

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 1 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

**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 CTVIA del 19/10/2018**

**ANNESSO A5
*Attraversamento in subalveo del
FIUME USO***

**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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 2 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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 di studio - Parametri morfometrici del bacino	13
	4.4 Studi PAI - Metodologia e Risultati di interesse	15
	4.5 Portate al colmo di piena nella sezione di studio	16
5	VALUTAZIONI DI CARATTERE IDRAULICO	18
	5.1 Generalità	18
	5.2 Considerazioni specifiche	18
	5.3 PAI - Sintesi dei risultati riferiti al contesto	19
6	METODOLOGIA COSTRUTTIVA E SCELTE PROGETTUALI	23
	6.1 Metodologia costruttiva: TOC	23
	6.2 Configurazioni geometriche di progetto	23
	6.3 Considerazioni inerenti alla geometria di trivellazione	24
	6.4 Descrizione del sistema operativo della TOC	25
7	ANALISI DELLA PROBLEMATICHE DEL SIFONAMENTO	31

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 3 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

7.1	Generalità	31
7.2	Metodologia di calcolo	31
7.3	Verifica di tipo speditivo	33
7.4	Metodo di Bligh - Lane	34
7.5	Considerazioni sui risultati	37
8	VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA	38
8.1	Premessa	38
8.2	Interferenze nell'ambito specifico di riferimento	39
8.3	Analisi dei criteri di compatibilità idraulica	40
9	CONCLUSIONI	44

ANNESSO:

- **Disegno DIS-AT-008 Attraversamento:TOC Fiume Uso**

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 4 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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 nei territori dell'Emilia Romagna e delle Marche, in sostituzione di un tratto di metanodotto in esercizio ed in fase di dismissione.

In particolare il tracciato di progetto del metanodotto, in un ambito di confine tra i territori comunali di San Mauro Pascoli (FC) e di Rimini, interseca il fiume Uso, la cui pertinenza fluviale è regolamentata dal Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'ex Autorità di Bacino Interregionale Marecchia -Conca.

Il fiume in esame rappresenta un corso d'acqua di rilevante importanza per il quale l'ex Autorità di Bacino Marecchia - Conca, nell'ambito del P.A.I., ha individuato l'alveo del corso d'acqua e le relative fasce fluviali nei tratti idraulicamente più significativi.

Nello specifico, in corrispondenza del sopracitato attraversamento fluviale, il tracciato del metanodotto in progetto interferisce con l'alveo del corso d'acqua e con delle fasce territoriali censite di pertinenza del corso d'acqua stesso, ai sensi 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 del corso d'acqua, in conformità di quanto disposto dalle Norme di Piano del PAI.

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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 5 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

- 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 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-008
Attraversamento fiume USO

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-005	
PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 6 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'attraversamento da parte del metanodotto in progetto "Ravenna - Chieti" DN650 ricade nel tratto basso dello sviluppo del corso d'acqua, in un ambito di confine tra i territori di San Mauro Pascoli (Fc) e di Rimini. Più esattamente l'ambito d'interferenza ricade a circa 1 km a valle del ponte dell'autostrada A14 e circa 40m a valle dell'attraversamento del metanodotto "Ravenna - Chieti" in fase di dismissione.

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

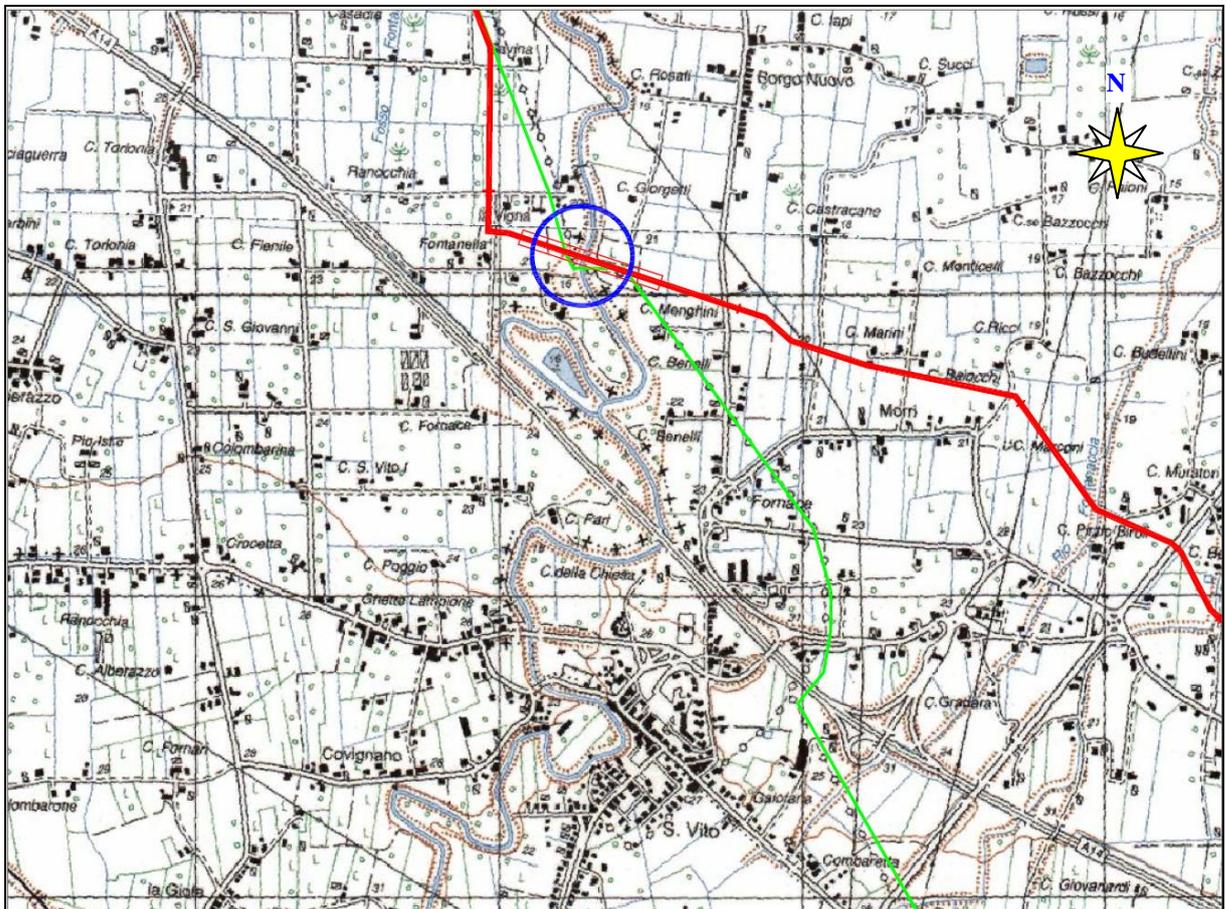


Fig.2.1/A: Corografia generale in scala 1:25.000 (dalle tavolette IGM)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 7 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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	296219 m E	4885920 m N

Nella figura seguente è riportato uno stralcio planimetrico di maggior dettaglio (CTR in scala 1:10.000), dal quale si può individuare il tracciato del metanodotto in progetto (riportato mediante una linea in colore rosso), il metanodotto in fase di dismissione (indicato tramite una linea in colore verde) e l'area di attraversamento del corso d'acqua in esame (evidenziata mediante un cerchio in colore blu).

Nella stessa figura è inoltre indicato schematicamente (mediante sagoma rettangolare con campitura rossa a righe) 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.

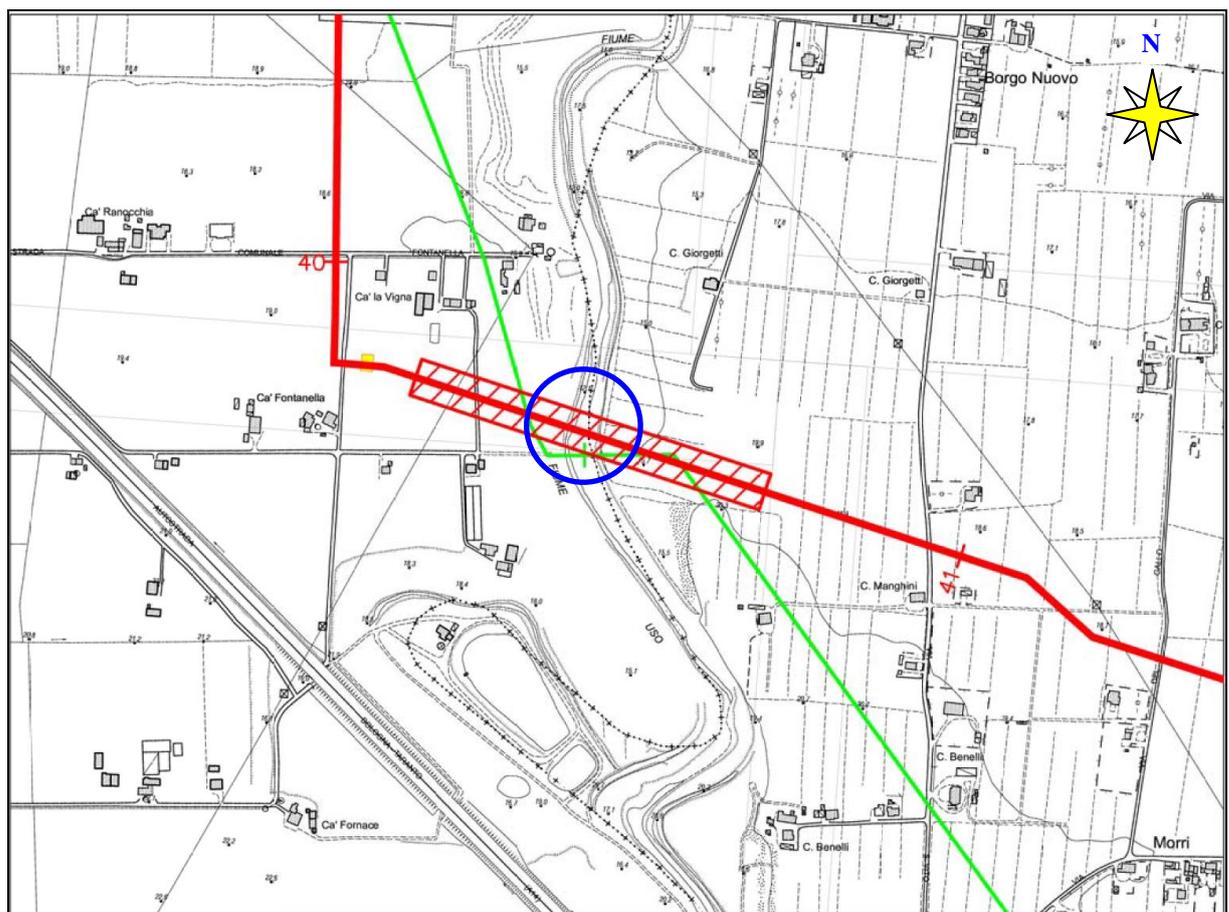


Fig.2.1/B: Stralcio planimetrico in scala 1:10.000 (C.T.R. Regionali)

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 8 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 9 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

3 CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA DELL'AMBITO IN ESAME

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

Il fiume Uso rappresenta un corso d'acqua significativo caratterizzato da un bacino idrografico di circa 141 km², con forma stretta e allungata, compreso tra i bacini idrografici dei fiumi Savio, Rubicone e Marecchia.

Il Bacino si sviluppa prevalentemente nelle provincie di Forlì e di Rimini ed interessando marginalmente (per circa l'1% della superficie complessiva) il territorio marchigiano.

Il fiume Uso trae origine dall'apporto di due rami appenninici: il ramo denominato Fosso di Camara, che nasce dal Monte Perticara (883 m) ed il ramo denominato Uso di Tornano, che sgorga a Savignano di Rigo (581 m). I due corsi d'acqua si uniscono nei pressi dell'abitato di Pietra dell'Uso dando origine al fiume Uso. La chiusura del bacino montano può essere individuata in corrispondenza del confine fra i comuni di Santarcangelo di Romagna e Poggio Berni.

Nel tratto di pianura il corso d'acqua assume un andamento molto tortuoso. Lungo il suo corso non vi sono apporti significativi dai numerosi piccoli affluenti di scarsa portata e l'unico corso d'acqua che riveste una certa importanza è il rio Salto, un fosso di scolo che trae origine poco a valle dell'abitato di Tribola e si immette in sinistra idrografica nel fiume Uso a pochi km dalla foce

La lunghezza complessiva dell'asta principale del corso d'acqua è pari a 49 km e sfocia in mare tra Bellaria e Igea Marina.

Nella figura seguente è riportato il bacino complessivo del corso d'acqua (in color magenta), con indicazione del reticolo idrografico principale e dell'ambito di attraversamento in esame (*figura estrapolata dagli elaborati del Piano di Tutela delle Acque - Regione Marche*).

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 10 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

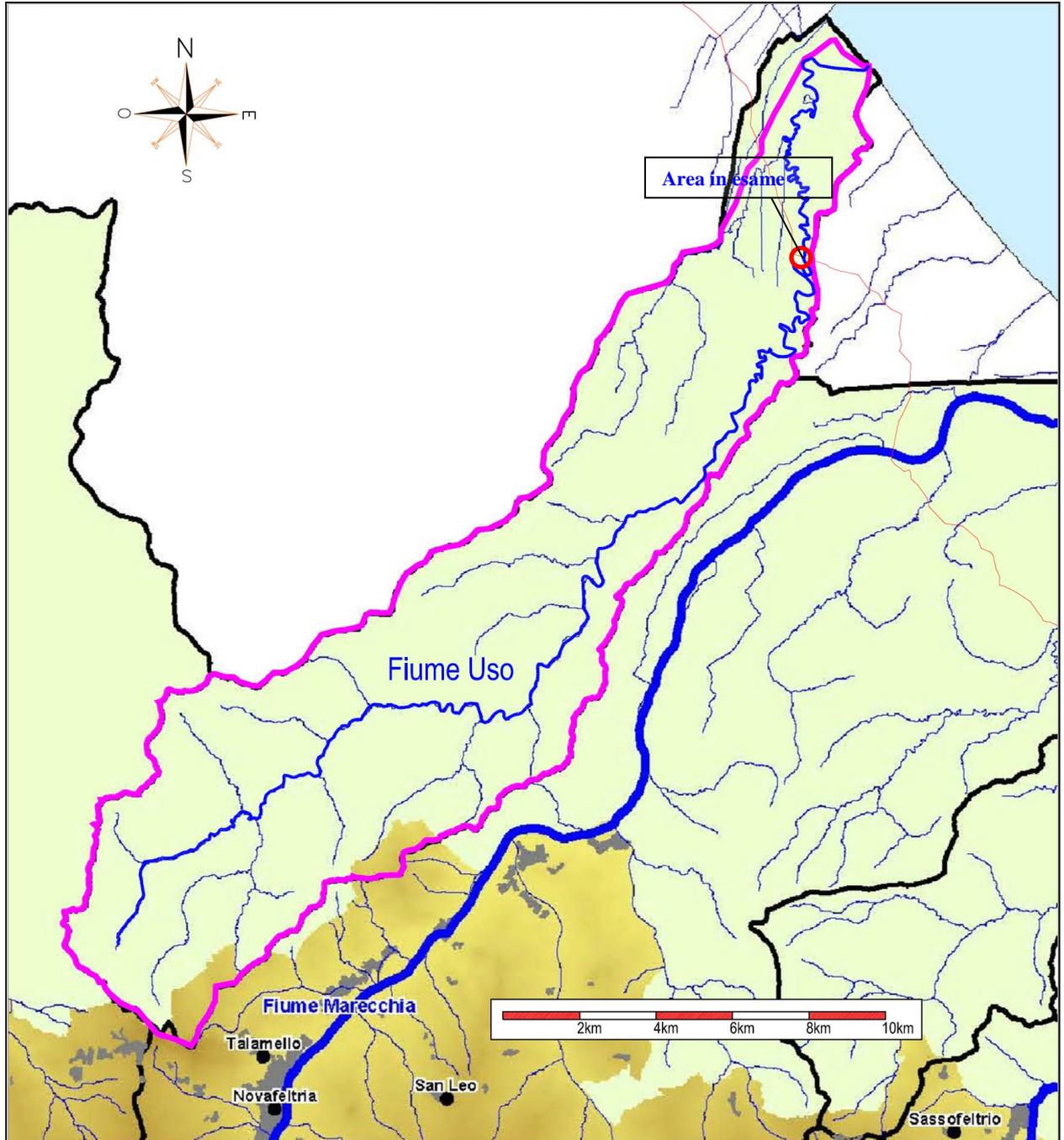


Fig.3.1/A: Bacino complessivo del corso d'acqua ed indicazione dell'ambito di studio

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 11 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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.

Nell'intorno dell'attraversamento il corso d'acqua assume un andamento sinuoso. L'alveo di magra del corso d'acqua presenta una larghezza al fondo di circa 10m, con sponde presidiate da imponenti scogliere in massi naturali. Poi si individuano delle strette fasce golenali (larghe una decina di metri per lato) delimitate da rilevati arginali che si elevano di circa 3-4m dal piano golena e di circa 2-3m dal piano campagna circostante. Il regime idrologico del corso d'acqua è fortemente torrentizio; tuttavia, grazie alla presenza di interventi continui di presidio idraulico, 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 a cavallo della condotta da posare.



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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 12 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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



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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 13 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

4 VALUTAZIONI IDROLOGICHE

4.1 Generalità

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

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

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

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

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

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

4.2 Considerazioni specifiche preliminari

Il fiume in esame, ricadente nella pertinenza "dell'Autorità Interregionale di Bacino Marecchia - Conca" per il quale l'Autorità di Bacino, nell'ambito del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), ha proceduto ad effettuare specifiche valutazioni idrologiche ed idrauliche con lo scopo di individuare e perimetrare le aree di pericolosità idraulica lungo lo sviluppo dell'asta fluviale.

Pertanto, in ragione di quanto evidenziato, per le valutazioni idrologiche nella sezione in esame, ci si riferisce esplicitamente agli "studi ufficiali" prodotti dall'Autorità di Bacino, per i quali qui di seguito si riporta una breve descrizione delle metodologie di elaborazione utilizzate e la selezione dei risultati di interesse.

4.3 Sezione di studio - Parametri morfometrici del bacino

Si assume come sezione di studio quella di attraversamento da parte del metanodotto in progetto, il quale ricade nel tratto basso dello sviluppo del corso d'acqua, in un ambito di confine tra i territori di San Mauro Pascoli (Fc) e di Rimini e a circa 1 km a valle del ponte dell'autostrada A14.

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

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 14 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

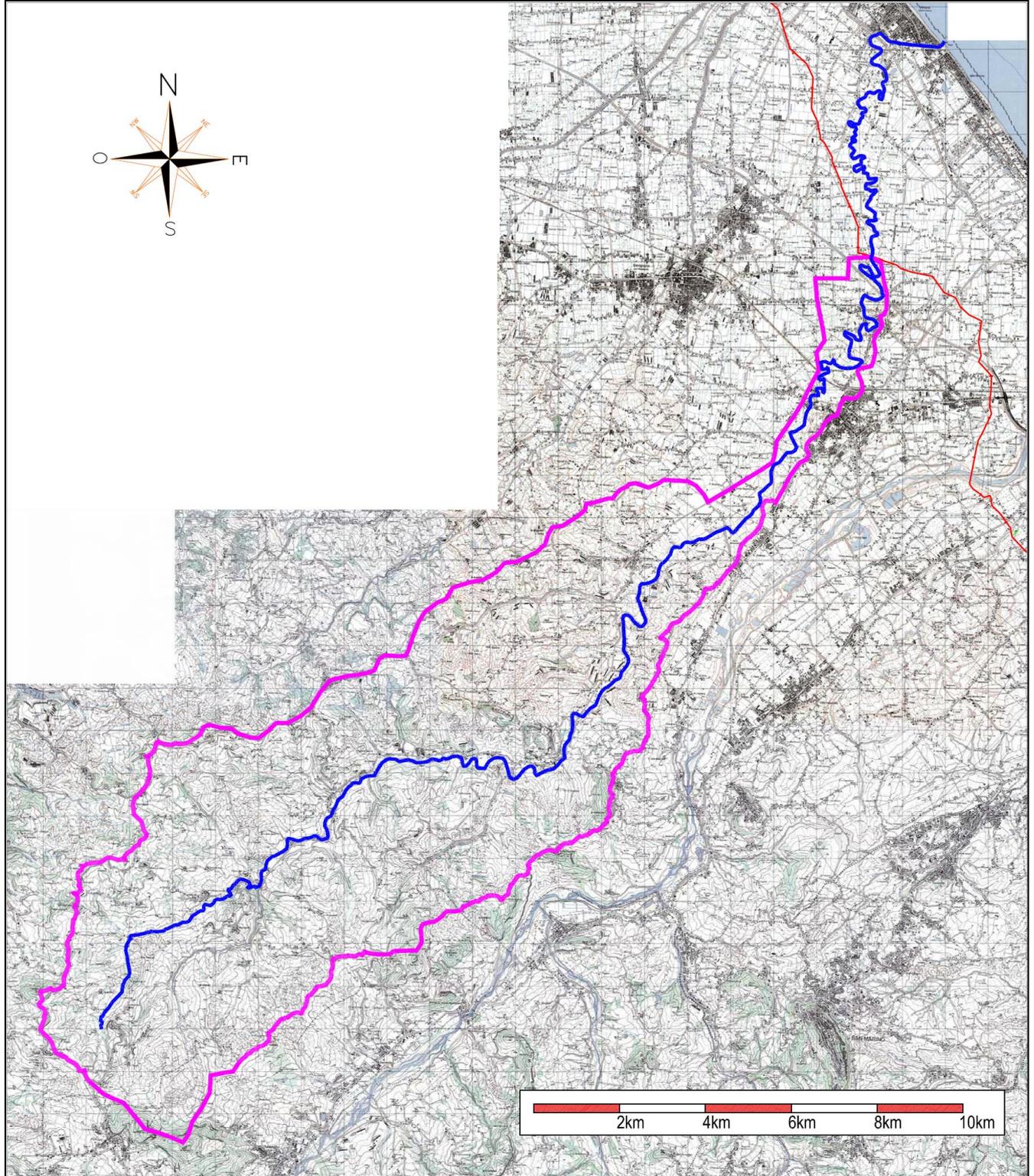


Fig.4.3/A: Bacino Imbrifero sotteso dalla sezione di studio

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 15 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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

Tab.4.3/A: Parametri morfometrici

Corso d'acqua / Sezione Studio	Superficie Bacino (kmq)	Lungh. asta principale (km)	Altitudine max Bacino (m)	Altitudine media Bacino (m)	Altitudine Sezione chiusura (m)
F. Uso - Sez. di studio	109	38	883	253	14

4.4 Studi PAI - Metodologia e Risultati di interesse

Nell'ambito degli studi idrologici redatti dall'Autorità di Bacino per la stesura del PAI, le valutazioni delle portate massime al colmo nelle sezioni ritenute rappresentative sono state eseguite secondo il metodo della regionalizzazione "VA.PI" modificata.

Questo metodo è stato sviluppato apportando alcune modifiche alla regionalizzazione VA.PI., per tener conto delle possibili disomogeneità idrologiche fra i bacini emiliano-romagnoli nei confronti di quelli abruzzesi e del sud delle Marche. Ciò ha consentito la possibilità di reperire leggi "regionali" caratterizzati da un ambito di validità più locale, escludendo dall'insieme delle osservazioni disponibili quelle riferite ai bacini più meridionali.

L'illustrazione della metodologia di calcolo e degli algoritmi utilizzati sono evidenziati nel capitolo 2.7 della Relazione del PAI.

In particolare, nell'ambito del territorio dell'Autorità di Bacino di Marecchia - Conca, sono stati individuati n.7 bacini principali e i cui risultati delle elaborazioni idrologiche in alcune sezioni ritenute rappresentative sono sintetizzati nella Tabella 2.7.1 - Relazione PAI, qui di seguito riportata.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 16 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

Tab.4.4/A: Tab.2.7.1 Relazione PAI- Sezioni di interesse nei sette bacini principali portate massime al colmo (regionalizzazione "VA.PI." modificata)

Bacino	Corpo idrico	Codice sotto_bacino	Toponimo identificativo della sezione di chiusura	Area imbriferà (km ²)	Portate al colmo (m ³ /s) per tempi di ritorno di anni:							
					5	10	20	50	100	200	500	1000
Uso	T. Uso	B26.01	P.te Uso di Sogliano	40.5	52	69	86	108	125	142	165	182
	T. Uso	B26.02	Poggio Berni (inizio rilievi asta fluviale)	92.5	77	102	127	160	184	209	242	267
	T. Uso	B26.03	S. Vito di Rimini	107.0	87	115	143	180	209	237	274	302
	T. Uso	B26.04	Confluenza nell'Uso	130.4	103	136	169	213	246	279	322	356
	T. Uso	B26.05	Foce	140.7	109	144	179	226	261	296	342	378
Marecchia - Ausa	F. Marecchia	B27.01	Monte confluenza del T. Il Presale	45.9	49	65	81	102	118	134	155	171
	F. Marecchia	B27.02	Valle confluenza del T. Il Presale	96.9	105	139	173	217	251	285	330	364
	F. Marecchia	B27.03	Monte confluenza Senatello	153.6	163	216	268	337	390	443	512	565
	F. Marecchia	B27.04	Valle confluenza del T. Senatello (inizio rilievi asta fluviale)	202.7	214	283	352	444	513	582	673	743
	F. Marecchia	B27.05	Maciano di Pennabilli	265.5	274	362	451	567	656	744	861	949
	F. Marecchia	B27.06	Secchiano di Novafeltria	342.5	342	452	562	707	817	928	1073	1184
	F. Marecchia	B27.07	Pietracuta di San Leo	365.1	358	474	589	742	857	972	1125	1241
	F. Marecchia	B27.08	Valle confluenza del T. Mazzocco	412.0	396	524	652	821	948	1076	1245	1373
	F. Marecchia	B27.09	P.te Verucchio	465.7	434	574	713	898	1038	1178	1363	1503
	F. Marecchia	B27.10	Santarcangelo di Romagna	494.5	449	594	739	930	1075	1220	1412	1557
	T. Ausa	B27.11	Confine di stato Repubblica di S. Marino	24.8	38	51	63	79	92	104	120	133
	T. Ausa	B27.12	Confluenza in Marecchia	72.0	53	71	88	111	128	145	168	185
	F. Marecchia	B27.13	Foce	609.9	502	664	826	1040	1202	1364	1578	1741
Marano	T. Marano	B28.01	Confine di stato Repubblica di S. Marino (inizio rilievi asta fluviale)	28.2	46	61	76	96	111	126	146	161
	T. Marano	B28.02	Ospedaletto di Coriano	40.0	64	84	105	132	153	173	201	221
	T. Marano	B28.03	C.se del Molino di Riccione	54.2	80	106	131	165	191	217	251	277
	T. Marano	B28.04	Foce	60.4	84	111	138	174	201	228	263	291
Melo	R. Melo	B29.01	C.se del Molino di Riccione (inizio rilievi asta fluviale)	19.6	40	53	66	83	96	109	126	139
	R. Melo	B29.02	Valle confluenza R. Bessanigo	34.7	65	85	106	134	154	175	203	224
	R. Melo	B29.03	Foce	47.0	75	99	123	154	178	202	234	258
Conca	T. Conca	B30.01	Confine com. M. Colombo e Montegrimano (inizio rilievi asta fluviale)	40.2	63	83	103	130	150	170	197	217
	T. Conca	B30.02	Taverna di Monte Colombo	81.9	79	104	129	163	188	213	247	272
	T. Conca	B30.03	Valle confluenza del T. Ventena di Gemmano	125.5	114	151	188	236	273	310	358	395
	T. Conca	B30.04	Morciano di Romagna	141.6	126	166	207	261	301	342	395	436
	T. Conca	B30.05	Foce	162.4	140	185	230	289	334	379	439	484
Ventena	T. Ventena	B31.01	C.se Torri di Morciano di Romagna	29.2	31	41	51	64	75	85	98	108
	T. Ventena	B31.02	S. Giovanni in Marignano (inizio rilievi asta fluviale)	36.7	36	48	60	75	87	98	114	125
	T. Ventena	B31.03	Foce	42.3	39	52	65	82	94	107	124	137
Tavollo	T. Tavollo	B32.01	Tavullia	28.1	30	40	50	63	72	82	95	105
	T. Tavollo	B32.02	P.te presso S. Giovanni in Marignano (inizio rilievi asta fluviale)	48.7	43	57	71	89	103	117	136	149
	T. Tavollo	B32.03	Valle confluenza F.ssa Taviolo	68.5	51	68	84	106	123	139	161	178
	T. Tavollo	B32.04	Foce	79.3	59	78	96	121	140	159	184	203
F. Foglia	B40.01	Poco a monte di Belforte	65.7	67	89	111	139	161	183	212	233	

Nella tabella precedente i risultati relativi al corso d'acqua in esame sono evidenziati mediante una campitura delimitata in colore rosso.

4.5 Portate al colmo di piena nella sezione di studio

La sezione di studio in esame (sezione di attraversamento) è localizzata poco a valle della Sezione B26.03, di cui alla tabella riportate nella Tab.4.4/A (caratterizzata da un bacino sotteso di 107 km²).

Ad ogni buon conto per la valutazione delle portate al colmo di piena nella nostra sezione di studio ci si avvale del metodo della "similitudine idrologica", che consente la valutazione delle stesse in funzione della superficie del bacino.

In tal senso qui di seguito è riportato un grafico in Excel per la valutazione delle curve di interpolazione delle portate al colmo di piena in funzione della superficie del bacino,

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 17 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

partendo dai valori relativi alle sezioni idrologiche analizzate nello studio PAI più prossime a quella in esame.
 Dette curve sono riportate in forma parametrica, ossia in considerazione dei tempi di ritorno riferiti a 100, 200 e 500 anni.

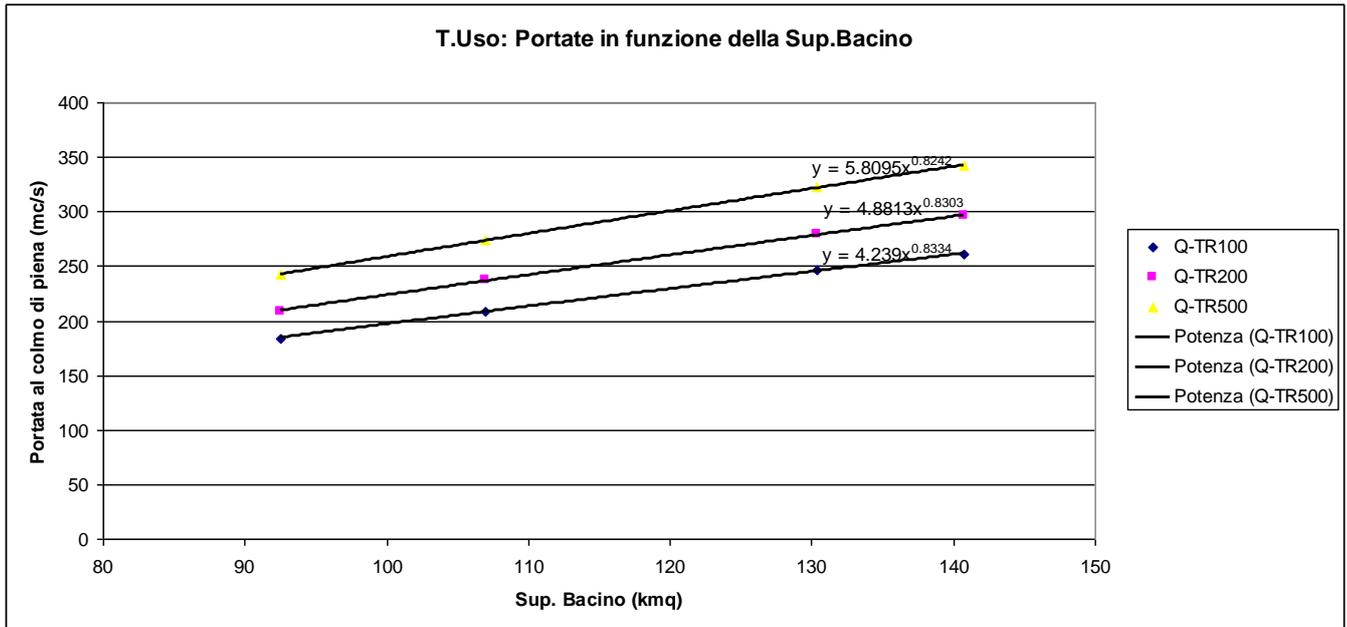


Fig.4.5/A: Curve di interpolazione tra Sup. Bacino e portata al colmo di piena

Pertanto, in considerazione delle curve di interpolazione individuate (i cui algoritmi sono riportati nella figura precedente), sono state valutate le portate nella sezione di studio nel presente elaborato. I risultati sono riepilogati nella tabella seguente:

Tab.4.5/A: Sez. Studio - Portate al colmo di piena

Corso d'acqua / Sezione Studio	Superficie Bacino (kmq)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=100anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=200anni)	Portata al colmo di piena (mc/s) (T=500anni)
Torrente Uso / Sez. di studio	109	211	240	278

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 18 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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 esondazione 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 (di circa 16 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 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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 19 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

5.3 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.

5.3.1 Generalità

Nell'ambito della redazione del PAI, e con particolare al *Piano Stralcio delle fasce fluviali* (Titolo II delle Norme di Piano del PAI), sono stati individuati n.7 corsi d'acqua principali ricadenti nel territorio del Bacino Interregionale del Marecchia - Conca, ossia: Uso, Marecchia, Ausa, Marano, Melo, Conca, Ventena e Tavollo.

Per ciascuno dei corsi d'acqua principali si è provveduto ad eseguire le elaborazioni idrologiche, mediante il metodo della regionalizzazione "VA.PI" modificata, i cui risultati in termini di portate al colmo di piena sono stati sinteticamente riportati nel capitolo precedente.

Quindi si è provveduto a sviluppare degli specifici studi idraulici, relativamente ai tratti ritenuti idraulicamente più significativi.

Per lo studio di propagazione delle piene lungo l'asta principale si è scelto di utilizzare un modello di moto vario monodimensionale, basato sulla integrazione numerica delle equazioni complete di De Saint Venant (i.e. equazione di continuità e di conservazione della quantità di moto).

Il modello scelto è rappresentato dal modulo in moto vario del software HEC RAS. Il modello integra le equazioni di moto in forma conservativa su reti di canali a sezione aperta, in condizioni globali di corrente lenta e permette la trattazione di struttura speciali interne al modello per mezzo di subroutine dedicate, che identificano la relazione portate-livelli (scale di deflusso) mediante l'imposizione della conservazione della quantità di moto o dell'energia e l'equazione di continuità

Le elaborazioni idrauliche sono state eseguite con riferimento a idrogrammi di piena con vari tempi di ritorno e sono state finalizzate ad individuare, per ciascun ambito fluviale analizzato, le fasce fluviali relative a diverse rilevanze di piena (e di pericolosità idraulica), ossia:

- fasce di territorio ad alta probabilità di inondazione (con tempi di ritorno di 20-50 anni);
- fasce di territorio a moderata probabilità di inondazione (con tempi di ritorno di 100-200 anni);
- fasce di territorio a bassa probabilità di inondazione (con tempi di ritorno di 300-500 anni);

Queste elaborazioni sono state dunque sviluppate con lo scopo di individuare le criticità idrauliche e per delimitare (perimetrare) le diverse aree di pericolosità idraulica nel territorio. Pertanto, poi successivamente (mediante le Norme di Piano), sono state stabilite le misure di salvaguardia e le prescrizioni per ciascun ambito di pericolosità idraulica, nonché sono stati individuati gli indirizzi generali per la definizione di una politica di mitigazione del rischio idraulico.

I risultati delle elaborazioni sono stati infine cartografati in delle tavole in scala 1:10.000 (CTR regionali), suddivise per ciascun comune interessato dalla problematica specifica.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 20 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

In particolare nelle tavole sovra citate per ciascun corso d'acqua principale (relativamente ai tratti interessati dalla modellazione idraulica) sono state riportate, tra l'altro, le seguenti informazioni:

- *Alveo* (art.8 delle Norme di Piano): definito come le parte del territorio interessate dal deflusso e dalla divagazione delle acque, delimitate dal ciglio di sponda o, nel caso di tratti arginati con continuità, delimitate dalla parete interna del corpo arginale;
- le *fasce di territorio con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni* (art.9 delle Norme di Piano): definite come le parti di territorio, esterne all'alveo, nelle quali esondano le piene con tempi di ritorno fino a 200 anni, di pericolosità idraulica *molto elevata* (aree inondabili per piene con tempi ritorno di 50 anni) o *elevata* (aree inondabili per piene con tempi ritorno compreso tra 50 e 200 anni) - scenario "pre-interventi" (in riferimento alla situazione alla data di approvazione del Piano);
- le *fasce di territorio con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni* (art.9 delle Norme di Piano): definite come le parti di territorio, esterne all'alveo, nelle quali esondano le piene con tempi di ritorno fino a 200 anni, di pericolosità idraulica *molto elevata* (aree inondabili per piene con tempi ritorno di 50 anni) o *elevata* (aree inondabili per piene con tempi ritorno compreso tra 50 e 200 anni) - scenario "post-interventi" (in riferimento alla situazione successivamente alla realizzazione degli interventi strutturali previsti nel Piano Stralcio);
- le *fasce di territorio con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno di 500 anni* (art.9 delle Norme di Piano): definite come le parti di territorio, esterne alla fasce di cui al punto precedente, nelle quali esondano le piene con tempi di ritorno di 500 anni.

Nelle tavole PAI sono state anche riportate le indicazioni in merito ai ponti ritenuti idraulicamente non adeguati per consentire il deflusso delle piene di riferimento, con differenziazione degli stessi in riferimento ai livelli di criticità idraulica individuati.

5.3.2 Considerazioni specifiche

L'ambito di attraversamento in esame (localizzato in un ambito di confine tra i territori comunali di San Mauro Pascoli e di Rimini) ricade all'interno dei tratti fluviali idraulicamente studiati nella fase di redazione del PAI.

A tal proposito, nella figura seguente si riporta uno stralcio (in scala 10.000) della tavola PAI denominata "Rimini 1", nella quale sono state inoltre inserite le informazioni inerenti il tracciato del metanodotto in progetto (linea rossa). Nella stessa figura, il tratto in cui la posa della condotta verrà eseguita in trivellazione viene rappresentato mediante una sagoma rettangolare in magenta a cavallo della linea del metanodotto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 21 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

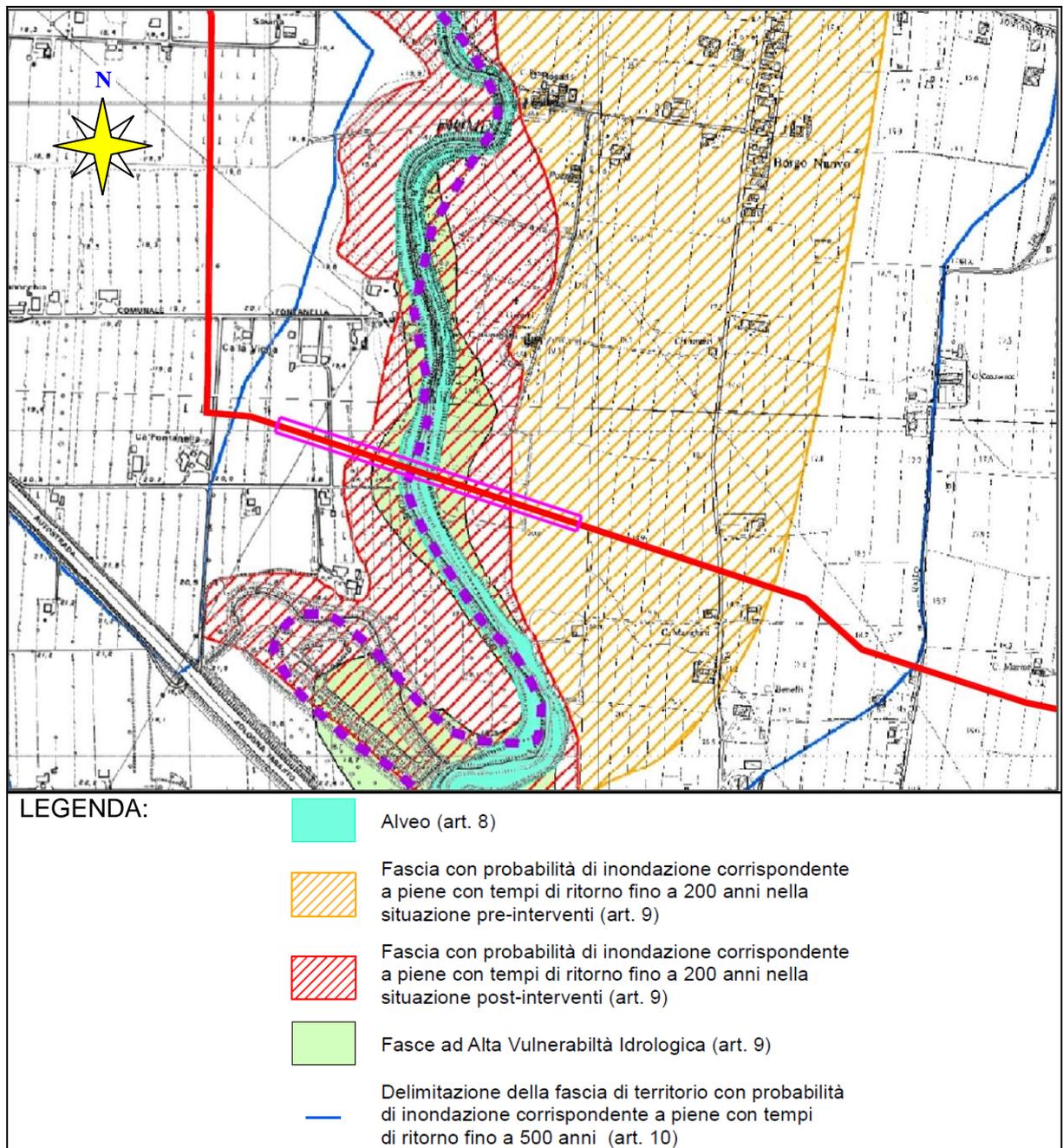


Fig.5.3/A: Stralcio della cartografia PAI, in riferimento all'ambito specifico di interferenza

Dall'esame della figura precedente, si rileva che in corrispondenza dell'ambito di attraversamento in esame, l'alveo del corso d'acqua (delimitato da rilevati arginali) non risulta in grado di contenere le piene di progetto.

Infatti, considerando l'evento di piena duecentennale, le fasce inondabili risultano molto ampie (in particolare nel lato in destra idrografica, dove la fascia inondabile risulta larga

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 22 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

oltre 500m). Se poi si fa riferimento alla piena cinquecentennale, si rileva un ulteriore incremento considerevole delle ampiezze delle fasce di inondazione.

Si pone inoltre in evidenza che all'interno delle aree inondabili si rileva la presenza di case sparse e di strade comunali, e pertanto nel contesto specifico il rischio idraulico è molto significativo.

La situazione sopra descritta tuttavia riguarda lo scenario riferito alla configurazione "pre-interventi" (ossia alla situazione esistente alla data di approvazione del Piano).

Infatti qualora si voglia far riferimento allo scenario "post-interventi" (ossia alla situazione successiva alla realizzazione degli interventi strutturali previsti nel Piano Stralcio), si rileva che le aree di inondazione in considerazione della piena con TR sino a 200 anni risultano notevolmente ridotte, con rilevante mitigazione della pericolosità idraulica (e del rischio) nei confronti della configurazione precedente.

A tal proposito si pone in evidenza che dal momento dell'approvazione del Piano, sino alla data odierna, sono stati svolti diversi interventi strutturali sul corso d'acqua; peraltro anche di recente sono stati eseguiti dei lavori di sistemazione idraulica sul Fiume Uso, relativamente a tutto il tronco d'alveo dal ponte dell'Autostrada sino all'abitato di Bellaria-Igea Marittima. L'intervento specifico è denominato "FIUME USO - Sistemazione idraulica e valorizzazione ambientale Fiume Uso - 1° stralcio - 1 e 2 lotto funzionale".

Detti interventi, si presume, che siano stati finalizzati a ridurre la pericolosità idraulica nell'ambito di intervento (e quindi anche nell'ambito di attraversamento in esame), in conformità con la politica di mitigazione del rischio idraulico previsto nel PAI.

Passando tuttavia all'esame delle interferenze tra l'opera in progetto con il corso d'acqua (in riferimento allo scenario "pre-interventi"), si rileva che mediante la trivellazione (in subalveo ed a elevate profondità di posa) la condotta attraverserà l'alveo del corso d'acqua, la fascia di inondazione in sinistra idrografica e solo parzialmente la fascia di inondazione in destra idrografica. Pertanto in detto caso le interferenze effettive tra l'opera in progetto con il corso d'acqua riguarderebbero il tratto di percorrenza della restante parte della fascia inondabile in destra idrografica.

Invece in considerazione dello scenario "post-interventi", la soluzione progettuale dell'intervento specifico consentirebbe di superare con posa in trenchless del metanodotto (ad elevate profondità di posa), oltre all'alveo del corso d'acqua, anche tutta la fascia di inondazione con tempo di ritorno fino 200 anni (sia in sinistra, che in destra idrografica).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 23 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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 dimensioni significative, 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 tecnica costruttiva è stata individuata 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.

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 24 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

- 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 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 460m;
- Sviluppo complessivo dei tratti rettilinei: di circa 115m;
- Sviluppo del tratto curvilineo: di circa 345m;
- Raggio di curvatura del tratto curvilineo pari a: 1100 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: circa 17 metri (nel lato in destra idrografica);
- copertura minima della trivellazione dalle quote di fondo alveo: di 16metri 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 16m, 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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 25 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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.

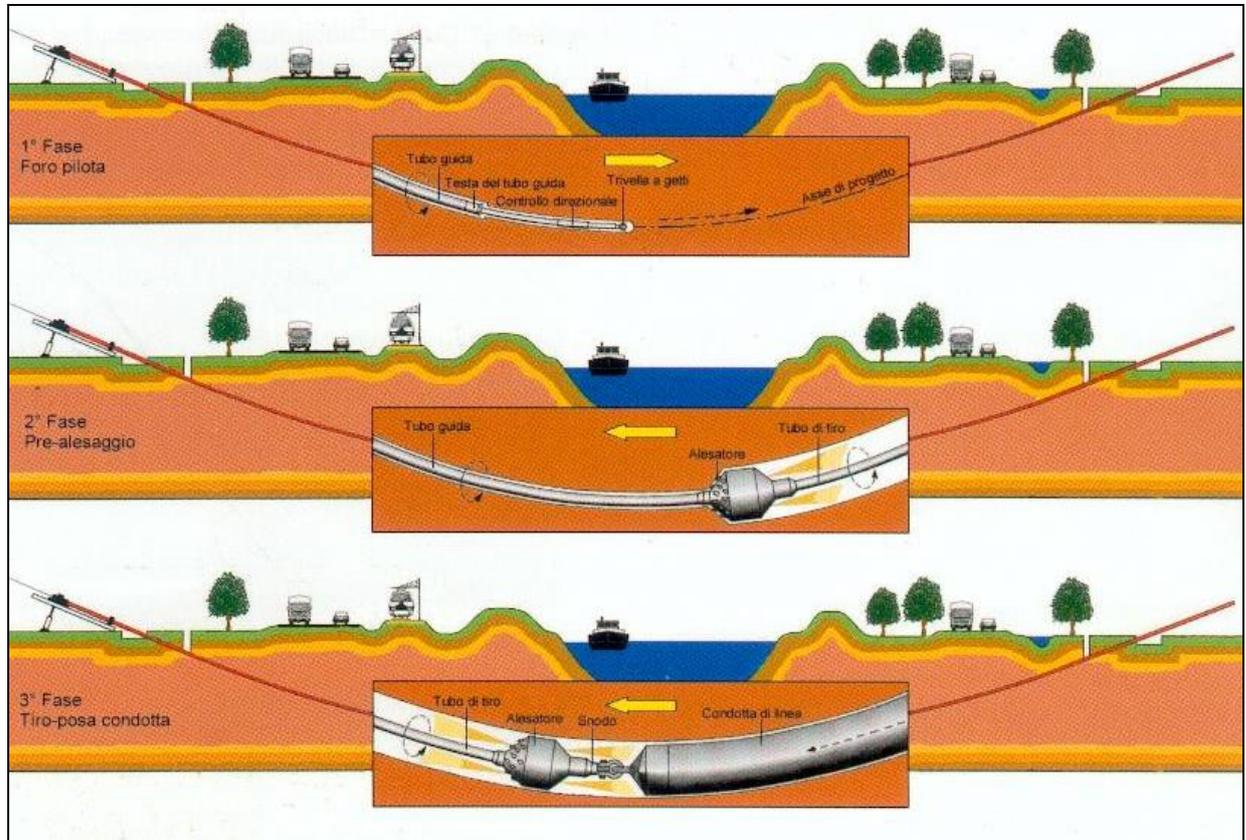
La *seconda fase* implica l'allargamento (pre-alesaggio) del foro pilota, con lo scopo di incrementare il diametro del foro precedentemente eseguito. Il numero dei pre-alesaggi dipende dal diametro della condotta da posare. In taluni casi, per la posa di piccole condotte non risulta necessario eseguire 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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 26 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033



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 (fango di perforazione).

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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 27 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 28 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033



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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 29 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 30 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 31 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 32 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 33 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

7.3 Verifica di tipo speditivo

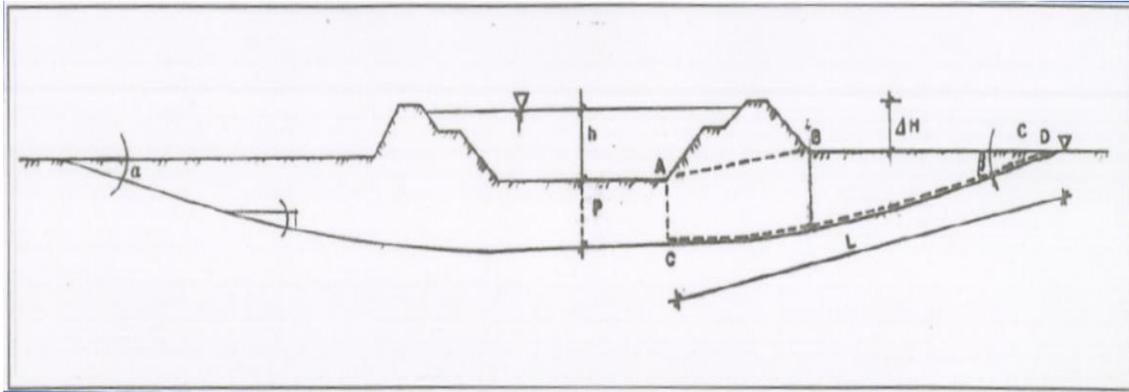


Fig. 7.3/A: Sezione schematica per la verifica speditiva al sifonamento

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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 34 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

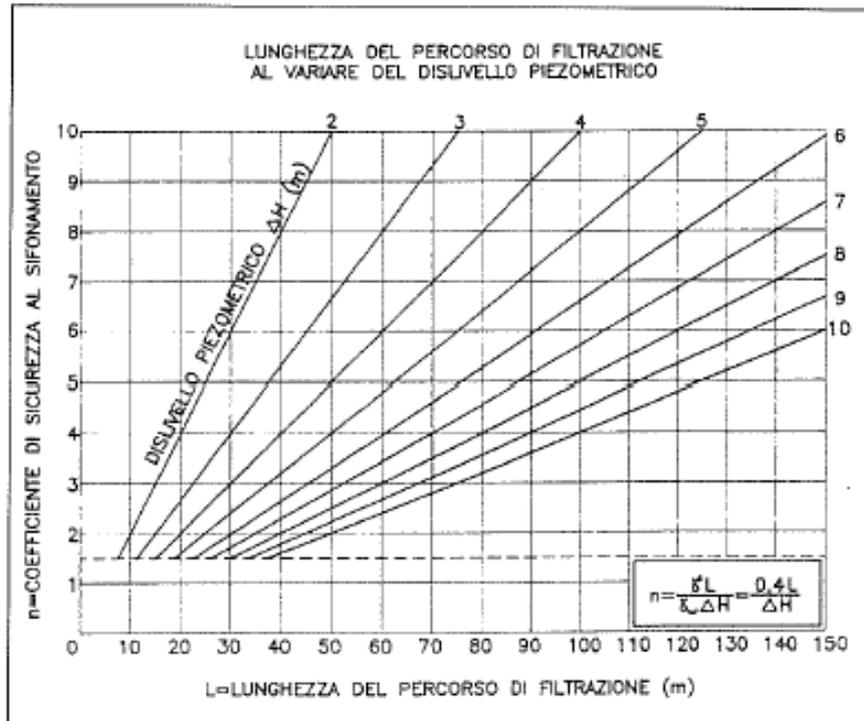


Fig.7.3/B: Coefficiente di sicurezza al sifonamento in funzione della lunghezza di filtrazione e del dislivello piezometrico (per $\gamma' = 0,4 \text{ t/mc}$)

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

- il dislivello piezometrico $\Delta h = 3.30 \text{ m}$ (livello di piena coincidente con la sommità dell'argine e livello della falda, corrispondente al piano campagna).
- il minimo percorso di filtrazione $L = 210 \text{ m}$

Si ottiene il coefficiente di sicurezza

$$\eta = i_c / i = \frac{\gamma' L}{\gamma_w \Delta h} = 0.4 \cdot \frac{210}{3.30} = 25 \geq 1,5$$

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.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 35 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

La verifica al sifonamento viene soddisfatta quando:

$$L_1 \geq L_0$$

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):

$$L = \sum_i^n c_i L_i$$

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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 36 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

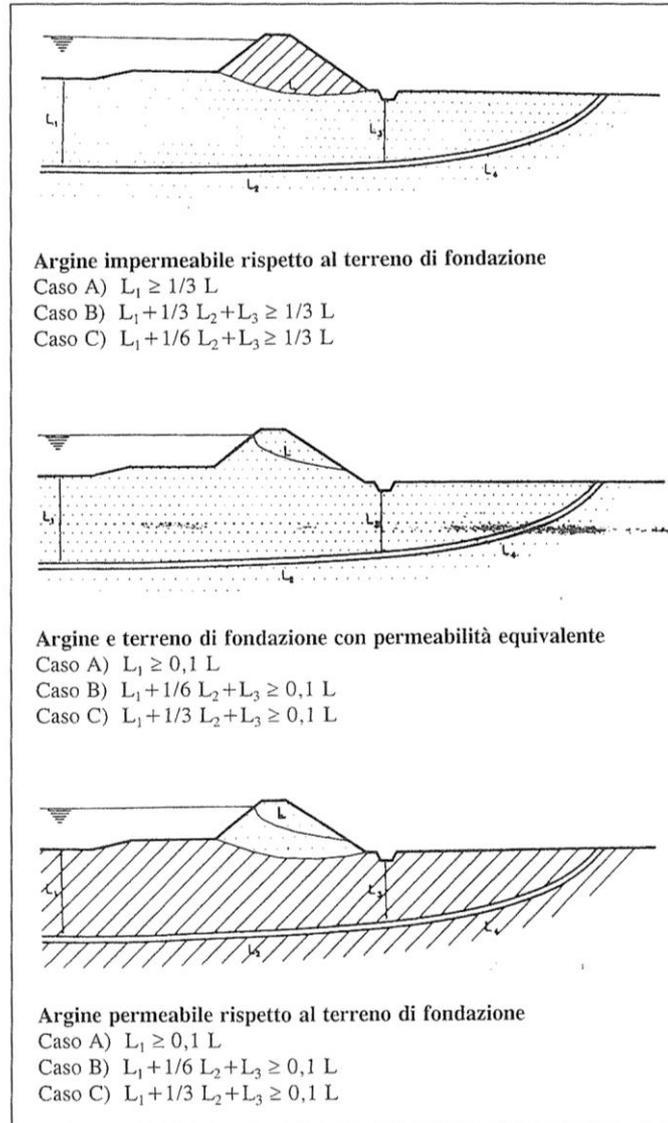


Fig.7.4/A : Lunghezze di filtrazione "equivalenti" per la verifica al sifonamento con il metodo di Blingh - Lane (adattato da "Horizontal Boren", Province di Zuild, Holland 1985)

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 ;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 37 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

- caso C): nella situazione precedente si introduce un coefficiente di sicurezza 2 sul percorso orizzontale L₂.

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:

L1 = 15.8 m (percorso equivalente di filtrazione lungo la trivellazione)
 L = 19.6 m (percorso naturale di filtrazione nel corpo dell'argine)

L1 >> 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-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 38 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

8 VALUTAZIONI INERENTI LA COMPATIBILITA' IDRAULICA

8.1 Premessa

Generalità

L'ambito territoriale in esame è regolamentato, limitatamente al settore dell'assetto idrogeologico e agli ambiti dei corsi d'acqua, dei versanti e degli abitati in dissesto, attraverso il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'ex Autorità di Bacino Interregionale Marecchia -Conca.

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

Ai sensi dell'art.2, comma 2 delle Norme del PAI gli ambiti territoriali della rete idrografica e le relative fasce di inondazione, vengono disciplinati nell'ambito del Titolo II delle Norme stesse "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali"

Ai sensi dell'art.7, comma 1, lettera a) delle Norme, nell'ambito della cartografia del PAI vengono individuati gli alvei, le fasce di territorio inondabili (per diversi tempi di ritorno) e le fasce ad alta vulnerabilità idrologica, per i tratti idraulicamente più significativi dei principali corsi d'acqua ricadenti nel bacino interregionale del Marecchia - Conca.

In particolare nell'art.8 delle Norme di Piano viene riportata la definizione l'alveo dei corsi d'acqua, vengono disciplinate le modalità di gestione ed enunciate le prescrizioni e le misure di tutela.

Nell'art.9 viene riportata la definizione delle fasce di territorio di pertinenza dei corsi d'acqua, vengono disciplinate le modalità di gestione ed enunciate le prescrizioni e le misure di tutela. In particolare nell'ambito di dette fasce ricadono le aree di inondazione per tempi di ritorno fino di 50 anni (di pericolosità idraulica molto elevata), quelle per tempi di ritorno di 200 anni (di pericolosità idraulica elevata), le fasce ad alta vulnerabilità idrologica, le fasce ripariali e quelle arginali.

Nell'art.10 viene riportata la definizione delle fasce di inondazione con tempi di ritorno di 500 anni. Per queste fasce la regolamentazione delle attività, in assenza di limitazioni di altro tipo (es. organi di protezione civile), attiene agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

Le Norme (ai sensi dell'art.8, comma 4, lettera b; dell'art.9, comma 4.1, lettera b; dell'art.9, comma 4.2, lettera b) consentono l'interferenza da parte di opere pubbliche o di interesse pubblico e alle infrastrutture a rete con l'alveo e con le fasce di pertinenza dei corsi d'acqua, purché non comportino l'incremento del rischio idraulico.

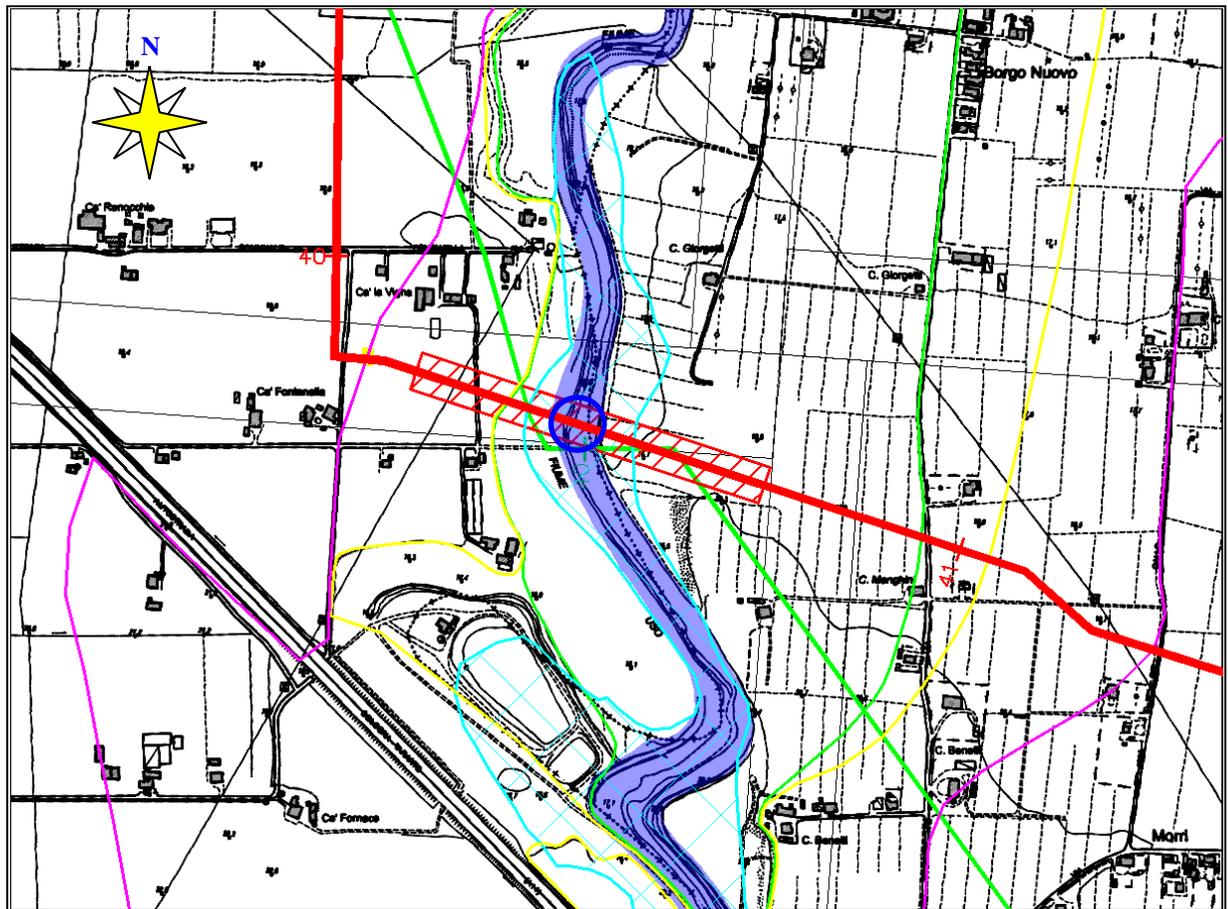
La realizzazione degli interventi è tuttavia subordinata al parere vincolante dell'Ente preposto al nulla-osta idraulico, che verifica le condizioni di compatibilità dell'opera con i contenuti del Piano Stralcio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA - CHIETI" TRATTO "RAVENNA - JESI" DN 650 (26") - DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 39 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

8.2 Interferenze nell'ambito specifico di riferimento

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 con l'alveo del corso d'acqua, con le aree di pericolosità idraulica e con le fasce ad alta vulnerabilità idrologica individuate nel PAI. Nella stessa figura il tratto di posa previsto in trivellazione è indicato con una sagoma rettangolare con campitura rossa a righe.



BACINO INTERREGIONALE MARECCHIA-CONCA

Titolo II - Piano Stralcio delle Fasce Fluviali

-  Alvei (Art. 8)
-  Fasce di Piena con TR 50 anni - Pericolosità idraulica molto elevata (Art. 9, comma 1a)
-  Fasce di Piena con TR 200 anni - Pericolosità idraulica elevata (Art. 9, comma 1a)
-  Fasce di Piena con TR 500 anni (Art. 10)
-  Fasce ad Alta Vulnerabilità Idrologica (Art. 9, comma 1b)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 40 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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

Dall'analisi della figura precedente si rileva che tramite la trivellazione in subalveo (ad elevate profondità), verranno superati:

- l'alveo del corso d'acqua (Art.8 delle Norme PAI);
- le fasce ad alta vulnerabilità idrologica (Art.9, comma 1b delle Norme PAI);
- la fascia di inondazione con tempo di ritorno fino 200 anni (Art.9, comma 1a delle Norme PAI) nel lato in sinistra idrografica.

Nel lato in destra idrografica, fuori dall'ambito di trivellazione, la condotta verrà posizionata mediante degli scavi a cielo aperto per un tratto significativo (dello sviluppo di oltre 300m) nell'ambito della fascia di inondazione con tempo di ritorno fino 200 anni.

Si pone tuttavia in evidenza che la situazione sopra descritta riguarda lo scenario riferito alla configurazione "pre-interventi" (ossia alla situazione esistente alla data di approvazione del Piano). A tal proposito si rimanda alla visione della Fig.5.3/A ed all'analisi dei contenuti riportati nel paragrafo 5.3.2.

Infatti qualora si voglia far riferimento allo scenario "post-interventi" (ossia alla situazione successiva alla realizzazione degli interventi strutturali previsti nel Piano Stralcio), si rileva che le aree di inondazione in considerazione delle piena con TR sino a 200 anni risultano notevolmente ridotte e pertanto la soluzione progettuale dell'intervento specifico consentirebbe di superare con posa in trenchless del metanodotto (ad elevate profondità di posa), oltre all'alveo del corso d'acqua, anche tutta la fascia di inondazione con tempo di ritorno fino 200 anni (sia in sinistra, che in destra idrografica).

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 41 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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 idrogeologiche, idrologiche ed idrauliche dell'ambito fluviale interessato dall'attraversamento.

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

Considerazioni specifiche

In precedenza è stato evidenziato (in considerazione della Fig.8.2/A) che la gran parte della pertinenza fluviale (comprendente l'alveo del corso d'acqua e l'area d'inondazione in sinistra per TR=200anni e le fasce ad alta vulnerabilità idrologica) verrà attraversata in trivellazione ad elevate profondità di posa. Pertanto relativamente a quest'ambito, alla luce della metodologia operativa individuata e delle scelte progettuali, si evidenzia quanto segue:

- L'attraversamento fluviale avviene in "subalveo" e prevede una profondità di posa della condotta di sufficiente garanzia nei confronti d'eventuali fenomeni di erosione di fondo (anche localizzati e/o temporanei) che si possono produrre anche in concomitanza di piene eccezionali, cosicché 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;
- 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 inviluppo di piena*
Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata, con posa in trivellazione), non sarà determinato dalla costruzione della condotta nessun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.
2. *Riduzione della capacità di laminazione e/o di invaso dell'alveo*
La linea in progetto, essendo completamente interrata, non crea alcun ostacolo al corretto deflusso delle acque e/o all'azione di laminazione delle piene, né contrazioni areali delle fasce d'esondazione e pertanto non sottrae capacità d'invaso.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 42 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

3. *Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo*
L'opera in progetto non induce alcuna modifica all'assetto morfologico dell'alveo, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, essendo questa localizzata in subalveo ad una profondità superiore ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento.
4. *Interazioni in considerazione delle potenziali dinamiche fluviali del corso d'acqua*
Il sistema operativo previsto ha consentito di prevedere il posizionamento della condotta ad elevata profondità di subalveo, quindi ben oltre ad ogni prevedibile fenomeno d'approfondimento. La configurazione in subalveo a "corda molle" (con risalite a coperture ordinarie a distanze molto elevate dall'alveo attivo) consente peraltro di essere abbondantemente in sicurezza anche nei confronti di eventuali fenomeni di divagazione laterale dell'alveo attivo del corso d'acqua.
5. *Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale*
Essendo l'opera del tutto interrata, nonché essendo prevista la metodologia costruttiva in trivellazione, non saranno introdotte alterazioni al contesto naturale della regione fluviale.

Infine, relativamente al tratto della regione fluviale in destra ricadente esternamente alla trivellazione, dove il metanodotto verrà posizionato mediante scavi a cielo aperto, si evidenzia quanto segue.

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

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

L'intervento prevede il completo interramento della tubazione (alla profondità di almeno 1,5 m nei confronti del piano campagna, salvo 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 e pertanto non si introdurranno interferenze idrauliche significative per la laminazione delle piene del corso d'acqua e/o riduzione della capacità di invaso, né tantomeno alterazioni all'eventuale deflusso in occasione delle piene eccezionali.

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

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

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 43 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/17350	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONI EMILIA ROMAGNA E MARCHE	RE-CIV-005	
	PROGETTO RIFACIMENTO METANODOTTO "RAVENNA – CHIETI" TRATTO "RAVENNA – JESI" DN 650 (26") – DP 75 bar ED OPERE CONNESSE	Fg. 44 di 44	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670C-031-RT-3220-033

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, in un ambito di confine tra i territori comunali di San Mauro Pascoli (FC) e di Rimini, interseca il corso d'acqua FIUME USO.

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

Alla luce dei risultati conseguiti, per il superamento in subalveo dell'alveo del corso d'acqua in esame è stata prevista l'adozione di un sistema di attraversamento in trenchless, 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 (nello specifico: rilevati arginali).

La geometria della trivellazione è stata configurata in modo da soddisfare ai vincoli attinenti sia l'aspetto idraulico del corso d'acqua che quello costruttivo della condotta, assicurando adeguate profondità al di sotto dell'alveo e dei manufatti a terra e rispettando allo stesso tempo, i raggi di curvatura minimi 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 a pericolosità idraulica censite dal PAI (redatto dall' ex Autorità di Bacino Interregionale Marecchia -Conca), 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 le relative fasce di inondazione e di pertinenza idrogeologica.

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.