui risultati

Come detto in precedenza il modello di calcolo adottato in riferimento alla configurazione del sistema di filtrazione presuppone condizioni significativamente cautelative rispetto alla situazione effettiva. In ogni caso, si ottengono coefficienti di sicurezza sufficientemente elevati sia per le fasi transitorie di costruzione che a lungo termine.

Pertanto poiché i valori dei coefficienti di sicurezza risultano così elevati e soprattutto in considerazione dell'affidabilità della metodologia costruttiva prevista, si può affermare che la tecnica e la geometria d'attraversamento garantiscono margini di sicurezza adeguati nei confronti della problematica del sifonamento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 43 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

8 VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA

8.1 Premessa

Generalità

L'ambito territoriale in esame è regolamentato attraverso il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'ex Autorità di Bacino dei Bacini Romagnoli.

Il "Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dei Bacini Regionali Romagnoli", che affronta in maniera organica per tutto il territorio di competenza le tematiche del rischio idraulico (Titolo II) e del dissesto dei versanti (Titolo III), è stato adottato in forma di progetto fin dal 27 aprile del 2001 ed approvato dalla Giunta Regionale il 17 marzo 2003 (DGR 350/2003).

La "Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico", ha completato il quadro della pianificazione, è stata approvata dal Comitato Istituzionale il 20 ottobre 2003.

Tale piano è stato oggetto di successive varianti, soprattutto di carattere locale ma in qualche caso anche di carattere generale. Per quanto riguarda l'assetto della rete idrografica, fra queste ultime varianti spicca, per importanza, la "Variante cartografica e normativa al Titolo II: Assetto della rete idrografica", approvata dalla Giunta Regionale il 19 dicembre 2011 (DGR 1877/2011).

Si precisa che dal 17 febbraio 2017, con la pubblicazione nella G.U.R.I. n. 27 del 2 febbraio 2017, entra in vigore il DM 25/10/2016 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), da tale data sono soppresse su tutto il territorio nazionale, le Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali e il trasferimento delle competenze alle Autorità di bacino distrettuali. Con l'entrata in vigore del DM 25/10/2016 gli aggiornamenti dei PAI vengono gestiti dalle Autorità di Bacino Distrettuale.

Nello specifico l'Autorità di bacino distrettuale di riferimento risulta essere Autorità di bacino distrettuale del fiume Po.

Norme di Piano PAI - Sintesi dei contenuti

La tematica del rischio idraulico nel territorio di competenza è regolamentata nell'ambito del Titolo II della Normativa del "Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico" dell' Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli (testo coordinato con gli adeguamenti introdotti fino alla "Variante di coordinamento PAI-PGRA" - DGR 2112/2016).

Nell'ambito delle definizioni riportate nell'art.2 della Normativa, si riportano alcune di quelle maggiormente significative, per gli argomenti in esame:

-) *Alveo* (Art.2 ter): spazio di terreno nel quale defluisce la piena ordinaria; è costituito da una porzione incisa, interessata dalle portate più modeste, da aree di espansione, esterne all'alveo inciso, inondabili con piene ordinarie e da porzioni di territorio, morfologicamente appartenenti al corso d'acqua, potenzialmente riattivabili o interessabili dalle sue naturali divagazioni; per i corpi idrici arginati costituiscono parte integrante dell'alveo anche le arginature fino al loro piede esterno;

-) *Aree ad elevata probabilità di esondazione* (Art.3): spazio di terreno interessabile dalla piena di progetto con tempo di ritorno (TR) non superiore a 30 anni, valutato convenzionalmente con le procedure di analisi adottate dall'Autorità di Bacino.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 44 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

-) *Aree a moderata probabilità di esondazione* (Art.4): spazio di terreno interessabile esclusivamente dalla piena di progetto con tempo di ritorno (TR) non superiore a 200 anni, valutato convenzionalmente con le procedure di analisi adottate dall'Autorità di Bacino.

-) *Aree di potenziale allagamento* (Art.6): aree nelle quali si riconosce la possibilità di allagamenti a seguito di piene del reticolo minore e di bonifica, nonché di sormonto degli argini da parte di piene dei corsi d'acqua principali di pianura, in corrispondenza di piene con tempo di ritorno non superiore ai 200 anni, senza apprezzabili effetti dinamici.

Nell'ambito dell'art 2ter vengono disciplinati gli interventi consentiti all'interno degli *alvei*. In particolare nel comma 1 viene stabilito che all'interno degli alvei vigono le prescrizioni stabilite nei art. 18 delle norme dei PTCP delle Province di Forlì-Cesena e Ravenna. Inoltre l'art 2ter, comma 2 cita che: Tutti gli interventi attuati all'interno dell'alveo e delle aree di espansione inondabili, che provochino una modifica della morfologia dello stesso od occupazione di spazio interessabile dalle acque, devono essere sottoposti ad adeguate verifiche idrauliche preliminari, da compiersi in base alle norme tecniche di cui al comma 4 del successivo articolo 7

Nell'ambito dell'art 3 vengono disciplinati gli interventi consentiti all'interno delle *Aree ad elevata probabilità di esondazione*.

In particolare nel comma 3 viene stabilito che è consentito in detti ambiti la realizzazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico (e dei relativi manufatti di servizio) riferiti a servizi essenziali e non delocalizzabili, a condizione che essi non aumentino sensibilmente il livello di rischio comportando significativo ostacolo al deflusso o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse e non precludano la possibilità di eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio.

I progetti relativi ai suddetti interventi dovranno essere corredati da un adeguato studio di compatibilità idraulica che dovrà ottenere l'approvazione dell'autorità idraulica competente. I criteri per la redazione degli studi di compatibilità idraulica sono stabiliti dall'Autorità di Bacino con apposite norme tecniche ai sensi del comma 4 del successivo articolo 7.

Nell'ambito dell'art 4 vengono regolamentate le *Aree a moderata probabilità di esondazione*. In particolare nel comma 2 viene stabilito che l'uso delle aree a moderata probabilità di inondazione andrà regolamentato in sede di revisione degli strumenti urbanistici dai Comuni tenendo conto, compatibilmente con la presenza di centri abitati, di salvaguardare ed eventualmente ampliare le aree di naturale espansione al fine: -) di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica del corso d'acqua in relazione alla capacità di invaso e laminazione delle piene delle aree predette anche in rapporto agli effetti sulla condizione di deflusso della rete idrografica di valle; -) di mantenere e migliorare le caratteristiche naturali e ambientali dei siti.

Nell'ambito dell'art 6 vengono regolamentate le *Aree di potenziale allagamento*, censite nel PAI. In particolare nei commi 2, 3, 4 e 5 viene stabilito rispettivamente quanto di seguito riportato.

Al fine di ridurre il rischio nelle aree di potenziale allagamento la realizzazione di nuovi manufatti edilizi, opere infrastrutturali, reti tecnologiche, impiantistiche e di trasporto di energia sono subordinate all'adozione di misure in termini di protezione dall'evento e/o di riduzione della vulnerabilità.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 45 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

I Comuni il cui territorio ricade nelle aree di potenziale allagamento provvedono a definire e ad applicare tali misure in sede di revisione degli strumenti urbanistici comunali vigenti, e nel caso di adozione di nuove varianti agli stessi.

L'Autorità di Bacino definisce, con la "Direttiva per le verifiche e il conseguimento degli obiettivi di sicurezza idraulica", approvata con Delibera Comitato Istituzionale n. 3/2 del 20/10/2003 e s. m. e i. , i tiranti idrici di riferimento e fornisce indicazioni riguardo agli accorgimenti tecnico-costruttivi e ai diversi gradi di cautela da adottare in funzione dei tiranti idrici di riferimento.

Le previsioni degli strumenti urbanistici vigenti vengono attuate tenendo conto delle indicazioni di cui al presente articolo. In particolare, in sede di approvazione dei progetti e di autorizzazione degli interventi i Comuni, prescrivono l'adozione di tutti gli accorgimenti tecnico - progettuali di cui ai commi 3 e 4, necessari a evitare o limitare l'esposizione dei beni e delle persone a rischi connessi all'esondazione.

Nell'ambito dell'art 7 vengono regolamentati gli *attraversamenti* dell'alveo e delle pertinenze fluviali dei corsi d'acqua. In particolare nei commi 1, 3, 4 e 5 viene stabilito rispettivamente quanto di seguito riportato.

In riferimento alle analisi idrologiche predisposte per la redazione del piano, l'Autorità di Bacino prescrive le portate minime di riferimento per la progettazione degli attraversamenti. Salvo diverso avviso, da motivarsi in relazione a specifiche condizioni locali, la portata di riferimento di progetto per tutti i nuovi attraversamenti è quella con tempo di ritorno 200 anni, e viene valutata per i corsi d'acqua maggiori con il metodo di regionalizzazione di cui all'allegato 2 della Relazione Tecnica - Rischio Idraulico, e per i corsi d'acqua minori (bacino drenato inferiore ai 10 kmq) con la formula razionale di cui all'allegato 2 della Relazione Tecnica - Rischio Idraulico del Piano Stralcio Rischio Idrogeologico, impiegando le curve di possibilità climatica di cui all'allegato 1. Le Autorità idrauliche competenti verificano il rispetto della portata di riferimento nel progetto degli attraversamenti e subordinano l'autorizzazione a tale verifica.

I nuovi attraversamenti realizzati devono essere compatibili con la piena di riferimento definita dall'Autorità di Bacino come detto.

Nella "Direttiva per le verifiche e il conseguimento degli obiettivi di sicurezza idraulica", approvata con Delibera Comitato Istituzionale n. 3/2 del 20/10/2003 sono specificate le norme tecniche a cui devono attenersi i progettisti degli attraversamenti.

Nuovi attraversamenti di qualunque tipo interessanti il tratto arginato non devono avere comunque la quota di sottotrave al di sotto della quota di sommità arginale ed altresì devono prevedere, in maniera commisurata al tipo di attraversamento, opere atte a massimizzare il grado di sicurezza di un significativo tratto del corso d'acqua indicato dall'Autorità idraulica competente.

8.2 Interferenze nell'ambito specifico di attraversamento

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico in scala 1:10.000, dal quale si può individuare l'ambito d'interferenza tra il metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in colore rosso) con l'alveo del corso d'acqua e più in generale con le aree censite nel PAI. Il tratto di metanodotto la cui posa è prevista in trivellazione è riportato mediante una sagoma rettangolare in magenta.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 46 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029



LEGENDA:

<u>Titolo II - Assetto della Rete Idrografica</u>	
	Alveo (Art. 2 ter)
	Area ad Elevata Probabilità di Esondazione con TR 30 (Art. 3)
	Area a Moderata Probabilità di Esondazione con TR 200 (Art. 4)
	Aree di Potenziale Allagamento (Art. 6)

Fig.8.2/A: Interferenze tra metanodotto in progetto con le fasce fluviali ai sensi del PAI

Dall'analisi della figura precedente si evince che l'alveo del corso d'acqua (Art.2 ter) verrà superato tramite trivellazione in subalveo (ad elevate profondità di posa), che peraltro coinvolge anche l'alveo degli affluenti scolo Acquara e scolo Bevanella.

Esternamente dell'ambito di trivellazione si ricade nelle Aree di Potenziale Allagamento (Art.6), che coinvolgono l'intera area di pianura per allagamento del reticolo minore e di bonifica e/o per sormonto degli argini dei corsi d'acqua principali. Inoltre in riferimento ai risultati degli studi idraulici riportati nel capitolo 5 (con particolare riferimento alla Fig.5.4/B), nei tratti terminali della trivellazione i potenziali tiranti idraulici risultano in entrambi i lati nel range tra 50 e 150 cm.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 47 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

8.3 Analisi dei criteri di compatibilità idraulica

Considerazioni di carattere generale

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

L'interferenza specifica (solo planimetrica) con l'alveo del corso d'acqua è stata determinata da considerazioni a più ampia scala che riguardano l'intera direttrice di tracciato dell'opera, per la quale sono state attentamente valutate varie alternative di progetto. In particolare si sottolinea che in ogni caso non è risultato possibile evitare l'interessamento dell'alveo del corso d'acqua in esame, in quanto il tracciato del metanodotto ha un andamento prevalente Nord-Sud, mentre il corso d'acqua ha un andamento Ovest-Est.

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/o allagamento dell'area.

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

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

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

Considerazioni specifiche

In precedenza è stato evidenziato che l'alveo del corso d'acqua verrà attraversato in trivellazione ad elevate profondità di posa. Pertanto alla luce della metodologia operativa individuata e delle scelte progettuali, si evidenzia quanto segue:

- L'attraversamento fluviale avviene in "subalveo" e prevede una profondità di posa della condotta di sufficiente garanzia nei confronti d'eventuali fenomeni di erosione di fondo (anche localizzati e/o temporanei) che si possono produrre anche in concomitanza di piene eccezionali, cosicché è da escludere qualsiasi interferenza tra tubazione e flusso della corrente;
- La configurazione morfologica d'alveo verrà mantenuta inalterata nei confronti della situazione originaria. Essendo i lavori previsti in trivellazione non si prevedono lavori in superficie nell'ambito dell'alveo del corso d'acqua;
- La tecnica costruttiva di posa della condotta (in trivellazione), unitamente alla geometria in progetto (elevate coperture in subalveo), consentono inoltre in generale di escludere interferenze con il regime idraulico del corso d'acqua anche nella fase costruttiva dell'opera;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 48 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

- 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 e con punti di estremità posizionati con adeguati distacchi dai rilevati arginali.
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.

Infine, relativamente ai tratti di percorrenza delle aree di potenziale allagamento ricadenti esternamente alla trivellazione, dove il metanodotto verrà posizionato mediante scavi a cielo aperto, si evidenzia quanto segue.

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

In detti ambiti 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 ed i cartelli indicatori.

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.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 49 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

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

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-001	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 50 di 50	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-029

9 CONCLUSIONI

La Snam Rete Gas, nell'ambito del progetto denominato "Rifacimento metanodotto Ravenna - Chieti, tratto Ravenna - Jesi ed opere connesse, DN 650 (26") - DP 75bar", intende realizzare un metanodotto che si sviluppa nell'ambito dei territori dell'Emilia Romagna e delle Marche, in sostituzione di un tratto di metanodotto in esercizio ed in fase di dismissione.

La suddetta linea in progetto, nell'ambito del territorio comunale di Ravenna, interseca l'alveo del torrente BEVANO.

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

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

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 (con particolare riferimento ai rilevati arginali).

La geometria della trivellazione è stata configurata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo della condotta, assicurando adeguate profondità al di sotto dell'alveo e dei manufatti a terra e rispettando allo stesso tempo, i raggi di curvatura minimi consentiti alla tubazione ed alla trivellazione stessa.

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

Nell'analisi delle interferenze tra la linea in progetto con le aree censite ai sensi del Titolo II del "Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico" redatto dall' ex Autorità di Bacino dei Bacini Romagnoli, si rileva che in corrispondenza dell'ambito di attraversamento fluviale in esame, il metanodotto in progetto interferisce con l'alveo del corso d'acqua e con delle aree censite di potenziale allagamento nella piana adiacente.

In tal senso, nel presente studio di compatibilità, è stato evidenziato che l'intervento di progetto non determina alcuna modifica significativa allo stato dei luoghi e all'assetto idrogeologico della regione fluviale, non implica trasformazioni del territorio e/o cambiamenti circa l'uso del suolo e pertanto non introduce alterazioni al deflusso della corrente e/o riduzione della capacità di invaso e di laminazione del corso d'acqua.

Pertanto si ritiene che le specificità dell'opera (infrastruttura interrata) e le scelte progettuali inerenti lo specifico attraversamento possano essere ritenute COMPATIBILI con le disposizioni contenute nelle Norme del Piano.