

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 1 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

METANIZZAZIONE REGIONE SARDEGNA TRATTO SUD

METANODOTTO CAGLIARI – PALMAS ARBOREA
DN 650 (26") - DP 75 bar

ATTRAVERSAMENTO RIU PISC'E MULLERI

RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA



0	Emissione	F. CALLAI F.FANELLI	M.FORNAROLI	V.FORLIVESI O.CORDA	29/06/2018
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 2 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Oggetto della relazione	3
1.2	Elaborati progettuali di riferimento	3
1.3	Definizioni	4
1.4	Normativa di Riferimento	5
2	PAI. DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA	6
3	AMMISSIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LE PREVISIONI DEL PAI	9
4	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	12
5	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	15
5.1	Lineamenti geologici e strutturali generali	15
5.2	Rappresentazione cartografica locale	18
5.3	Caratteri litologici e geomorfologici locali	19
5.4	Caratteri idrogeologici locali	20
6	ANALISI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI BASE	22
6.1	Caratterizzazione idrologica	22
6.2	Stima della portata di piena di riferimento	22
6.3	Valutazioni idrauliche preliminari	26
7	CONCLUSIONI	29

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 3 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto della relazione

La realizzazione del metanodotto Cagliari – Palmas Arborea, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del corso d'acqua "Riu Pisc'e Mulleri", nel territorio del Comune di Palmas Arborea, nella provincia di Oristano.

L'identificazione nominale "Riu Pisc'e Mulleri" è data in base al reticolo idrografico della Regione Autonoma della Sardegna disponibile nel Data Base Multiprecisione (DBMP).

L'ottimizzazione planimetrica del tracciato e il profilo di posa della tubazione attraverso l'alveo del corso d'acqua sono stati individuati in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico e idraulico. Tali valutazioni, basate su apposite indagini eseguite, hanno dato modo di acquisire le necessarie conoscenze sulle caratteristiche di dettaglio del corridoio individuato dal tracciato in progetto e sulle condizioni di stabilità delle aree da attraversare, ivi compreso il corso d'acqua di interesse. Gli aspetti idraulici e idrologici sono stati contemplati in conformità ai dati ed alle informazioni rese disponibili dagli strumenti di pianificazione territoriale di settore.

Nella presente relazione, in particolare, sono descritte le analisi condotte per la valutazione delle condizioni di compatibilità idraulica dell'attraversamento in sub-alveo e le relative conclusioni. Difatti, il tronco di diretto interesse del corso d'acqua ricade in zona perimetrata come area a pericolosità idraulica, nello specifico l'area è stata perimetrata successivamente all'evento alluvionale del 18/11/2013 denominato "Cleopatra", le stesse perimetrazioni sono state confermate dallo studio Idraulico eseguito dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle norme di attuazione del PAI1. Tale strumento di pianificazione territoriale, all'art. 21, stabiliscono, in linea generale, che le attività di progettazione di infrastrutture a rete o puntuali siano tali da garantire che gli interventi "conservino le funzioni e il livello naturale dei corsi d'acqua; non creino in aree pianeggianti impedimenti al naturale deflusso delle acque; prevedano l'attraversamento degli alvei naturali ed artificiali e delle aree di pertinenza da parte di condotte in sotterraneo a profondità compatibile con la dinamica fluviale". Oltre ciò il citato strumento di pianificazione locale stabilisce norme specifiche per gli interventi ammessi nelle aree identificate come soggette a pericolosità idraulica. La presente relazione tende a fornire, pertanto, la verifica di tale complesso di prescrizioni.

In relazione alle analisi condotte, è stato anche possibile stimare, in via preliminare, la profondità minima di posa della tubazione affinché sia tale da garantirne la sicurezza nei riguardi degli effetti erosivi che potrebbero verificarsi sul fondo d'alveo.

1.2 Elaborati progettuali di riferimento

Per le caratteristiche progettuali dell'attraversamento, comprendenti le specifiche geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa della stessa, nonché gli elementi tipologici e dimensionali dell'intervento previsto, la presente relazione ha riferimento negli elaborati di seguito elencati:

¹ Regione Autonoma della Sardegna, Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna; "Piano assetto idrogeologico. Norme di attuazione"; Testo coordinato, Febbraio 2018.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 3 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto della relazione

La realizzazione del metanodotto Cagliari – Palmas Arborea, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del corso d'acqua "Riu Pisc'e Mulleri", nel territorio del Comune di Palmas Arborea, nella provincia di Oristano.

L'identificazione nominale "Riu Pisc'e Mulleri" è data in base al reticolo idrografico della Regione Autonoma della Sardegna disponibile nel Data Base Multiprecisione (DBMP).

L'ottimizzazione planimetrica del tracciato e il profilo di posa della tubazione attraverso l'alveo del corso d'acqua sono stati individuati in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico e idraulico. Tali valutazioni, basate su apposite indagini eseguite, hanno dato modo di acquisire le necessarie conoscenze sulle caratteristiche di dettaglio del corridoio individuato dal tracciato in progetto e sulle condizioni di stabilità delle aree da attraversare, ivi compreso il corso d'acqua di interesse. Gli aspetti idraulici e idrologici sono stati contemplati in conformità ai dati ed alle informazioni rese disponibili dagli strumenti di pianificazione territoriale di settore.

Nella presente relazione, in particolare, sono descritte le analisi condotte per la valutazione delle condizioni di compatibilità idraulica dell'attraversamento in sub-alveo e le relative conclusioni. Difatti, il tronco di diretto interesse del corso d'acqua ricade in zona perimetrata come area a pericolosità idraulica, nello specifico l'area è stata perimetrata successivamente all'evento alluvionale del 18/11/2013 denominato "Cleopatra", le stesse perimetrazioni sono state confermate dallo studio Idraulico eseguito dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle norme di attuazione del PAI1. Tale strumento di pianificazione territoriale, all'art. 21, stabiliscono, in linea generale, che le attività di progettazione di infrastrutture a rete o puntuali siano tali da garantire che gli interventi "conservino le funzioni e il livello naturale dei corsi d'acqua; non creino in aree pianeggianti impedimenti al naturale deflusso delle acque; prevedano l'attraversamento degli alvei naturali ed artificiali e delle aree di pertinenza da parte di condotte in sotterraneo a profondità compatibile con la dinamica fluviale". Oltre ciò il citato strumento di pianificazione locale stabilisce norme specifiche per gli interventi ammessi nelle aree identificate come soggette a pericolosità idraulica. La presente relazione tende a fornire, pertanto, la verifica di tale complesso di prescrizioni.

In relazione alle analisi condotte, è stato anche possibile stimare, in via preliminare, la profondità minima di posa della tubazione affinché sia tale da garantirne la sicurezza nei riguardi degli effetti erosivi che potrebbero verificarsi sul fondo d'alveo.

1.2 Elaborati progettuali di riferimento

Per le caratteristiche progettuali dell'attraversamento, comprendenti le specifiche geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa della stessa, nonché gli elementi tipologici e dimensionali dell'intervento previsto, la presente relazione ha riferimento negli elaborati di seguito elencati:

¹ Regione Autonoma della Sardegna, Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna; "Piano assetto idrogeologico. Norme di attuazione"; Testo coordinato, Febbraio 2018.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 4 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

- MET. CAGLIARI PALMAS ARBOREA DN 650 (26") - PLANIMETRIA "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PERICOLOSITÀ IDRAULICA" 1:10.000, PG PAI 103.

A tali elaborati si rimanda per quanto non espressamente descritto nella presente relazione e per ogni correlato approfondimento.

1.3 Definizioni

Metanodotto

Accezione convenzionale associata ad una specifica tipologia di gasdotto, che identifica una condotta di considerevole importanza per il trasporto del gas tra due punti di riferimento. È designato con i nomi dei comuni o delle località dove l'opera ha origine e fine, e in relazione alla finalità del trasporto.

Linea o Condotta

Insieme di tubi, curve, raccordi, valvole ed altri pezzi speciali, uniti tra loro per il trasporto del gas; a sviluppo interrato ma comprensiva di parti fuori terra.

Punti di intercettazione

In accordo alla normativa vigente (DM 17.04.08), la condotta sarà sezionabile in tronchi mediante apparecchiature di intercettazione (valvole) denominate:

- Punto di intercettazione di derivazione importante (PIDI) che, oltre a sezionare la condotta, ha la funzione di consentire sia l'interconnessione con altre condotte, sia l'alimentazione di condotte derivate dalla linea principale;
- Punto di intercettazione di linea (PIL), che ha la funzione di sezionare la condotta interrompendo il flusso del gas;

"Pig" di ispezione

Strumento costituito da affusto metallico, dischi di poliuretano, induttori e sensori, avente la funzione di rilevare, localizzare e dimensionare le caratteristiche della condotta.

Stazione di lancio e/o ricevimento "pig"

Area recintata contenente un complesso di dispositivi idonei al lancio e/o ricevimento dei "pig".

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 5 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

1.4 Normativa di Riferimento

Per quanto di seguito descritto, in relazione alla progettazione dell'opera ed alle analisi di compatibilità condotte, si ha riferimento negli strumenti normativi e documenti tecnici di seguito elencati.

Criteria generali di progettazione del metanodotto

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

Pianificazione territoriale di settore

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale, PAI Sardegna, redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge 180/1998, approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006. Norme di attuazione testo coordinato "Febbraio 2018";
- Piano di gestione del rischio di alluvioni, redatto in recepimento della direttiva 2007/60/CE e del relativo D.Lgs. 23/02/2010 n. 49, predisposto, revisionato e aggiornato dall'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016,
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) - adottato in via definitiva dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013;
- STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA E GEOLOGICA-GEOTECNICA DEL TERRITORIO AI SENSI DEGLI ARTICOLI 4, 8 E 26 DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL P.A.I., adottato con delibera del Consiglio Comunale di Palmas Arborea n. 5 del 27.04.2016.

Aspetti generali di carattere ambientale e idraulico

- D.Lgs. 03/04/2006 n.152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- D.Lgs. 23/02/2010 n. 49. Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- R.D. 11/12/1933, n. 1775 e ss.mm.ii. Testo unico delle disposizioni sulle acque e sugli impianti elettrici.
- L. 05/01/1994 n.37. Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche.
- D.Lgs. 22/01/2004 n. 42 e ss.mm.ii. Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n.137.

Aspetti geotecnici

- D.M. Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», emesse ai sensi delle leggi 05/11/1971, n. 1086, e 02/02/1974, n. 64, riunite nel "Testo Unico per l'Edilizia" di cui al D.P.R. 06/06/2001, n. 380, e dell'art. 5 del Decreto Legge 28/05/2004, n. 136, convertito in Legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004, n. 186 e ss.mm.ii.
- UNI EN 1997-1, Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 6 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

2 PAI. DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA

Con deliberazione n. 45/57 in data 30.10.1990, la Giunta Regionale suddivide il Bacino Unico Regionale in sette Sub-Bacini, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque) redatto nel 1987.

L'intero territorio della Sardegna è suddiviso in sette sub-bacini, ognuno dei quali, pur con forti differenze di estensione territoriale, è caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche.

Sulla base di questa suddivisione, il tracciato del Matanodotto tratto Sud interessa il Sub-Bacino 2 "Tirso", il Sub-Bacino 7 "Flumendosa – Campidano - Cixerri" ed il Sub-Bacino 1 "Sulcis". (Figura 2.1)

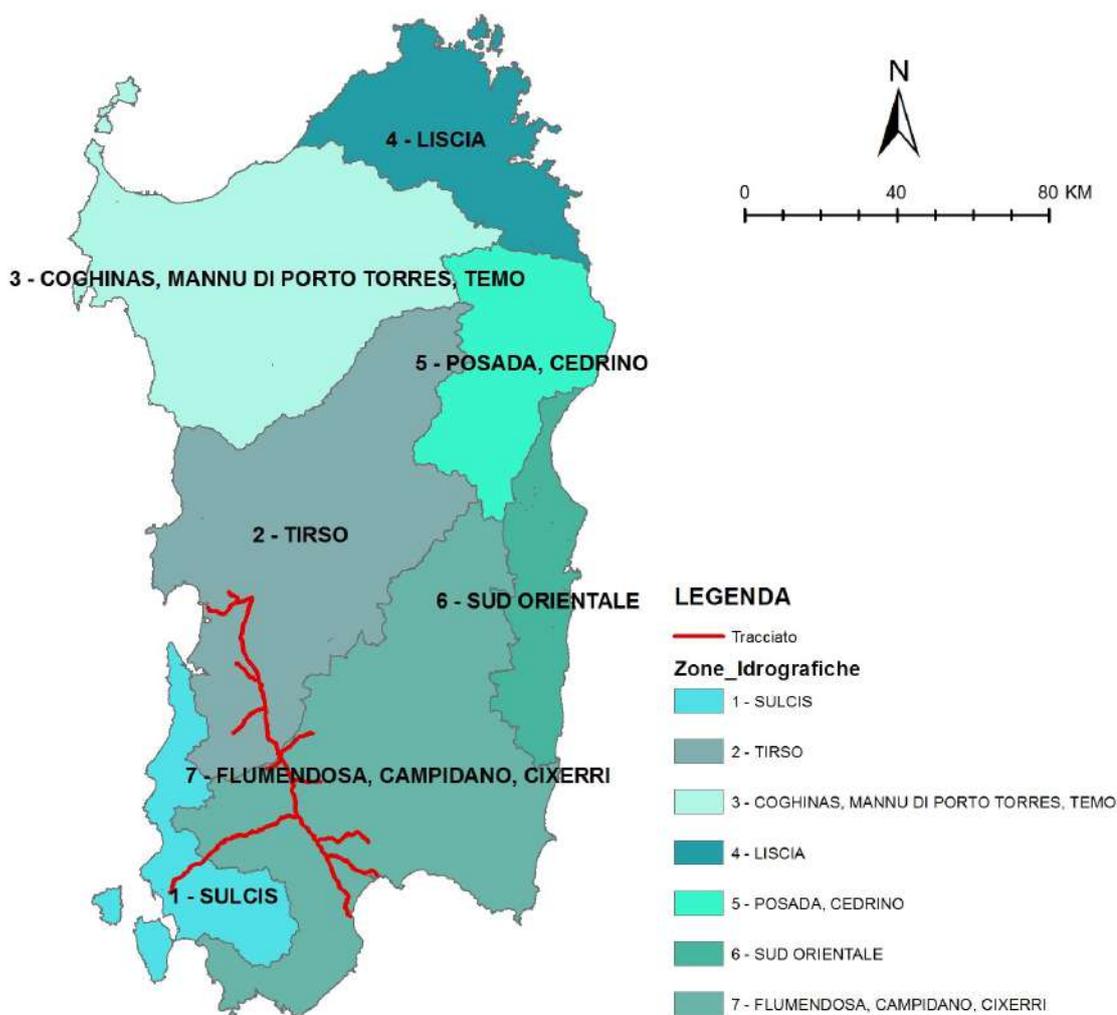


Figura 2.1: Suddivisione del territorio regionale nei 7 in Sub-Bacini, con inserito il tracciato dell'opera in progetto.

In data 11.03.2005 viene pubblicato sul B.U.R.A.S. il Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici n. 3 del 21.02.2005 con il quale è stata resa esecutiva la Deliberazione n.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 7 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

54/33 assunta in data 30.12.2004 dalla Giunta Regionale, in qualità di Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino.

Con tale deliberazione cui è stato adottato il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (in seguito denominato P.A.I.), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998.

In conformità con quanto previsto dalle Norme di Attuazione del P.A.I., Titolo III "Controllo del Rischio nelle Aree di Pericolosità Idrogeologica", Capo I – "Norme Comuni per la disciplina degli Interventi nelle Aree di Pericolosità Idrogeologica", articolo 23 comma 6 lettera b, gli interventi e le opere ammissibili nelle aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media sono effettivamente realizzabili subordinatamente alla presentazione, alla valutazione positiva e all'approvazione dello Studio di Compatibilità Idraulica o Geologica e Geotecnica di cui agli articoli 24 e 25 delle stesse N.d.A. del P.A.I.

Con la pubblicazione del testo coordinato delle N.d.A. del P.A.I. edizione Febbraio 2018, le modifiche apportate all'articolo 21 e nello specifico al comma 2, lo studio di compatibilità idraulica per le opere di attraversamento degli alvei non è richiesto.

Ciò nonostante viene richiesto al soggetto attuatore di sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese le condotte qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico, ragion per cui con il presente studio si intende calcolare lo scalzamento massimo, ovvero, la minima profondità di interrimento del metanodotto in progetto al fine di evitare fenomeni di messa a giorno della condotta dovuti a diversi fenomeni di erosione del fondo alveo.

L'individuazione delle aree a pericolosità idraulica che interferiscono con il tracciato del metanodotto è stata condotta in riferimento alla cartografia del P.A.I. pubblicata dalla R.A.S. sul sito web "SardegnaGeoportale" da cui è possibile scaricare gli shapefile dei dati del DB Unico del S.I.T.R.. Gli shapefile consultati sono: "Pericolo Idraulico Rev.41" e "Art.8 Hi V.09" entrambi caricati sul portale in data 31.01.2018.

L'analisi è stata condotta anche in riferimento alla cartografia Piano di Gestione Rischio Alluvioni (di seguito P.G.R.A.) aggiornata al 2016 che, eseguendo un involucro delle perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate nell'ambito della predisposizione del PAI e sue varianti e di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, aggiornate alla data del 31.12.2016, armonizza è uniforme in un unico elaborato i dati suddetti.

Inoltre la cartografia sopra descritta è stata implementata con il reperimento delle carte di pericolosità idraulica redatte dai singoli comuni ai sensi dell'Art.8 c.2 delle N.d.A. del PAI, per le quali vigono le norme di salvaguardia.

Il risultato finale dell'analisi dei vari strumenti di pianificazione in campo idrogeologico è stata la redazione della cartografia di involucro delle varie pericolosità, considerando per le aree perimetrate da diversi strumenti di pianificazione il livello di pericolosità maggiore (Hi max).

Il corso d'acqua oggetto della presente relazione viene meglio inquadrato nella carta PG PAI 103 - MET. CAGLIARI PALMAS ARBOREA DN 650 (26") - PLANIMETRIA "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PERICOLOSITÀ IDRAULICA" 1:10.000, di cui si riporta di seguito uno stralcio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 8 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

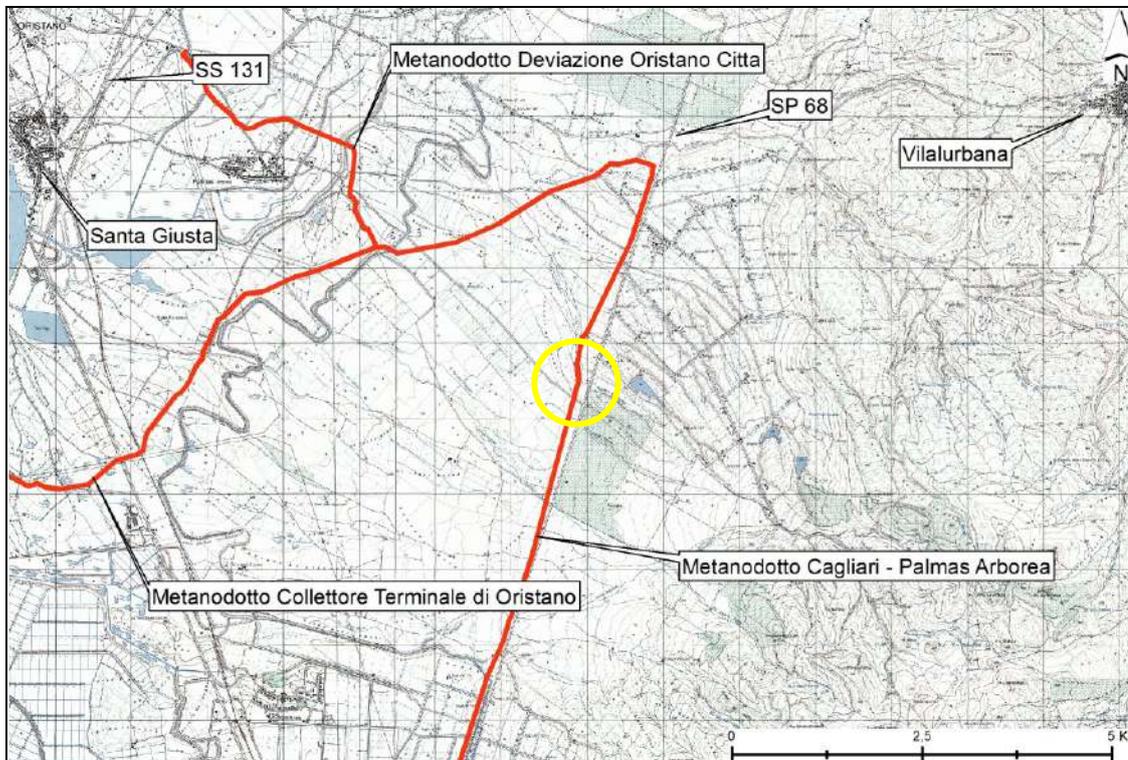


Figura 2.2 : Inquadramento territoriale dell'area in cui avverrà l'attraversamento in sub alveo.

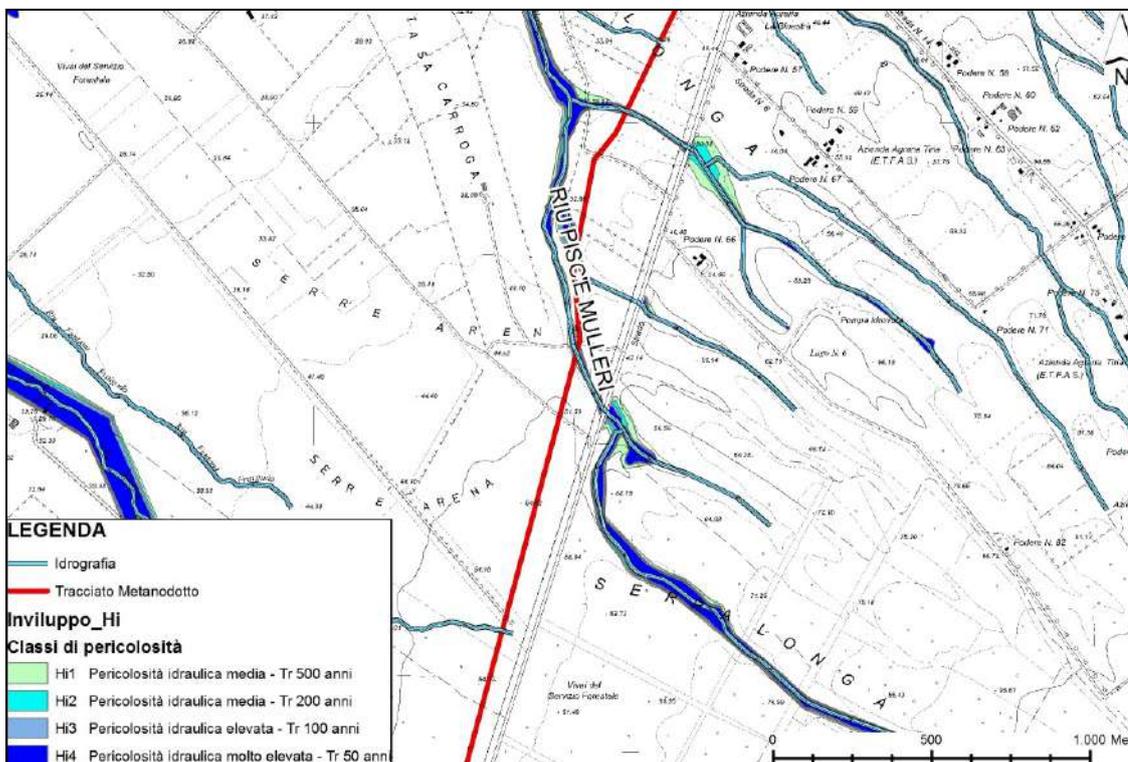


Figura 2.3 : Inviluppo di pericolosità idraulica con evidenziata in giallo l'area in studio, per maggiori dettagli Tavola PG PAI 103.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 9 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

3 AMMISSIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LE PREVISIONI DEL PAI

L'intersezione tra il metanodotto Cagliari Palmas Arborea è il reticolo idrografico avviene in corrispondenza del Riu Pisc'e Mulleri, nel territorio di Palmas Arborea, in corrispondenza di un'area a pericolosità idraulica Hi4, perimetrata successivamente all'evento alluvionale del 18/11/2013 denominato "Cleopatra", le perimetrazioni sono state confermate dall'Art. 8 comma 2 del comune di Palmas Arborea.

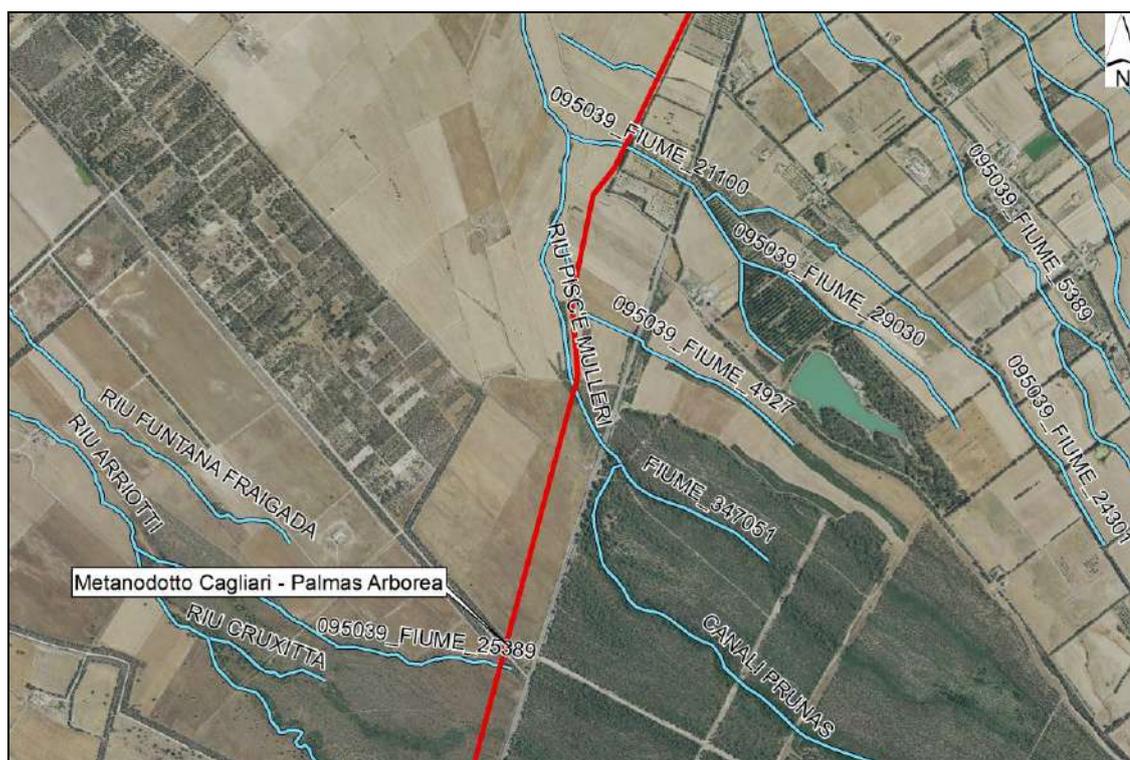


Fig. 3.1 - Rappresentazione dell'intervento su base ortofoto RAS 2016

La sezione progettualmente definita per l'attraversamento in sub-alveo interessa il "Riu Pisc'e Mulleri" in un tronco vallivo, a monte dell'immissione nello stesso del Riu Zeddiani e della confluenza nel "Riu Merd'e Cani" al confine tra il territorio del comune di Palmas Arborea e Oristano; qui l'alveo inciso scorre in una zona pianeggiante, generalmente compresa tra 45÷40 m s.l.m., tra le località "Guardia Carroga".

Il metanodotto Cagliari – Palmas Arborea, rientra nel quadro generale dell'intervento di distribuzione del gas naturale nella Regione Sardegna. L'opera, nel cui quadro esecutivo generale ricade l'intervento qui descritto, è prevista dagli strumenti nazionali e regionali di pianificazione energetica. In particolare, il Piano Energetico Ambientale della Regione Sardegna 2015-2030 (P.E.A.R.S., obiettivo OS2.3, pag. 51 e cap. 12) individua la metanizzazione tra le scelte fondamentali, sulla base delle direttive e delle linee di indirizzo definite dalla programmazione comunitaria, nazionale e regionale, e identifica l'utilizzo del gas naturale, quale vettore energetico fossile di transizione, come strumento mirato alla sicurezza energetica della Regione. Inoltre, l'opera di metanizzazione della Sardegna è esecutivamente definita, come tema centrale della politica energetica nazionale, nel documento che delinea la Strategia Energetica Nazionale (S.E.N. 2017, allegato II, Ministero dello Sviluppo

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 10 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

Economico e Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare), che ne ha determinato gli aspetti concreti di fattibilità, in coerenza con il Piano energetico regionale. Il sistema delle risorse finanziarie, ordinarie ed aggiuntive, a tal fine identificate, è specificatamente delineato nel Patto per lo Sviluppo della Regione (Patto per lo sviluppo della regione Sardegna, Attuazione degli interventi prioritari e individuazione delle aree di intervento strategiche per il territorio, 29 luglio 2016), sottoscritto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri e dalla Presidenza della Regione Sardegna.

Come di seguito più dettagliatamente illustrato, il tracciato del metanodotto deriva da un accurato studio del territorio, come risultato finale di una serie di possibili corridoi tra loro alternativi. Il tracciato di progetto scaturisce, infatti, dal confronto tra tutti i fattori condizionanti che caratterizzano detti corridoi, sia in termini ambientali sia in termini esecutivi; costituendo la sintesi che permette di minimizzare ogni possibile impatto, garantendo, nel contempo, opportune condizioni di esercizio, di controllo e di manutenzione dell'opera.

Il progetto in questione rientra quindi tra quelle opere infrastrutturali non vincolate da prescrizioni che ne impediscono la realizzazione in senso assoluto, purché sia accertabile che gli effetti sull'assetto morfologico-idraulico del corso d'acqua non determinino modificazioni sostanziali rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche locali preesistenti, e l'opera non alteri i fenomeni idraulici naturali. Nella presente relazione un apposito capitolo descrive il dettaglio delle modalità esecutive previste per la posa della tubazione interrata, al fine di consentire un diretto riscontro con riferimento a dette condizioni.

Come esposto successivamente, in progetto non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno delle perimetrazioni.

Le opere in progetto consisteranno essenzialmente nella posa in sub-alveo della tubazione per il trasporto del gas, e saranno eseguite in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua. L'intervento non apporterà variazioni delle condizioni idrauliche dell'alveo, non si realizzeranno restringimenti, deviazioni dell'asta o modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, inoltre, previsti idonei ripristini degli elementi d'argine, interessati dai lavori di posa del metanodotto. In particolare, si ristabiliranno le condizioni di delimitazione dell'alveo attualmente esistenti; tutte le profilature saranno ripristinate con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali; apposite attività di ripristino vegetazionale consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Per quanto attiene all'eventuale diversa localizzabilità dell'intervento, come in precedenza introdotto, il tracciato del metanodotto, sia in base alle leggi vigenti sia in base a norme specifiche di qualità tecnica progettuale e costruttiva, è il risultato dell'analisi comparativa di diverse soluzioni e di diversi possibili corridoi di esecuzione. La scelta definitiva del tracciato dipende, infatti, da numerosi fattori:

- compatibilità con il contesto insediativo del territorio e con le previsioni di sviluppo urbanistico;
- interferenze con aree soggette a condizioni di salvaguardia ambientale o soggette a specifiche forme di tutela e con aree ecologicamente sensibili;
- esigenza di parallelismo con altri gasdotti o con altre infrastrutture a sviluppo

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 11 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

lineare, presenti nel territorio, quali oleodotti, elettrodotti, strade, canali, ecc., al fine di concentrare la presenza di infrastrutture lineari sul territorio;

- stabilità dell'opera in relazione a condizioni di pericolosità di natura geologica, geomorfologica e alla natura dei terreni;
- necessità di definire la posizione dei punti di linea, degli impianti, delle centrali e dei nodi di smistamento, tenendo presente le esigenze di accessibilità agli stessi, per il personale ed i mezzi necessari alla sorveglianza, all'esercizio ed alla manutenzione;
- distanze di sicurezza da nuclei abitati e da fabbricati destinati a collettività e a concentrazione di persone, distanze di sicurezza da singoli fabbricati ivi compresi quelli destinati a presenza di persone solo occasionale;
- distanze di rispetto da aree per le quali vigono limiti imposti a tutela di opere militari, di installazioni permanenti e semipermanenti di difesa, di campi di esperienze e poligoni di tiro;
- distanze di rispetto nei confronti di altre condotte interrate, di linee elettriche aeree e interrate, di officine elettriche, di sottostazioni di trazione elettrica, di linee ferroviarie e ferrotranviarie e delle relative opere d'arte;
- specifiche modalità di attraversamento delle infrastrutture stradali;
- distanze di rispetto da cave e da aree dedicate a scavi in genere, per ricerca o estrazione di sostanze minerali;
- idoneità dei siti di esecuzione in relazione alle condizioni di sicurezza nei confronti di terzi e degli operatori preposti alla esecuzione.

In base a quanto sinteticamente elencato (che non costituisce l'intero complesso di elementi condizionanti la scelta del tracciato), sono stati identificati i siti di attraversamento dei corsi d'acqua, la cui localizzazione risponde alle esigenze di ottimizzazione del tracciato, nel rispetto del complesso dei vincoli cui esso è assoggettato. La soluzione determinata progettualmente è comunque sempre strutturata in modo da evitare alterazioni della conformazione dei corsi d'acqua.

Nello specifico, dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del "Riu Pisc'e Mulleri", non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità. Considerata inoltre la natura degli interventi, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle.

Come di seguito riportato, la profondità di posa in sub-alveo e i potenziali effetti delle massime portate al colmo, attestati dalle modellazioni numeriche condotte in fase di progettazione, risultano pienamente compatibili.

Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, non è possibile che la realizzazione dell'attraversamento in sub-alveo, alla profondità di sicurezza determinata, possa in alcun modo esserne di ostacolo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 12 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, di seguito descritte, è stata determinata la soluzione di progetto idonea per la collocazione in sub-alveo della tubazione, mediante la tecnica esecutiva di scavo a cielo aperto della trincea di posa. Si specifica che, sia a tutela delle infrastrutture da realizzare sia per il rispetto dei criteri generali delle Norme di attuazione del PAI, non verranno realizzate infrastrutture (trappole e punti di linea) nelle aree inondabili ai margini dell'alveo ove risultano perimetrate specifiche condizioni di pericolosità idraulica, quindi saranno del tutto assenti opere fuori terra, che possano incidere sul deflusso di portate eccezionali.

L'attraversamento in sub-alveo è previsto in un tratto del Riu Pisc'e Mulleri in cui l'alveo si presenta con tracciato rettilineo, a monte dell'immissione dello stesso torrente nel Riu Merd'e Cani nel territorio comunale di Palmas Arborea.

La condotta attraverserà il corso d'acqua con direzione NW-SE, in un tronco d'alveo a fondo sostanzialmente piatto, con larghezza pari a circa 1,5

metri. L'alveo è confinato tra scarpate lievemente acclivi ricoperte da vegetazione prevalente erbacea e arbustiva con meno diffusi individui arborei

La metodologia esecutiva dell'attraversamento consisterà sostanzialmente

- nello scavo di una trincea lungo il profilo di progetto del metanodotto nella sezione prestabilita del corso d'acqua, fino al raggiungimento delle quote di posa,
- nell'assemblaggio, in prossimità del sito di intervento, delle barre di tubazione trasportate dallo stabilimento di produzione e nel successivo alloggiamento in fondo-scavo;
- nel rinterro degli scavi e nel contestuale ripristino morfologico dell'area, ivi comprese le eventuali opere di protezione idraulica ivi presenti.

Tale sistema di realizzazione è caratterizzato dalla adattabilità delle metodologie costruttive alle specifiche condizioni del corso d'acqua; soprattutto per quanto attiene all'utilizzo dei mezzi operativi ed alle sequenze delle fasi di scavo, posa e rinterro della tubazione.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 13 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035



Fig. 4.1- Rappresentazione fotografica dell'alveo in prossimità del tronco sede di attraversamento

Di norma, le attività preliminari prevedono il taglio della vegetazione presente nell'ambito dell'area da occupare temporaneamente con i lavori e nella asportazione del terreno vegetale lungo l'asse di posa fuori alveo. Quest'ultimo viene accantonato al bordo pista per essere riposizionato nelle fasi conclusive dei ripristini.

L'ampiezza della pista di lavoro, ottenuta, ove necessario, livellando il terreno ai lati del tracciato, è determinata in base al diametro della condotta, tenuto conto delle caratteristiche morfologiche dei terreni, del contesto ambientale e di eventuali particolarità inerenti le modalità esecutive dei lavori. Nell'ambito di quest'area sono eseguite le attività per il montaggio della tubazione e viene depositato il terreno di scavo.

In relazione alle specifiche caratteristiche idrauliche del corso d'acqua, al periodo climatico di esecuzione, ai volumi di deflusso attesi nel corso delle operazioni esecutive ed alla durata delle stesse, la sequenza operativa dei lavori può essere articolata con uno dei seguenti modi:

- lavori in continuità con quelli di linea; tale procedura riguarda l'attraversamento di corsi d'acqua "poco importanti" (in relazione all'aspetto idraulico, alla morfologia dei terreni e a rischi di tipo operativo) o caratterizzati da periodi di "secca" o di magra, anche se di breve durata; in tali condizioni i lavori di scavo, posa e rinterro della condotta vengono effettuati in continuità con quelli lungo la linea; in genere si tratta di torrenti, o canali, caratterizzati da modesti valori di portata, che pertanto non necessitano di una specifica struttura atta a consentirne il minimo deflusso, che può essere garantito mediante dispositivi ordinari;
- lavori per "fasi chiuse"; tale procedura prevede che si completi ogni fase prima dell'inizio della successiva; eseguendo in progressione scavo, posa della condotta e rinterri; questa sequenza viene adottata ogni qualvolta è necessario garantire lo

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 14 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

smaltimento di un'eventuale portata non trascurabile, che dovesse manifestarsi durante la costruzione.

Durante le fasi lavorative con le tecniche costruttive sopracitate, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori.

Le dimensioni delle sezioni di scavo sono progettualmente definite in base al diametro della condotta, alla profondità di posa, alle caratteristiche geotecniche del terreno. Per profondità piuttosto elevate e quando la configurazione idraulica lo consente, sono effettuati scavi di pre-sbancamento preliminari ma per profondità limitate, come nel caso di interesse, gli scavi a sezione obbligata sono in genere di sezione trapezia con angolo di inclinazione delle pareti subordinato, come detto, alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni attraversati.

In prossimità dell'alveo si rilevano i sedimenti della piana alluvionale in cui scorre il corso d'acqua, costituiti prevalentemente da sabbie e sabbie limose con ghiaie ad elementi poligenici ed eterometrici. Per il rinterro della tubazione posata in trincea, si prevede sia utilizzato totalmente il materiale di risulta, accantonato ai margini della pista di lavoro all'atto dello scavo; per cui non si darà luogo ad alterazioni della permeabilità in alveo e lungo l'asse di posa della tubazione.

dei lavori necessari per dare l'opera finita si, ristabilirà l'originale conformazione plano-altimetrica delle aree interessate, senza alcuna modificazione della sezione idrica offerta al deflusso di piena. In tal modo, l'intervento in progetto non apporterà alterazioni alle condizioni geometriche ed idrauliche dell'alveo. Considerata inoltre la natura dei lavori, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza dei terreni e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della capacità di laminazione naturale dell'alveo e della portata naturalmente rilasciata a valle: l'opera risulta ininfluenza sulle condizioni di smaltimento delle portate del corso d'acqua

Apposito collaudo del tronco di attraversamento sarà effettuato riempiendo la tubazione con acqua, sottoposta, secondo predefinite specifiche tecniche, a pressione corrispondente al raggiungimento dei valori delle sollecitazioni ammissibili di progetto.

Le modalità esecutive, la profondità stabilita per la posa in trincea e gli specifici accorgimenti previsti consentiranno il ripristino morfologico dei luoghi senza alcuna condizione di rischio da potenziali fenomeni erosivi del deflusso di piena; cosicché, oltre a non potersi avere interferenza diretta tra la condotta ed i deflussi fluviali, si eviteranno anche alterazioni al naturale scorrimento delle acque meteoriche e nella circolazione idrica sotterranea.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 15 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Il progetto della rete di metanodotti e degli impianti ad esso connessi contempla lo studio geologico e morfologico del territorio d'interesse al fine di:

- fornire una descrizione dell'ambiente geologico nel quale saranno realizzate le opere in progetto;
- rappresentare le unità litostratigrafiche locali, con particolare riferimento ad una fascia di un chilometro entro cui si prevede il tracciato della tubazione e la localizzazione degli impianti;
- acquisire informazioni sulle condizioni generali di stabilità del territorio interessato dalle esecuzioni;
- caratterizzare le condizioni locali di pericolosità geologica ed idraulica.

Per tali scopi, è stato descritto l'assetto geologico-strutturale di insieme, analizzato in dettaglio l'assetto litostratigrafico locale e valutato le situazioni di potenziale criticità presenti nell'area di intervento oggetto della presente relazione.

5.1 Lineamenti geologici e strutturali generali

Nell'ambito degli obiettivi del presente lavoro viene sinteticamente illustrato l'insieme di avvenimenti che hanno portato all'attuale configurazione geo-strutturale del settore sud-occidentale della Sardegna, attraversato dal tracciato del gasdotto, comprendente il Sulcis-Iglesiente e l'intera area del Campidano.

Le successioni litologiche più antiche (Cambriano Inferiore - Carbonifero inferiore), costituenti il basamento metamorfico-cristallino dell'isola, fanno parte di un segmento della catena Varisca europea, oggetto di intense deformazioni plicative polifasiche, metamorfismo sin-cinematico e un importante magmatismo post-collisionale (Batolite Sardo-Corso).

Nell'ambito del settore di interesse, le rocce costituenti il basamento Paleozoico metamorfico affiorano estesamente lungo il margine occidentale della piana del Campidano, nelle regioni storico geografiche del Sulcis-Iglesiente e nell'ampia vallata del Rio Cixerri, mentre lungo il margine orientale del Campidano queste sono presenti solo in limitati settori (es: Sardara, Villagrega). Le unità intrusive tardo varisiche, che intrudono il basamento metamorfico dando origine al Batolite Sardo-Corso, affiorano diffusamente sia nel Sulcis sia nel Villacidrese-Arburese. Nel Carbonifero superiore e nel Permiano la Sardegna, trovandosi in prevalenti condizioni di continentalità e di relativa stabilità tettonica, si caratterizza per presupposti deposizionali favorevoli alla sedimentazione entro bacini lacustri e/o fluvio-lacustri, che nel settore SW dell'isola ha lasciato tracce soprattutto nell'Iglesiente (es: Campo Pisano, San Giorgio); nell'Arburese (settore di Scivu, Punta Acqua Durci) sono invece presenti testimonianze dell'intenso vulcanismo a carattere ignimbrítico e composizione riodacitica sempre del Permo-Carbonifero.

Nel Mesozoico, la Sardegna si presentava come una vasta area cratonica relativamente stabile e parzialmente sommersa dal mare, dove si instaurano le condizioni che portano alla formazione di potenti successioni sedimentarie carbonatiche di ambiente marino che nel sud dell'isola interessano in modo discontinuo solo limitati settori, attualmente individuabili nell'area costiera del Sulcis-Iglesiente (es: Isola di Sant'Antioco, zona di Porto Pino) e dell'Arburese in

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 16 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

rappresentanza di una originaria maggiore diffusione che trova la sua prosecuzione naturale della Nurra (es.: Capo Caccia e dintorni).

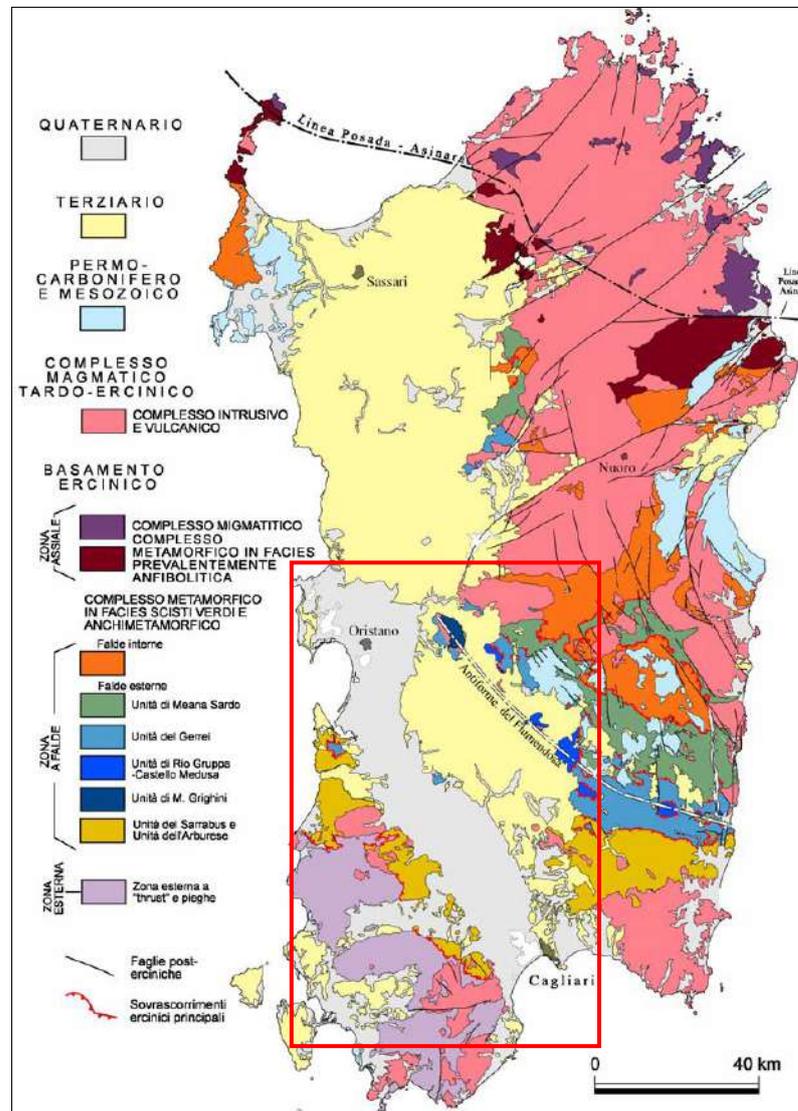


Figura 5.1: Schema geologico-strutturale della Sardegna, il rettangolo di colore rosso indica l'area di indagine.

Durante il Terziario, benché al di fuori della zona orogenica alpina in s.s., l'isola si trova ai margini di due aree caratterizzate da altrettanto importanti fenomeni orogenici che hanno portato alla formazione dei Pirenei e degli Appennini. Nell'Eocene medio infatti, la fase orogenica pirenaica induce nella Sardegna (che allora faceva ancora parte del margine continentale sud-europeo) deformazioni che pongono fine alla sedimentazione marino-paralica (F.ni del Miliolitico e del Lignitifero) attivatasi nel settore sulcitano già a partire dal Paleocene e protrattasi per tutto l'Eocene inferiore determinando, conseguentemente, la messa in posto dei sedimenti detritici fluviali (F.ne del Cixerri) alimentati dal settore pirenaico che si spingono sino all'attuale bordo del Campidano orientale (Villagreca- Monastir-Furtei). Durante la fase collisionale

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 17 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

nord-appenninica la Sardegna è interessata da una tettonica prevalentemente trascorrente (prima transpressiva e successivamente transtensiva) che nell'Oligocene superiore-Aquitano determina l'innesco di un intenso magmatismo a carattere calcoalcalino (sistema arco-fossa) e la formazione di bacini di sedimentazione dapprima continentale evolutasi poi in transizionale e marina, con una diversificazione di facies strettamente connessa con l'evoluzione sin tettonica del margine sud europeo. Nella Sardegna sud-occidentale i depositi corrispondenti, appartenenti al primo ciclo di sedimentazione del bacino oligo-miocenico e individuati con i nomi di F.ne di Ussana, F.ne di Nurallao, F.ne della Marmilla e F.ne dei Calcari di Villagrecia, sono osservabili soprattutto nelle sub-regioni della Marmilla, Trexenta, Parteolla e solo limitatamente nell'Arburese (Arcuentu) spesso associate o precedute da manifestazioni vulcaniche sia subaeree sia sottomarine, mancando del tutto nel Sulcis-Iglesiente.

I depositi magmatici risultano invece particolarmente diffusi nel distretto sulcitano, comprese le isole di San Pietro e San'Antioco e nel settore di Sarroch-Pula. Altre importanti manifestazioni vulcaniche legate a questa fase tettonica sono ben osservabili nel Guspinese-Arburese (Monte Arcuentu) nonché in prossimità dei bordi occidentali e orientali della piana del Campidano (Monastir-Furtei).

Un'interpretazione in chiave di riattivazione distensiva dei lineamenti trascorrenti più antichi (pirenaici?) può essere prospettata anche per la parte sud-occidentale (Iglesiente-Sulcis) della Sardegna. Gli elementi strutturali principali in quest'area sono costituiti da due bassi strutturali allungati in direzione E-W, che da S verso N sono: il Bacino di Narcao e la Fossa del Cixerri. I bassi strutturali sopra descritti, un tempo interpretati come propagazioni laterali della "Fossa sarda", sono attualmente considerati dagli Autori come sinclinali di crescita sviluppatesi all'interno di una zona compresa tra due faglie trascorrenti destre orientate NW che, come accennato in precedenza, non contengono testimonianze della sedimentazione oligo-miocenica.

Il collasso gravitativo dell'Orogene nord-appenninico durante la fine dell'Aquitano ed il Burdigaliano, porta all'instaurarsi di una tettonica estensionale che conduce ad un importante fase di rifting (già di impostazione oligocenica), che favorì la separazione e la migrazione verso Sud-Est del blocco Sardo-Corso dal Margine Sud-Europeo e la formazione della "Fossa Sarda" o "rift oligomiocenico sardo" degli Autori. Si tratta di un'estesa depressione tettonica, che dal golfo di Cagliari giunge sino a quello dell'Asinara, sede di una potente sedimentazione prevalentemente marina policiclica caratterizzata dall'alternanza di facies marine-transizionali e continentali che perlomeno sino al Langhiano sono ancora associate al vulcanismo (subacqueo e subaereo) a chimismo calco-alcalino.

Se la fase transpressiva della collisione nord appenninica favorisce l'innesco del primo ciclo di sedimentazione dapprima continentale, evolutosi in transizionale e poi marina entro innumerevoli piccoli bacini che anticipano la formazione della "Fossa Sarda" vera e propria, nel Burdigaliano superiore la deposizione pertanto riprende (2° ciclo) con un complesso arenaceo-marnoso e marnoso (Formazione delle Marne di Gesturi e F. ne delle Argille di Fangario) che perdura sino al Miocene medio (Langhiano) e che trova continuità con i coevi depositi della Sardegna del nord (Sassarese). Limitatamente al settore meridionale dell'isola, la sedimentazione dentro il bacino miocenico sembra localmente interrompersi per poi riprendere nel Serravalliano con una successione detritica di ambiente fluvio-deltizia e marino-litorale (F.ne delle Arenarie di Pirri) che apre il terzo e ultimo ciclo deposizionale miocenico il quale trova conclusione nel Messiniano con la deposizione della serie carbonatica e evaporitica osservabile

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 18 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

nell'areale cagliaritano (F.ne dei Calcari di Cagliari) e nell'oristanese costiero ("Successione carbonatica del Sinis – Capo Frasca").

Nel Pliocene medio, si attiva una nuova importante fase distensiva conseguente all'apertura del Bacino sud-tirrenico che interessa principalmente la parte meridionale del bacino oligo-miocenico sardo riattivando le linee di debolezza NW-SE e N-S e determinando la formazione del "Graben del Campidano". La nuova depressione strutturale che riprende e in parte accentua la geometria del "rift sardo", si associa un intenso vulcanismo effusivo di tipo fissurale a chimismo da basico fino a subalcalino con contestuale emissione di lave basaltiche che portano alla formazione degli edifici vulcanici del Monte Arci e del Montiferro nonché agli spandimenti basaltici attualmente osservabili nel settore di Capo Frasca-Sinis, dell'alto Oristanese, del settore di Mogoro-Uras-Sardara e delle varie Giare della Marmilla.

La prosecuzione dell'attività tettonica distensiva anche nel Pliocene superiore – Pleistocene inferiore determina l'intensa erosione dei settori di bordo strutturalmente in rilievo e la progressiva colmata della depressione tettonica campidanese con prodotti clastici di ambiente continentale fluvio-torrentizio e lacustre. Durante il Quaternario, in conseguenza degli effetti del glacio-eustatismo, si instaurano inoltre processi morfogenetici di versante, che conseguentemente al ringiovanimento orografico determinato dalle variazioni del livello di base dei mari, accentuano la deposizione all'interno del "graben" del Campidano di potenti depositi detritico-alluvionali di conoide derivati dallo smantellamento dei rilievi impostati su rocce paleozoiche, mioceniche e plioceniche costituenti i margini della depressione campidanese.

La strutturazione tettonica conseguente alla fase distensiva plio-quadernaria e i successivi fenomeni di subsidenza attivi nei settori costieri dell'oristanese e cagliaritano, modificano quasi completamente l'originario schema della idrografia superficiale: sono da riportare infatti a questo periodo importanti fenomeni di cattura fluviale con spostamento dei principali assi drenanti di impostazione miocenica nonché la divisione dei bacini idrografici efferenti al Campidano di Oristano e Campidano di Cagliari in virtù della formazione di un nuovo spartiacque nel settore di San Gavino-Sardara.

Tale azione di modellamento morfodinamico del territorio della Sardegna sud-occidentale, perdura per tutto il Pleistocene superiore con depositi di versante e alluvionali che dalle conoidi bordiere migrano verso le aree depocentrali delle varie piane (Campidano, Cixerri, Sulcis, Pula-Sarroch) alternando fasi di terrazzamento a fasi di sovralluvionamento a causa del susseguirsi di fasi glaciali e interglaciali e relativi abbassamenti/innalzamenti del livello del mare.

Nell'Olocene, con l'ultima risalita eustatica del livello marino, prosegue l'attività di colmata alluvionale delle piane nonché fenomeni di terrazzamento determinati da oscillazioni eustatiche minori e la deposizione di discontinue coltri detritiche di versante, eluvio-colluviali e alluvionali attualmente in evoluzione. Sono da ricondurre all'Olocene pertanto le attuali configurazioni della piana costiera dei golfi di Oristano e di Cagliari con l'insieme di zone umide e di pertinenza dei grandi corsi d'acqua del Tirso e del Mannu-Cixerri.

5.2 Rappresentazione cartografica locale

Con riferimento alla cartografia geologica ufficiale in scala 1:25.000 (Carta Geologica di base della Sardegna) disponibile presso il Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali della R.A.S. – 2008, si riporta di seguito l'elenco

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 19 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

delle unità litostratigrafiche in qualche modo interagenti con il tracciato del metanodotto, suddivise per tipologia di deposito, genesi e intervallo temporale, partendo da quelle più recenti. Ciascuna unità viene altresì individuata attraverso la sigla ufficiale, così come riportato nello stralcio cartografico di Figura 5.2.

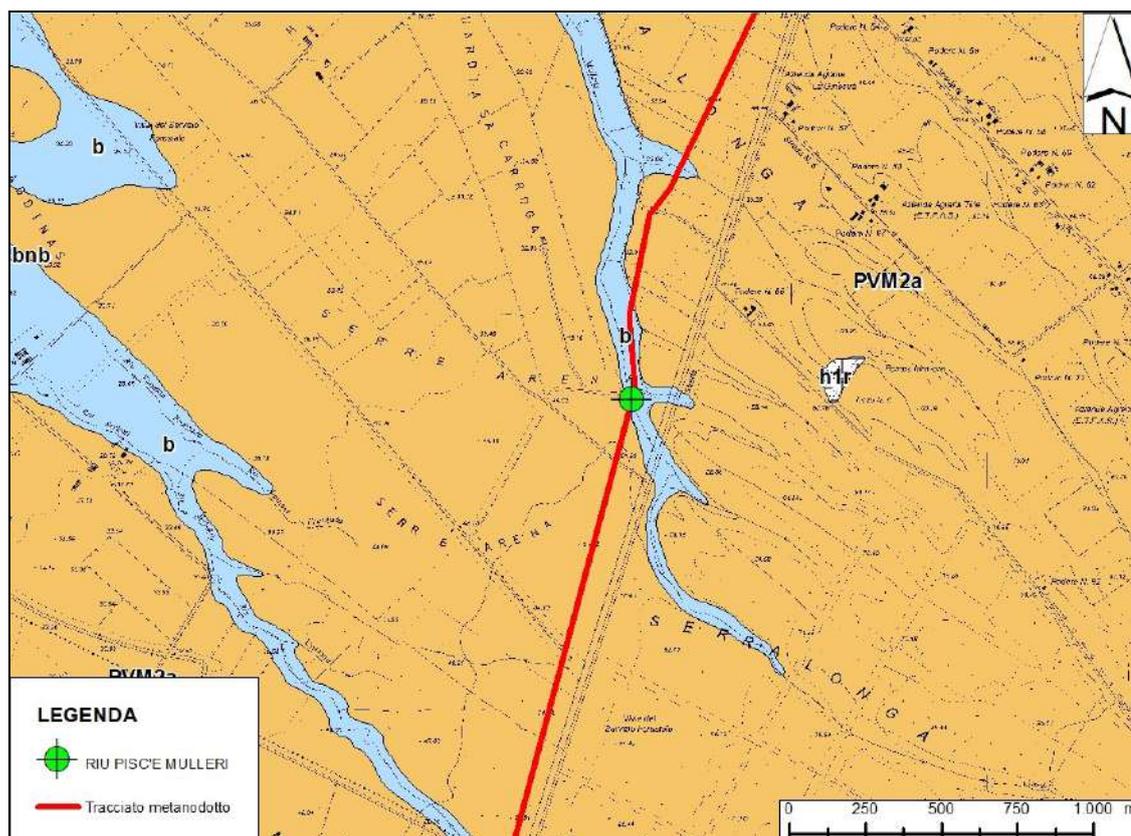


Figura 5.2: Stralcio della carta geologica della Sardegna in scala 1:25.000, con indicata l'area in esame.

Unità litostratigrafiche:

- Depositi antropici (h1r) Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE
- Depositi alluvionali. (b) OLOCENE
- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso. (PVM2a) Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP.

5.3 Caratteri litologici e geomorfologici locali

Il margine orientale del Campidano di Oristano è delimitato dal complesso vulcanico del Monte Arci (UCU), la cui genesi è legata alla tettonica distensiva plio-pleistocenica connessa all'apertura del Bacino Sud-Tirrenico, che riattivando le linee di debolezza oligo-mioceniche porta all'instaurarsi di un vulcanismo di tipo fissurale e alla contestuale emissione di lave basaltiche. Il rilievo vulcanico del Monte Arci alimenta una vasta area a conoidi detritico-alluvionali, con spessori che a tratti raggiungono i 150 m.

Nell'area in studio affiorano i potenti depositi alluvionali terrazzati pleistocenici dell'area

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 20 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

continentale (PVM2a) costituiti da ghiaie grossolane sino alla taglia dei blocchi, a matrice sabbiosa e sabbioso-limoso, con intercalate lenti e/o strati limoso-argillosi e ghiaie in matrice sabbiosa. Il grado di addensamento di questi depositi è generalmente elevato. Molto marcata è l'interazione con i depositi alluvionali trasportati dal reticolo idrografico attuale (b) costituiti da sedimenti eterometrici e poligenici di ambiente essenzialmente fluvio-torrentizio

L'attraversamento del Riu Pisc'e mulleri, così come riportato nello stralcio della carta geologica di Figura 5.2, insiste sull'unità litostratigrafica rappresentata dai depositi alluvionali olocenici (b).

La porzione di tracciato interessata dall'attraversamento ricade all'interno dell'Unità Idrografica Omogenea del Mannu di Pabillonis – Mogoro che si estende su una superficie 1710,25 km² con un perimetro di 287,22 km. Il bacino del Riu Mogoro Diversivo si estende su un'area di 590,01 km². Si tratta di un bacino collinare compreso tra i rilievi rocciosi che culminano nella punta Trebina Longa a ovest e nella Giara di Gesturi. Il substrato è costituito essenzialmente da arenarie e conglomerati terziari, con locali affioramenti di lave basaltiche.

Il progressivo approfondimento del Graben del Campidano e il contestuale sviluppo dell'edificio vulcanico del Monte Arci portano al ringiovanimento del reticolo idrografico e alla formazione di potenti depositi di conoide alluvionale che si estendono per diversi chilometri nella piana del Golfo di Oristano dominata dai processi morfodinamici del Tirso e della sua foce. I versanti del Monte Arci sono dominati dalle conoidi detritico-alluvionali del Subsistema di Portovesme (PVM2a) caratterizzate nella parte apicale da pendenze comprese tra 11-35% e tra 0-5% nella parte distale.

L'area dell'attraversamento si caratterizza per una morfologia debolmente inclinata verso NW con pendenze comprese tra 0-10%. Nell'area, allo stato attuale, non si rileva la presenza di processi morfodinamici attivi.

5.4 Caratteri idrogeologici locali

Nel settore che contorna gli abitati di Oristano, Santa Giusta e Palmas l'assetto idrogeologico è caratterizzato dalla presenza di due acquiferi, uno superficiale e uno profondo. L'acquifero superficiale, di tipo freatico, è impostato sui depositi alluvionali attuali e nelle sabbie litorali oloceniche, per lo più alimentato dalle acque meteoriche oltre che dall'interazione con i corsi d'acqua che insistono sul territorio.

L'acquifero è delimitato alla base da uno strato di argille lagunari che raggiunge la superficie topografica in corrispondenza della Laguna di Sassu e si approfondisce verso la costa fino alla profondità di circa 25 m da p.c.; lo spessore dello strato impermeabile è di circa 25-30 m. L'andamento delle isofreatiche mostra nel settore nord-orientale della piana, un'alimentazione della falda ad opera del Tirso, mentre nel settore occidentale le isofreatiche evidenziano un drenaggio da parte del corso d'acqua. Il gradiente idraulico, mediamente del 1,2 ‰, conferma una buona omogeneità dell'acquifero anche se si registrano locali eccezioni.

L'acquifero profondo, di tipo multistrato, è impostato sui prodotti alluvionali pleistocenici ed ha una permeabilità più o meno bassa. Lo spessore massimo di questo acquifero può essere dedotto dalla stratigrafia del pozzo Oristano 1 che indica la profondità del basamento vulcanico a circa 300 m sotto la successione quaternaria. L'andamento dei deflussi profondi ha una direzione Sud-Est/Nord-Ovest in direzione dello Stagno di Santa Giusta.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 21 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

Le prove di portata condotte indicano valori di permeabilità K dell'acquifero compresi tra un minimo di $3,8 \times 10^{-4}$ e un massimo di $1,2 \times 10^{-5}$ m/s. Si ritiene che sia gli acquiferi superficiali che quelli profondi siano alimentati dall'area pedemontana del Monte Arci.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 22 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

6 ANALISI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI BASE

6.1 Caratterizzazione idrologica

Il Riu Pisc'e Mulleri è un affluente del Rio Zeddiani in cui confluisce circa 2,5 Km a valle dopo l'intersezione con il metanodotto in progetto.

Questo corso d'acqua è stato studiato idraulicamente durante la redazione dello studio di compatibilità idraulica e geologico geotecnica estesa a tutto il territorio comunale, effettuata dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle NA del PAI ed approvata in consiglio comunale con delibera n° 5 del 27/04/2016.

Il Riu Pisc'e Mulleri fa parte del bacino idrografico del Riu Merd'e Cani, corpo ricettore di una serie di corsi d'acqua che si immettono su di esso in buona parte provenienti dal sistema del Monte Arci, in particolare oltre che tramite il *Riu Zeddiani* che a sua volta raccoglie le acque del *Riu Tumboi* (Arci parte Villaurbana) e prima ancora dei rii *Mellas*, *Mellas 2* e *Pisc'e mulleri* sul quale afferiscono *Roiedda Serralonga* e *Tiria 6*.

I corsi d'acqua in questione presentano medesime caratteristiche di fondo: l'origine montana, il percorso per lunghi tratti articolato nei caratteristici canali e le intersezioni con la rete viaria pedemontana oltre la quale cambia la pendenza del piano di scorrimento. Sono corsi d'acqua naturali, talvolta oggetto di interventi puntuali di sistemazione idraulica.

In base ai dati forniti dal citato studio, le caratteristiche morfologiche, fisiografiche e altimetriche del sub-bacino sotteso dalla sezione di interesse possono essere così sintetizzate:

Quota minima sezione di chiusura (m s.l.m.)	H_0	19,8
Quota media del bacino (m s.l.m.)	H_m	73,0
Quota massima del bacino (m s.l.m.)	H_{max}	200,00
Superficie bacino sotteso (km ²)	A	5,16
Pendenza media dell'asta (%)	i	3,1

6.2 Stima della portata di piena di riferimento

Dallo studio idraulico precedentemente citato sono stati ricavati i parametri idraulici di riferimento.

Il sito di attraversamento Rio Zeddiani da parte del Metanodotto Cagliari – Palmas Arborea risulta compreso tra le sezioni idrauliche denominate rispettivamente R.Pis_Mul. A 2090 e R.Pis_Mul. A 2293 (Figura 6.1), le portate sono state calcolate tra 3,82 e 9,70 m³/s per i vari tempi di ritorno.

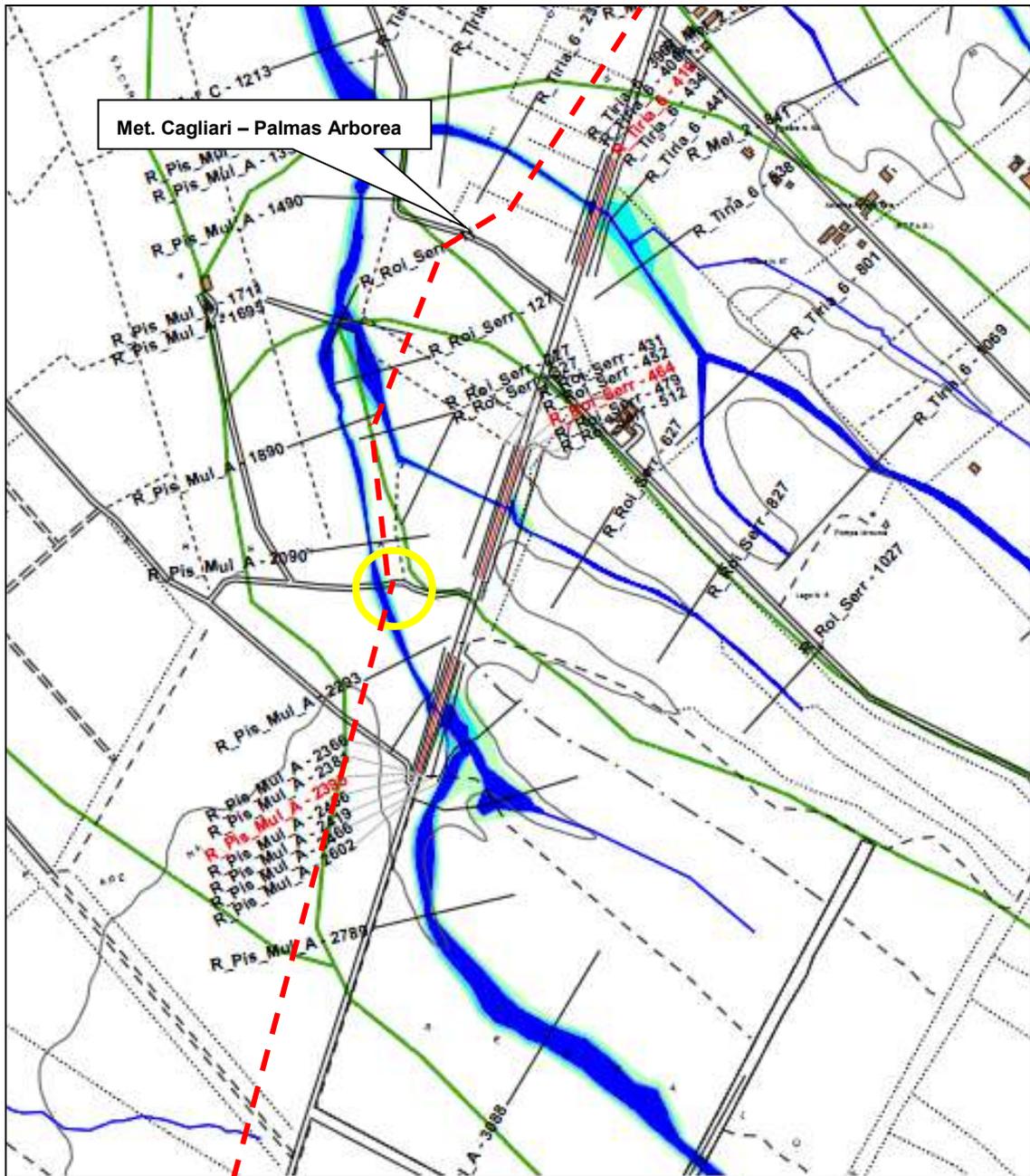


Figura 6.1: Stralcio della tavola I.4.1 (studio di Compatibilità Idraulica comune di Palmas Arborea), con indicato in rosso tratteggiato il metanodotto in progetto.

Le simulazioni idrauliche condotte evidenziano come la sezione idraulica non sia sufficiente a contenere portate di massima piena anche con tempi di ritorno T_r 50 anni, l'allagamento si estende al di fuori dell'alveo inciso per circa 5 metri in sinistra e 10 metri in destra idraulica

Le correnti di piena defluiscono con valori medi di velocità ridotti e comunque compresi tra 1,49 e 2,87 m/sec..

Al fine di eseguire alcune determinazioni progettuali riguardanti le modalità esecutive dell'attraversamento, per la stima della portata al colmo, utile per valutazioni idrauliche

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 24 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

preliminari, sono state assunti i risultati delle elaborazioni riferibili alla sezione R.Pis_Mul. A 2090 e R.Pis_Mul. A 2293 precedentemente descritte. Si è ritenuto significativo, in ragione della natura dell'intervento, porre a fondamento delle analisi tempo di ritorno $T_r = 200$ anni.

Nella sezione di riferimento, in particolare, le condizioni di deflusso considerate sono associate a portata pari a $31,85 \text{ m}^3/\text{s}$, i risultati della modellazione sono riassunti nella successiva tabella, estratta integralmente dal citato studio ai sensi dell'Art. 8 comma 2 del comune di Palmas Arborea, ove sono riportati i valori calcolati delle seguenti grandezze:

- Q, valore della portata al colmo (m^3/s);
- "Fondo alveo", quota di fondo alveo (m s.l. m.);
- "Pelo Libero", Quota della massima piena per tempi di ritorno $T_r = 200$ anni;
- v, velocità media nella sezione di deflusso (m^2/s);
- A, area della sezione bagnata (m^2).

Riu Pisc'e Mulleri Tr=200 anni					
ID Sezione [-]	Q (m^3/s)	Fondo Alveo (m slm)	Pelo Libero (m slm)	Velocità media della corrente nella sezione (m/s)	Flow Area (m^2)
2293	7,12	32,83	33,54	2,61	3,61
2090	7,12	28,91	30,29	1,78	4,02

Non essendo disponibile il DTM passo 1 metro, per la zona di attraversamento, come quota fondo alveo è stata assunta quella corrispondente alla sezione idraulica R. Pisc_Mul. A-2293 immediatamente a monte della sezione di attraversamento considerata.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 25 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

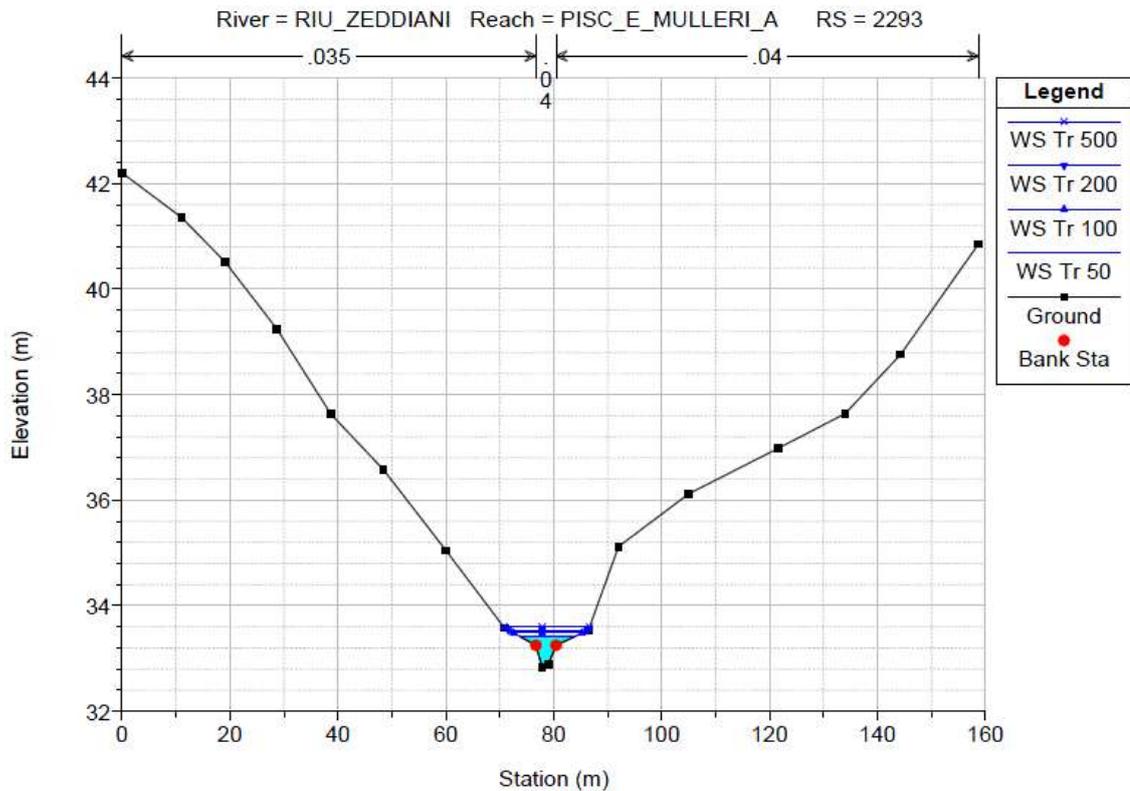


Figura 6.2: Stralcio sezione idraulica R. Pisc_Mul. A-2293, fonte Art. 8 Comma 2 del comune di Palmas Arborea

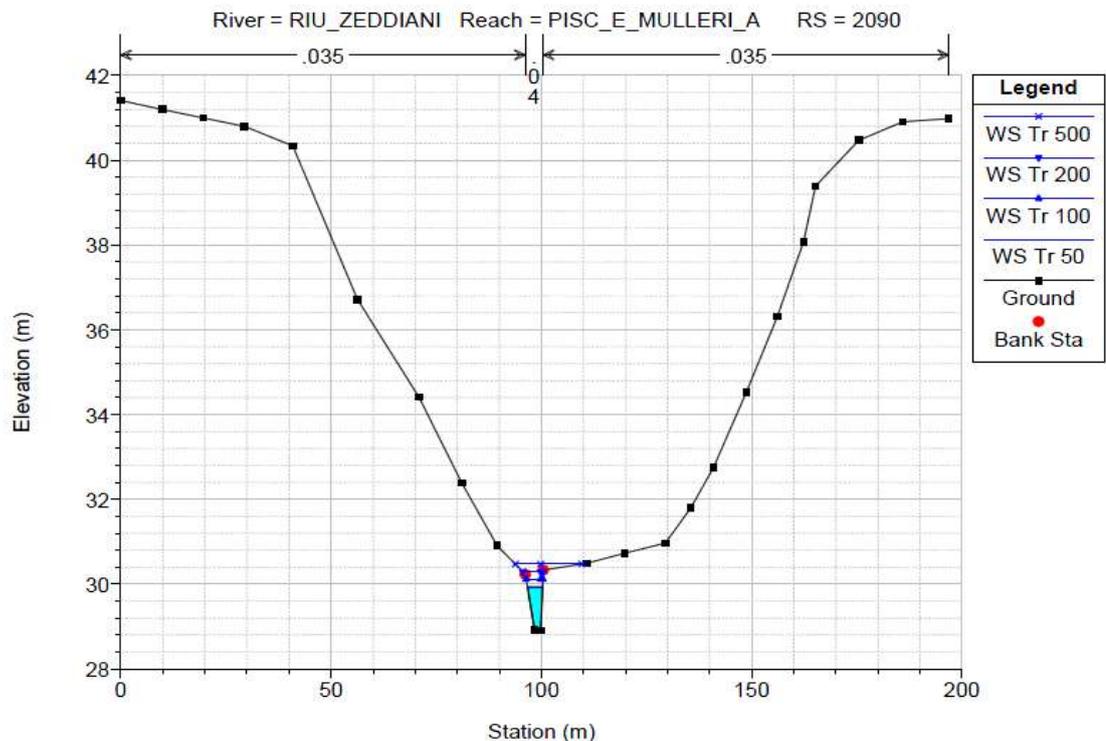


Figura 6.3: Stralcio sezione idraulica R. Pisc_Mul. A-2090, fonte Art. 8 Comma 2 del comune di Palmas Arborea

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 26 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

In base al valore di portata e tenuto conto dei principali parametri del deflusso di piena, le valutazioni idrauliche preliminari, tese a valutare i potenziali fenomeni erosivi, possono essere condotte ricorrendo a formulazioni cautelative che non tengono conto del fenomeno di esondazione, essendo fondate solo sulla effettiva geometria dell'alveo, delimitato entro i limiti di sponda e/o d'argine appositamente rilevati.

6.3 Valutazioni idrauliche preliminari

Ai fini di progettazione del metanodotto, occorre predeterminare le condizioni di approfondimento della tubazione interrata, fermi restando specifici valori minimi. Nel caso dell'attraversamento di corsi d'acqua, si ricorre a formulazioni estremamente cautelative, atte alla valutazione delle eventuali erosioni localizzate del letto e dei potenziali fenomeni di escavazione in alveo; in modo che un eventuale approfondimento, rispetto alla quota minima iniziale del fondo, non possa interessare la tubazione stessa. A tal fine, specificatamente in virtù dei modelli conservativi utilizzati², può non essere necessario determinare aspetti di dettaglio, quali la velocità e la tensione tangenziale della corrente al fondo alveo, e le caratteristiche del materiale che ne forma il letto.

Tali modelli permettono di valutare se lo spessore del materiale di rinterro, adeguatamente costipato, pur non alterando le originarie condizioni di permeabilità, risulta idoneo a garantire dai potenziali fenomeni erosivi. Quando risulta opportuno garantire una adeguata protezione dell'alveo interessato dagli scavi "a cielo aperto", può essere previsto l'utilizzo di massi o pietrame naturale, per costituire parte del rinterro e/o il rivestimento del fondo e delle sponde.

In quest'ottica di verifica preliminare degli effetti idraulici delle piene, ci si rifà agli studi³ di Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare alle possibili escavazioni un valore cautelativo, pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata (in particolare, venne dimostrato che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica). Una generalizzazione prudenziale, proposta in Italia, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena⁴. Pertanto, una stima del tutto cautelativa della profondità delle potenziali escavazioni del fondo (Z) è data, in corrispondenza di una assegnata sezione, in ragione del 50% del battente idrometrico di piena (h_0):

$$Z = 0,5 \cdot h_0$$

Nel caso in cui l'evento di piena implichi esondazioni oltre l'alveo inciso, sulla base di considerazioni proprie degli idrogrammi sperimentali correlati ai relativi modelli sperimentali e di considerazioni connesse alla morfologia delle aree di esondazione, il battente idraulico è assunto pari a 1,05 | 1,10 volte la profondità dell'alveo, rilevata nella geometria della sezione; ovvero $Z = 0,55 h_a$, con h_a dislivello tra la sommità di sponda o d'argine e la massima incisione.

² D'Alberto D. et Alii., "Crossing debris flow areas", in Pipeline technology journal, May 2016.

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

⁴ Vollo L., "L'aratura di fondo nell'alveo dei fiumi durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXIX; Milano, 1952. Zanovello A., "Sulle variazioni del fondo degli alvei durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXXV; Milano, 1959.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 27 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

Per quanto attiene alla formazione di buche ed approfondimenti locali, le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano il fenomeno stesso. In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5 cm, i valori raggiungibili dalle suddette erosioni sono generalmente indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5 cm, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la profondità dell'erosione. In termini "qualitativi", per determinare un valore cautelativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo, indipendentemente dal diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena, tra i modelli disponibili (Schoklitsch, Eggemberger, Adami), la formula di Schoklitsch⁵ è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici e determina un valore medio rappresentativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo:

$$S = 0,378 \cdot H^{1/2} \cdot q^{0.35} + 2,15 \cdot a$$

dove

- S è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota media del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- $H = h_0 + v^2/2 \cdot g$ rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- $q = Q_{Max} / L$ è la portata specifica per unità di larghezza L della corrente di piena in alveo;
- a è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca ed è assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base del dislivello locale del fondo alveo, in corrispondenza della massima incisione, relativo ad una lunghezza pari all'altezza idrica massima ivi determinata.

Il riferimento geografico dell'attraversamento è:

X UTM	Y UTM
473797,5193	4411259,0692

Non essendo disponibile il DTM passo 1 metro, per la zona di attraversamento, come quota fondo alveo in corrispondenza dell'attraversamento del metanodotto in progetto, è stata assunta la quota estratta dalla sezione R. Pisc_Mul. A-2293 prossima all'attraversamento del corso da parte del metanodotto, pari a .32,80 m slm.

In alvei di pianura, a bassa pendenza longitudinale ed a sezione larga, aventi condizioni di scabrezza ordinaria ed in assenza di ostruzioni, se l'altezza idrica della corrente di piena risulta più elevata dei margini sommitali della sezione geometrica d'alveo, si può assumere $H = 1,20 \cdot h_a$; con h_a in precedenza definito.

Nel caso di interesse è acclarato che la portata di massima piena assunta quale riferimento di calcolo, associata a tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, può non essere contenuta in alveo e generare fenomeni di esondazione; in tali circostanze i modelli descritti sono certamente applicabili, dando luogo a verifiche caratterizzate da adeguati margini di sicurezza, anche per portate superiori.

⁵ Schoklitsch A., „Stauraum Verlandung und kolkbewehr“; Springer ed., Wien, 1935.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 28 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

Pertanto, assumendo ai fini di calcolo $Q_{Max} = 7,12 \text{ m}^3/\text{s}$, in base alla geometria della sezione di attraversamento, si determina:

quota di contenimento nella sezione	33,3 m slm
quota della massima incisione	32,8 m slm
h_a	0,5 m
Z = 0,28 m	
pendenza locale in corrispondenza della sezione	1,93 %
H	0,6 m
a	0,03 m
larghezza idrica in sommità della sezione L	1,5 m
Q_{Max}	7,12 m^3/s
q	4,75 $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$
S = 0,57 m	

Pertanto si stimano approfondimenti potenziali pari a circa 0,57 m.

Sulla base delle valutazioni speditive condotte, valide in condizioni di fondo mobile, totalmente incoerente, e già comprendenti opportuni fattori di sicurezza, risulta ampiamente cautelativa la copertura minima di 1,5 metri progettualmente imposta per scavo su terreni.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 29 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

7 CONCLUSIONI

La realizzazione del metanodotto Cagliari – Palmas Arborea, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del Riu Pisc'e Mulleri a monte della sua confluenza con il Rio Zeddiani.

Il tronco del corso d'acqua interessato dell'intervento risulta perimetrato in base alle elaborazioni idrauliche dello studio di compatibilità idraulica effettuato dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art 8 comma 2 delle NA del PAI ed approvato in consiglio comunale con Delibera n. 5 del 27/04/2016 e per il quale vigono le norme di salvaguardia, e ad esso sono associate condizioni di pericolosità idraulica Hi4.

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, è stata determinata la soluzione di progetto idonea per la collocazione in sub-alveo della tubazione, mediante la tecnica esecutiva di posa con scavo a cielo aperto, con immediato ripristino della situazione dei luoghi.

Presupposti di compatibilità idraulica

Conformemente a quanto stabilito dagli strumenti di pianificazione territoriale, gli interventi previsti dal progetto del metanodotto sono tali da garantire la conservazione delle funzioni e del livello naturale del corso d'acqua.

- L'attraversamento dell'alveo e delle aree di pertinenza sarà eseguito mediante posa a profondità compatibile con la dinamica fluviale, ma comunque con un franco minimo di ricoprimento pari a 1,50 metri. Non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno delle perimetrazioni.
- La costruzione del metanodotto rientra nel quadro generale del programma di distribuzione del gas naturale nella Regione Sardegna. È opera di interesse pubblico, essenziale per la funzione ad essa deputata e non diversamente localizzabile nelle sue linee generali; ciò in quanto il relativo progetto scaturisce dal confronto tra tutti i fattori condizionanti che caratterizzano i possibili corridoi di posa del metanodotto, sia in termini ambientali sia in termini esecutivi e, di conseguenza, identifica i siti di attraversamento dei corsi d'acqua in funzione delle esigenze di ottimizzazione del tracciato, nel rispetto del complesso dei vincoli cui il progetto stesso è assoggettato.
- Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, la configurazione geometrica della pipeline nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è tale da non precluderne l'esecuzione.
- Con riferimento alle Norme di attuazione del PAI Sardegna, l'intervento è progettato in modo da corrispondere alla tipologia di opere consentite in aree classificate a rischio idraulico.

Modalità esecutive

I lavori consisteranno essenzialmente nella posa della tubazione mediante scavo di trincea a cielo aperto. Saranno eseguiti in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua; l'intervento non apporterà restringimenti,

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 30 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

deviazioni dell'asta e modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, infatti, previsti idonei ripristini degli elementi spondali interessati e tutte le profilature saranno ristabilite con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali. Apposite attività consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Nello specifico:

- dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del Riu Pisc'e Mulleri, non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità;
- ovviamente, non si darà luogo ad alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle;
- anche durante le fasi lavorative, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori;
- la profondità di posa della tubazione in sub-alveo risulta pienamente commisurata all'esigenza di tutelare la tubazione stessa da eventuali fenomeni erosivi del fondo alveo, indotti dalla portata di massima piena duecentennale, e garantisce l'equilibrio del sistema di forze gravitative e idrauliche, permettendo di escludere qualsiasi interferenza tra tubazione e flusso della corrente.

Considerazioni conclusive

In ragione delle scelte progettuali e del sistema d'attraversamento, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni conclusive.

- *Assenza di modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo.* L'intervento non induce modifiche all'assetto morfologico dell'alveo inciso, sia dal punto di vista planimetrico sia altimetrico, garantendo il mantenimento delle caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.
- *Assenza di modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.* Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata con ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), non sarà determinato alcun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.
- *Assenza di riduzione della capacità d'invaso.* Le modalità esecutive previste non creeranno 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 sottrarranno capacità d'invaso.
- *Assenza di alterazione delle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.* Le modalità esecutive previste sono tali da non indurre effetti impattanti con il contesto naturale della regione fluviale, che possano pregiudicare in maniera "irreversibile" l'attuale assetto paesaggistico. Condizioni d'impatto sono limitate alle sole fasi di costruzione e per questo destinate a scomparire nel tempo, con la ricostituzione delle componenti naturalistiche ed ambientali.

In sintesi, l'intervento in progetto può ritenersi compatibile con le misure stabilite dagli strumenti di tutela dei corpi idrici e dal PAI Sardegna, sia per la natura dell'opera sia

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 26 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 31 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

per gli accorgimenti esecutivi previsti.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 1 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

METANIZZAZIONE REGIONE SARDEGNA TRATTO SUD

METANODOTTO CAGLIARI – PALMAS ARBOREA
DN 650 (26") - DP 75 bar

ATTRAVERSAMENTO FIUME 21100 (Localmente noto Riu Tiria)

RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

0	Emissione	F. CALLAI F.FANELLI	M.FORNAROLI	V.FORLIVESI O.CORDA	29/06/2018
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 2 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Oggetto della relazione	3
1.2	Elaborati progettuali di riferimento	3
1.3	Definizioni	4
1.4	Normativa di Riferimento	5
2	PAI. DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA	6
3	AMMISSIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LE PREVISIONI DEL PAI	9
4	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	12
5	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	15
5.1	Lineamenti geologici e strutturali generali	15
5.2	Rappresentazione cartografica locale	18
5.3	Caratteri litologici e geomorfologici locali	19
5.4	Caratteri idrogeologici locali	20
6	ANALISI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI BASE	21
6.1	Caratterizzazione idrologica	21
6.2	Stima della portata di piena di riferimento	21
6.3	Valutazioni idrauliche preliminari	25
7	CONCLUSIONI	28

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 3 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto della relazione

La realizzazione del metanodotto Cagliari – Palmas Arborea, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del corso d'acqua "Fiume 21100" (localmente noto come Riu Tiria), nel territorio del Comune di Palmas Arborea, nella provincia di Oristano.

L'identificazione nominale "Fiume 21100", è data in base al reticolo idrografico della Regione Autonoma della Sardegna disponibile nel Data Base Multiprecisione (DBMP).

L'ottimizzazione planimetrica del tracciato e il profilo di posa della tubazione attraverso l'alveo del corso d'acqua sono stati individuati in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico e idraulico. Tali valutazioni, basate su apposite indagini eseguite, hanno dato modo di acquisire le necessarie conoscenze sulle caratteristiche di dettaglio del corridoio individuato dal tracciato in progetto e sulle condizioni di stabilità delle aree da attraversare, ivi compreso il corso d'acqua di interesse. Gli aspetti idraulici e idrologici sono stati contemplati in conformità ai dati ed alle informazioni rese disponibili dagli strumenti di pianificazione territoriale di settore.

Nella presente relazione, in particolare, sono descritte le analisi condotte per la valutazione delle condizioni di compatibilità idraulica dell'attraversamento in sub-alveo e le relative conclusioni. Difatti, il tronco di diretto interesse del corso d'acqua ricade in zona perimetrata come area a pericolosità idraulica, nello specifico l'area è stata perimetrata successivamente all'evento alluvionale del 18/11/2013 denominato "Cleopatra", le stesse perimetrazioni sono state confermate dallo studio Idraulico eseguito dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle norme di attuazione del PAI¹. Tale strumento di pianificazione territoriale, all'art. 21, stabiliscono, in linea generale, che le attività di progettazione di infrastrutture a rete o puntuali siano tali da garantire che gli interventi "conservino le funzioni e il livello naturale dei corsi d'acqua; non creino in aree pianeggianti impedimenti al naturale deflusso delle acque; prevedano l'attraversamento degli alvei naturali ed artificiali e delle aree di pertinenza da parte di condotte in sotterraneo a profondità compatibile con la dinamica fluviale". Oltre ciò il citato strumento di pianificazione locale stabilisce norme specifiche per gli interventi ammessi nelle aree identificate come soggette a pericolosità idraulica. La presente relazione tende a fornire, pertanto, la verifica di tale complesso di prescrizioni.

In relazione alle analisi condotte, è stato anche possibile stimare, in via preliminare, la profondità minima di posa della tubazione affinché sia tale da garantirne la sicurezza nei riguardi degli effetti erosivi che potrebbero verificarsi sul fondo d'alveo.

1.2 Elaborati progettuali di riferimento

Per le caratteristiche progettuali dell'attraversamento, comprendenti le specifiche geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa della stessa, nonché gli elementi tipologici e dimensionali dell'intervento previsto, la presente relazione ha riferimento negli elaborati di seguito elencati:

¹ Regione Autonoma della Sardegna, Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna; "Piano assetto idrogeologico. Norme di attuazione"; Testo coordinato, Febbraio 2018.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 4 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

- MET. CAGLIARI PALMAS ARBOREA DN 650 (26") - PLANIMETRIA "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PERICOLOSITÀ IDRAULICA" 1:10.000, PG PAI 103.

A tali elaborati si rimanda per quanto non espressamente descritto nella presente relazione e per ogni correlato approfondimento.

1.3 Definizioni

Metanodotto

Accezione convenzionale associata ad una specifica tipologia di gasdotto, che identifica una condotta di considerevole importanza per il trasporto del gas tra due punti di riferimento. È designato con i nomi dei comuni o delle località dove l'opera ha origine e fine, e in relazione alla finalità del trasporto.

Linea o Condotta

Insieme di tubi, curve, raccordi, valvole ed altri pezzi speciali, uniti tra loro per il trasporto del gas; a sviluppo interrato ma comprensiva di parti fuori terra.

Punti di intercettazione

In accordo alla normativa vigente (DM 17.04.08), la condotta sarà sezionabile in tronchi mediante apparecchiature di intercettazione (valvole) denominate:

- Punto di intercettazione di derivazione importante (PIDI) che, oltre a sezionare la condotta, ha la funzione di consentire sia l'interconnessione con altre condotte, sia l'alimentazione di condotte derivate dalla linea principale;
- Punto di intercettazione di linea (PIL), che ha la funzione di sezionare la condotta interrompendo il flusso del gas;

"Pig" di ispezione

Strumento costituito da affusto metallico, dischi di poliuretano, induttori e sensori, avente la funzione di rilevare, localizzare e dimensionare le caratteristiche della condotta.

Stazione di lancio e/o ricevimento "pig"

Area recintata contenente un complesso di dispositivi idonei al lancio e/o ricevimento dei "pig".

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 5 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

1.4 Normativa di Riferimento

Per quanto di seguito descritto, in relazione alla progettazione dell'opera ed alle analisi di compatibilità condotte, si ha riferimento negli strumenti normativi e documenti tecnici di seguito elencati.

Criteri generali di progettazione del metanodotto

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

Pianificazione territoriale di settore

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale, PAI Sardegna, redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge 180/1998, approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006. Norme di attuazione testo coordinato "Febbraio 2018";
- Piano di gestione del rischio di alluvioni, redatto in recepimento della direttiva 2007/60/CE e del relativo D.Lgs. 23/02/2010 n. 49, predisposto, revisionato e aggiornato dall'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016,
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) - adottato in via definitiva dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013;
- STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA E GEOLOGICA-GEOTECNICA DEL TERRITORIO AI SENSI DEGLI ARTICOLI 4, 8 E 26 DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL P.A.I., adottato con delibera del Consiglio Comunale di Palmas Arborea n. 5 del 27.04.2016.

Aspetti generali di carattere ambientale e idraulico

- D.Lgs. 03/04/2006 n.152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- D.Lgs. 23/02/2010 n. 49. Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- R.D. 11/12/1933, n. 1775 e ss.mm.ii. Testo unico delle disposizioni sulle acque e sugli impianti elettrici.
- L. 05/01/1994 n.37. Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche.
- D.Lgs. 22/01/2004 n. 42 e ss.mm.ii. Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n.137.

Aspetti geotecnici

- D.M. Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», emesse ai sensi delle leggi 05/11/1971, n. 1086, e 02/02/1974, n. 64, riunite nel "Testo Unico per l'Edilizia" di cui al D.P.R. 06/06/2001, n. 380, e dell'art. 5 del Decreto Legge 28/05/2004, n. 136, convertito in Legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004, n. 186 e ss.mm.ii.
- UNI EN 1997-1, Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 6 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

2 PAI. DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA

Con deliberazione n. 45/57 in data 30.10.1990, la Giunta Regionale suddivide il Bacino Unico Regionale in sette Sub-Bacini, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque) redatto nel 1987.

L'intero territorio della Sardegna è suddiviso in sette sub-bacini, ognuno dei quali, pur con forti differenze di estensione territoriale, è caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche.

Sulla base di questa suddivisione, il tracciato del Matanodotto tratto Sud interessa il Sub-Bacino 2 "Tirso", il Sub-Bacino 7 "Flumendosa – Campidano - Cixerri" ed il Sub-Bacino 1 "Sulcis". (Figura 2.1)

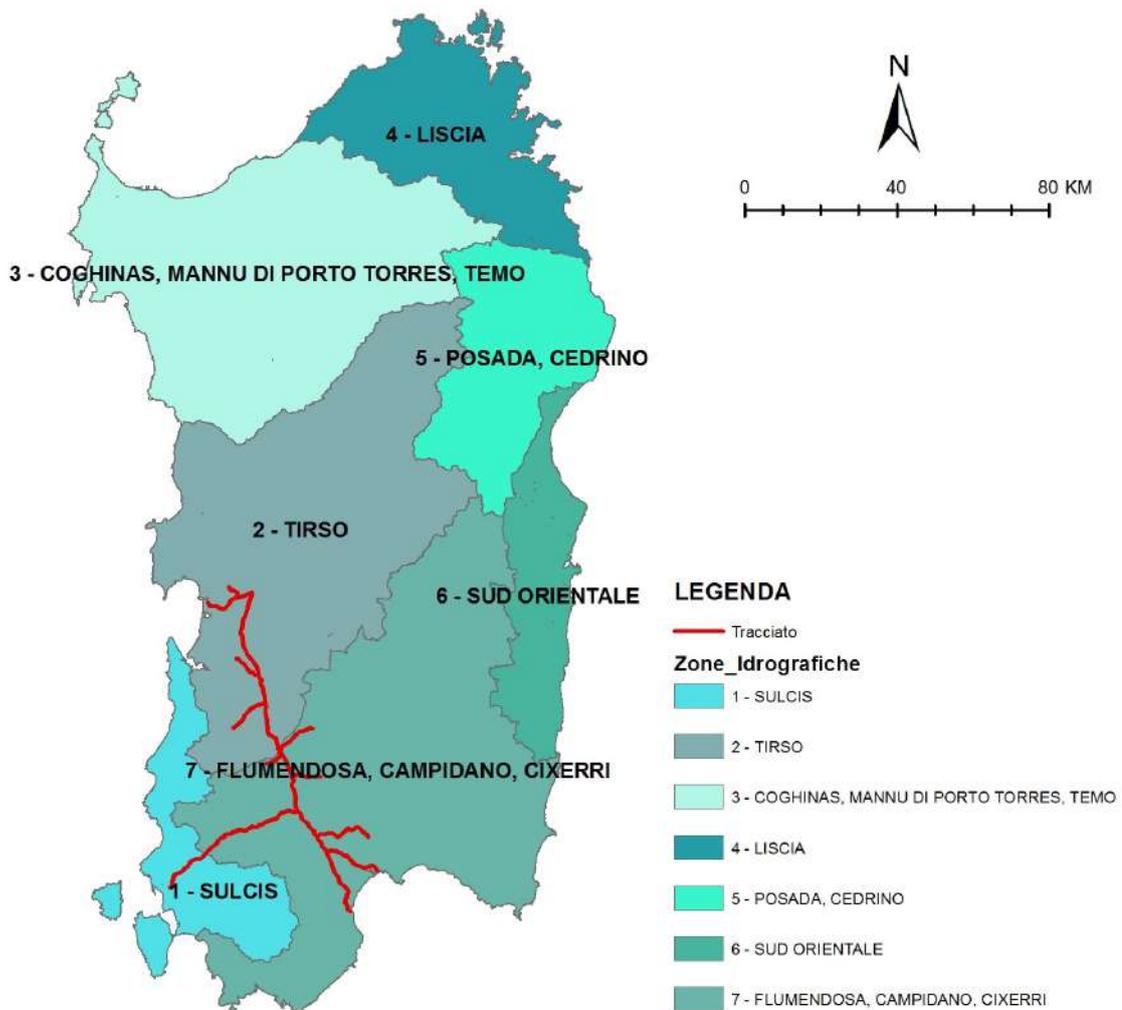


Figura 2.1: Suddivisione del territorio regionale nei 7 in Sub-Bacini, con inserito il tracciato dell'opera in progetto.

In data 11.03.2005 viene pubblicato sul B.U.R.A.S. il Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici n. 3 del 21.02.2005 con il quale è stata resa esecutiva la Deliberazione n.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 7 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

54/33 assunta in data 30.12.2004 dalla Giunta Regionale, in qualità di Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino.

Con tale deliberazione cui è stato adottato il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (in seguito denominato P.A.I.), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998.

In conformità con quanto previsto dalle Norme di Attuazione del P.A.I., Titolo III "Controllo del Rischio nelle Aree di Pericolosità Idrogeologica", Capo I – "Norme Comuni per la disciplina degli Interventi nelle Aree di Pericolosità Idrogeologica", articolo 23 comma 6 lettera b, gli interventi e le opere ammissibili nelle aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media sono effettivamente realizzabili subordinatamente alla presentazione, alla valutazione positiva e all'approvazione dello Studio di Compatibilità Idraulica o Geologica e Geotecnica di cui agli articoli 24 e 25 delle stesse N.d.A. del P.A.I.

Con la pubblicazione del testo coordinato delle N.d.A. del P.A.I. edizione Febbraio 2018, le modifiche apportate all'articolo 21 e nello specifico al comma 2, lo studio di compatibilità idraulica per le opere di attraversamento degli alvei non è richiesto.

Ciò nonostante viene richiesto al soggetto attuatore di sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese le condotte qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico, ragion per cui con il presente studio si intende calcolare lo scalzamento massimo, ovvero, la minima profondità di interrimento del metanodotto in progetto al fine di evitare fenomeni di messa a giorno della condotta dovuti a diversi fenomeni di erosione del fondo alveo.

L'individuazione delle aree a pericolosità idraulica che interferiscono con il tracciato del metanodotto è stata condotta in riferimento alla cartografia del P.A.I. pubblicata dalla R.A.S. sul sito web "SardegnaGeoportale" da cui è possibile scaricare gli shapefile dei dati del DB Unico del S.I.T.R.. Gli shapefile consultati sono: "Pericolo Idraulico Rev.41" e "Art.8 Hi V.09" entrambi caricati sul portale in data 31.01.2018.

L'analisi è stata condotta anche in riferimento alla cartografia Piano di Gestione Rischio Alluvioni (di seguito P.G.R.A.) aggiornata al 2016 che, eseguendo un involucro delle perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate nell'ambito della predisposizione del PAI e sue varianti e di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, aggiornate alla data del 31.12.2016, armonizza è uniforme in un unico elaborato i dati suddetti.

Inoltre la cartografia sopra descritta è stata implementata con il reperimento delle carte di pericolosità idraulica redatte dai singoli comuni ai sensi dell'Art.8 c.2 delle N.d.A. del PAI, per le quali vigono le norme di salvaguardia.

Il risultato finale dell'analisi dei vari strumenti di pianificazione in campo idrogeologico è stata la redazione della cartografia di involucro delle varie pericolosità, considerando per le aree perimetrate da diversi strumenti di pianificazione il livello di pericolosità maggiore (Hi max).

Il corso d'acqua oggetto della presente relazione viene meglio inquadrato nella carta PG PAI 103 - MET. CAGLIARI PALMAS ARBOREA DN 650 (26") - PLANIMETRIA "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PERICOLOSITÀ IDRAULICA" 1:10.000, di cui si riporta di seguito uno stralcio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 8 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

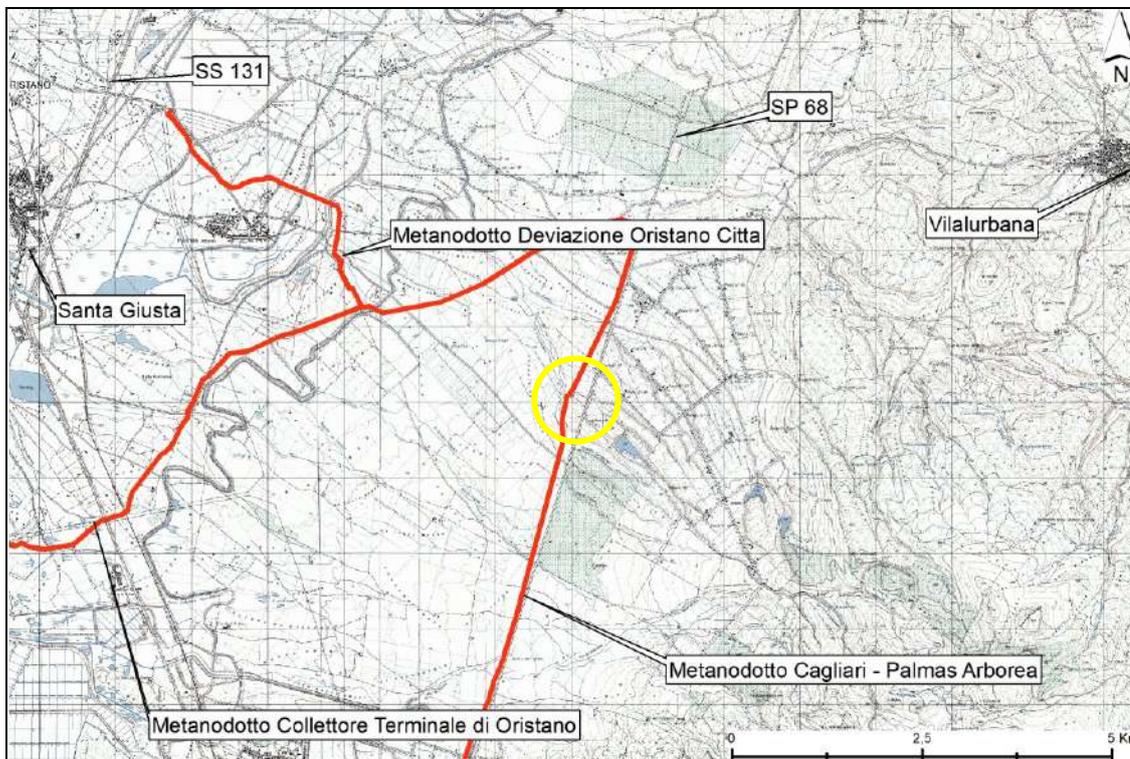


Figura 2.2 : Inquadramento territoriale dell'area in cui avverrà l'attraversamento in sub alveo.

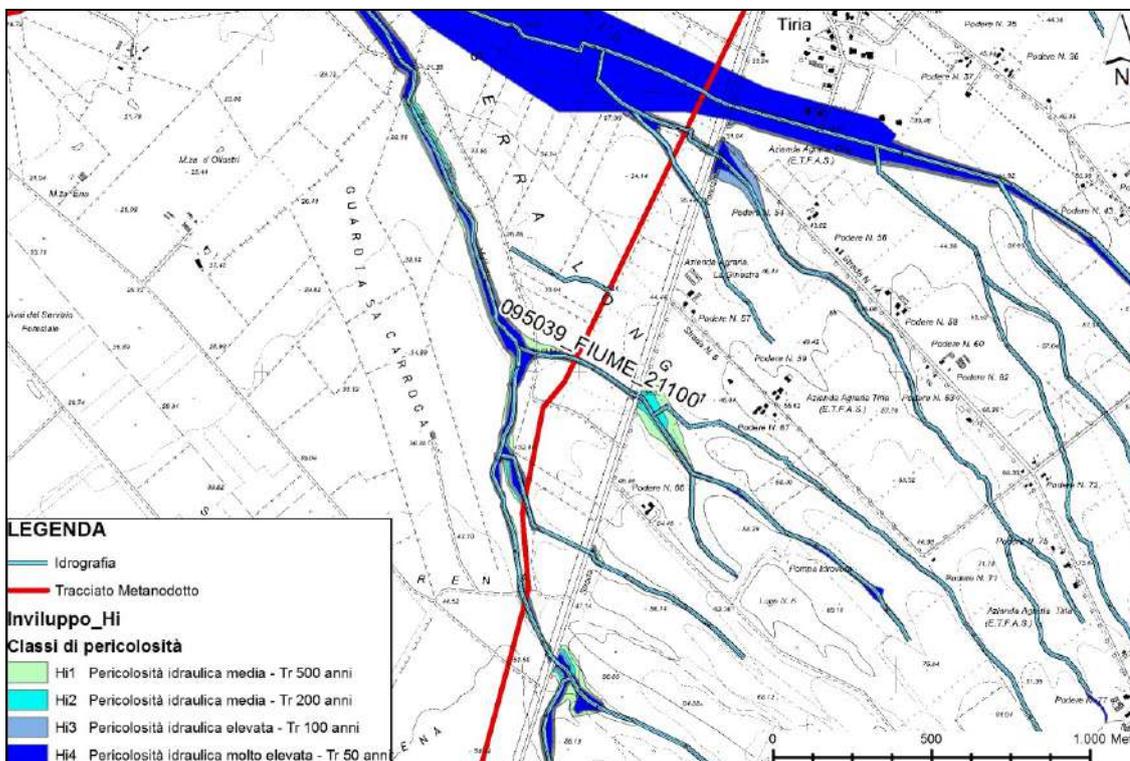


Figura 2.3 : Involuppo di pericolosità idraulica con evidenziata in giallo l'area in studio, per maggiori dettagli Tavola PG PAI 103.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 9 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

3 AMMISSIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LE PREVISIONI DEL PAI

L'intersezione tra il metanodotto Cagliari Palmas Arborea è il reticolo idrografico avviene in corrispondenza del Fiume 21100 nel territorio comunale di Palmas Arborea, in corrispondenza di un'area a pericolosità idraulica Hi4, perimetrata successivamente all'evento alluvionale del 18/11/2013 denominato "Cleopatra", le perimetrazioni sono state confermate dall'Art. 8 comma 2 del comune di Palmas Arborea.

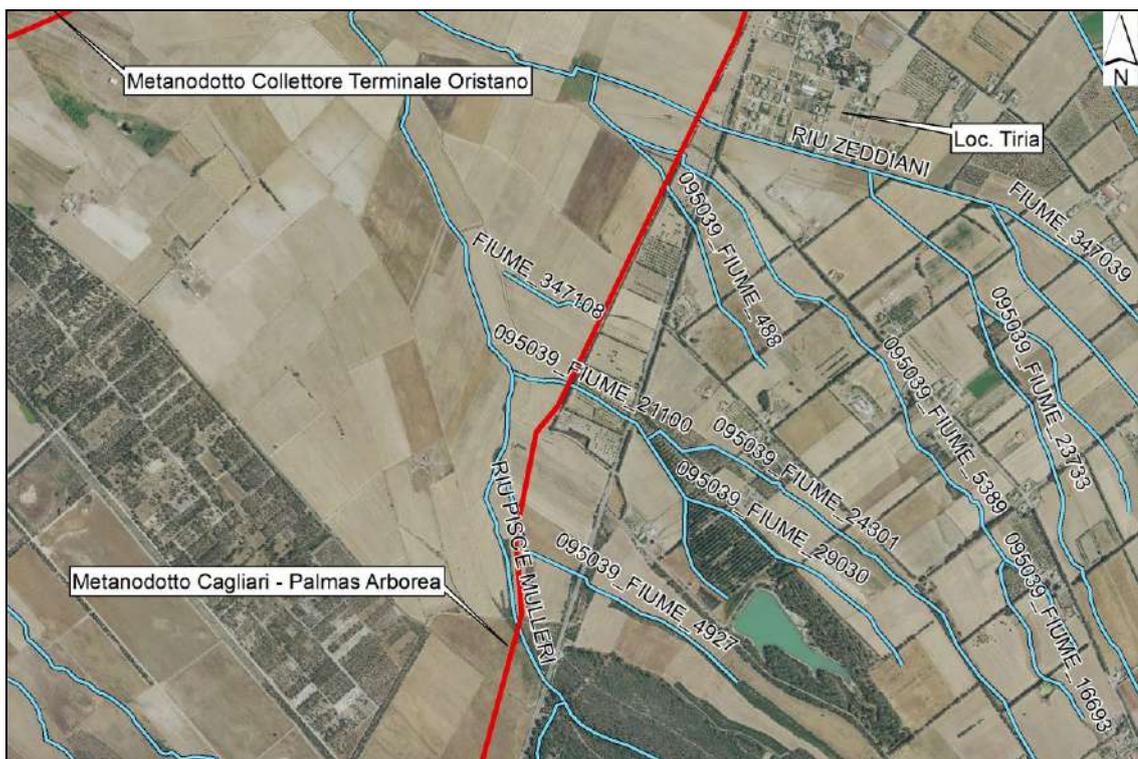


Fig. 3.1 - Rappresentazione dell'intervento su base ortofoto RAS 2016

La sezione progettualmente definita per l'attraversamento in sub-alveo interessa il "Fiume 21100" in un tronco vallivo, a monte dell'immissione dello stesso nel Riu Pisc'e Mulleri e della confluenza nel "Riu Merd'e Cani" al confine tra il territorio del comune di Palmas Arborea e Oristano; qui l'alveo inciso scorre in una zona pianeggiante, generalmente compresa tra 45÷40 m s.l.m., in località "Guardia Sa Carroga".

Il metanodotto Cagliari – Palmas Arborea, rientra nel quadro generale dell'intervento di distribuzione del gas naturale nella Regione Sardegna. L'opera, nel cui quadro esecutivo generale ricade l'intervento qui descritto, è prevista dagli strumenti nazionali e regionali di pianificazione energetica. In particolare, il Piano Energetico Ambientale della Regione Sardegna 2015-2030 (P.E.A.R.S., obiettivo OS2.3, pag. 51 e cap. 12) individua la metanizzazione tra le scelte fondamentali, sulla base delle direttive e delle linee di indirizzo definite dalla programmazione comunitaria, nazionale e regionale, e identifica l'utilizzo del gas naturale, quale vettore energetico fossile di transizione, come strumento mirato alla sicurezza energetica della Regione. Inoltre, l'opera di metanizzazione della Sardegna è esecutivamente definita, come tema centrale della politica energetica nazionale, nel documento che delinea la Strategia Energetica Nazionale (S.E.N. 2017, allegato II, Ministero dello Sviluppo Economico e Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare), che ne

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 10 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

ha determinato gli aspetti concreti di fattibilità, in coerenza con il Piano energetico regionale. Il sistema delle risorse finanziarie, ordinarie ed aggiuntive, a tal fine identificate, è specificatamente delineato nel Patto per lo Sviluppo della Regione (Patto per lo sviluppo della regione Sardegna, Attuazione degli interventi prioritari e individuazione delle aree di intervento strategiche per il territorio, 29 luglio 2016), sottoscritto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri e dalla Presidenza della Regione Sardegna.

Come di seguito più dettagliatamente illustrato, il tracciato del metanodotto deriva da un accurato studio del territorio, come risultato finale di una serie di possibili corridoi tra loro alternativi. Il tracciato di progetto scaturisce, infatti, dal confronto tra tutti i fattori condizionanti che caratterizzano detti corridoi, sia in termini ambientali sia in termini esecutivi; costituendo la sintesi che permette di minimizzare ogni possibile impatto, garantendo, nel contempo, opportune condizioni di esercizio, di controllo e di manutenzione dell'opera.

Il progetto in questione rientra quindi tra quelle opere infrastrutturali non vincolate da prescrizioni che ne impediscono la realizzazione in senso assoluto, purché sia accertabile che gli effetti sull'assetto morfologico-idraulico del corso d'acqua non determinino modificazioni sostanziali rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche locali preesistenti, e l'opera non alteri i fenomeni idraulici naturali. Nella presente relazione un apposito capitolo descrive il dettaglio delle modalità esecutive previste per la posa della tubazione interrata, al fine di consentire un diretto riscontro con riferimento a dette condizioni.

Come esposto successivamente, in progetto non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno delle perimetrazioni.

Le opere in progetto consisteranno essenzialmente nella posa in sub-alveo della tubazione per il trasporto del gas, e saranno eseguite in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua. L'intervento non apporterà variazioni delle condizioni idrauliche dell'alveo, non si realizzeranno restringimenti, deviazioni dell'asta o modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, inoltre, previsti idonei ripristini degli elementi d'argine, interessati dai lavori di posa del metanodotto. In particolare, si ristabiliranno le condizioni di delimitazione dell'alveo attualmente esistenti; tutte le profilature saranno ripristinate con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali; apposite attività di ripristino vegetazionale consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Per quanto attiene all'eventuale diversa localizzabilità dell'intervento, come in precedenza introdotto, il tracciato del metanodotto, sia in base alle leggi vigenti sia in base a norme specifiche di qualità tecnica progettuale e costruttiva, è il risultato dell'analisi comparativa di diverse soluzioni e di diversi possibili corridoi di esecuzione. La scelta definitiva del tracciato dipende, infatti, da numerosi fattori:

- compatibilità con il contesto insediativo del territorio e con le previsioni di sviluppo urbanistico;
- interferenze con aree soggette a condizioni di salvaguardia ambientale o soggette a specifiche forme di tutela e con aree ecologicamente sensibili;
- esigenza di parallelismo con altri gasdotti o con altre infrastrutture a sviluppo lineare, presenti nel territorio, quali oleodotti, elettrodotti, strade, canali, ecc., al

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 11 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

fine di concentrare la presenza di infrastrutture lineari sul territorio;

- stabilità dell'opera in relazione a condizioni di pericolosità di natura geologica, geomorfologica e alla natura dei terreni;
- necessità di definire la posizione dei punti di linea, degli impianti, delle centrali e dei nodi di smistamento, tenendo presente le esigenze di accessibilità agli stessi, per il personale ed i mezzi necessari alla sorveglianza, all'esercizio ed alla manutenzione;
- distanze di sicurezza da nuclei abitati e da fabbricati destinati a collettività e a concentrazione di persone, distanze di sicurezza da singoli fabbricati ivi compresi quelli destinati a presenza di persone solo occasionale;
- distanze di rispetto da aree per le quali vigono limiti imposti a tutela di opere militari, di installazioni permanenti e semipermanenti di difesa, di campi di esperienze e poligoni di tiro;
- distanze di rispetto nei confronti di altre condotte interrate, di linee elettriche aeree e interrate, di officine elettriche, di sottostazioni di trazione elettrica, di linee ferroviarie e ferrotranviarie e delle relative opere d'arte;
- specifiche modalità di attraversamento delle infrastrutture stradali;
- distanze di rispetto da cave e da aree dedicate a scavi in genere, per ricerca o estrazione di sostanze minerali;
- idoneità dei siti di esecuzione in relazione alle condizioni di sicurezza nei confronti di terzi e degli operatori preposti alla esecuzione.

In base a quanto sinteticamente elencato (che non costituisce l'intero complesso di elementi condizionanti la scelta del tracciato), sono stati identificati i siti di attraversamento dei corsi d'acqua, la cui localizzazione risponde alle esigenze di ottimizzazione del tracciato, nel rispetto del complesso dei vincoli cui esso è assoggettato. La soluzione determinata progettualmente è comunque sempre strutturata in modo da evitare alterazioni della conformazione dei corsi d'acqua.

Nello specifico, dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del "Fiume 21100", non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità. Considerata inoltre la natura degli interventi, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle.

Come di seguito riportato, la profondità di posa in sub-alveo e i potenziali effetti delle massime portate al colmo, attestati dalle modellazioni numeriche condotte in fase di progettazione, risultano pienamente compatibili.

Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, non è possibile che la realizzazione dell'attraversamento in sub-alveo, alla profondità di sicurezza determinata, possa in alcun modo esserne di ostacolo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 12 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, di seguito descritte, è stata determinata la soluzione di progetto idonea per la collocazione in sub-alveo della tubazione, mediante la tecnica esecutiva di scavo a cielo aperto della trincea di posa. Si specifica che, sia a tutela delle infrastrutture da realizzare sia per il rispetto dei criteri generali delle Norme di attuazione del PAI, non verranno realizzate infrastrutture (trappole e punti di linea) nelle aree inondabili ai margini dell'alveo ove risultano perimetrate specifiche condizioni di pericolosità idraulica, quindi saranno del tutto assenti opere fuori terra, che possano incidere sul deflusso di portate eccezionali.

L'attraversamento in sub-alveo è previsto in un tratto del Fiume 21100 localmente noto Riu Tirua, in cui l'alveo si presenta con tracciato rettilineo, a monte dell'immissione dello stesso torrente nel Riu Merd'e Cani nel territorio comunale di Palmas Arborea.

La condotta attraverserà il corso d'acqua con direzione NE-SW, in un tronco d'alveo a fondo sostanzialmente piatto, con larghezza pari a circa 2 metri. L'alveo è confinato tra scarpate lievemente acclivi ricoperte da vegetazione prevalente erbacea e arbustiva con meno diffusi individui arborei

La metodologia esecutiva dell'attraversamento consisterà sostanzialmente

- nello scavo di una trincea lungo il profilo di progetto del metanodotto nella sezione prestabilita del corso d'acqua, fino al raggiungimento delle quote di posa,
- nell'assemblaggio, in prossimità del sito di intervento, delle barre di tubazione trasportate dallo stabilimento di produzione e nel successivo alloggiamento in fondo-scavo;
- nel rinterro degli scavi e nel contestuale ripristino morfologico dell'area, ivi comprese le eventuali opere di protezione idraulica ivi presenti.

Tale sistema di realizzazione è caratterizzato dalla adattabilità delle metodologie costruttive alle specifiche condizioni del corso d'acqua; soprattutto per quanto attiene all'utilizzo dei mezzi operativi ed alle sequenze delle fasi di scavo, posa e rinterro della tubazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 13 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035



Figura 4.1: Rappresentazione fotografica dell'alveo in prossimità del tronco sede di attraversamento

Di norma, le attività preliminari prevedono il taglio della vegetazione presente nell'ambito dell'area da occupare temporaneamente con i lavori e nella asportazione del terreno vegetale lungo l'asse di posa fuori alveo. Quest'ultimo viene accantonato al bordo pista per essere riposizionato nelle fasi conclusive dei ripristini.

L'ampiezza della pista di lavoro, ottenuta, ove necessario, livellando il terreno ai lati del tracciato, è determinata in base al diametro della condotta, tenuto conto delle caratteristiche morfologiche dei terreni, del contesto ambientale e di eventuali particolarità inerenti le modalità esecutive dei lavori. Nell'ambito di quest'area sono eseguite le attività per il montaggio della tubazione e viene depositato il terreno di scavo.

In relazione alle specifiche caratteristiche idrauliche del corso d'acqua, al periodo climatico di esecuzione, ai volumi di deflusso attesi nel corso delle operazioni esecutive ed alla durata delle stesse, la sequenza operativa dei lavori può essere articolata con uno dei seguenti modi:

- lavori in continuità con quelli di linea; tale procedura riguarda l'attraversamento di corsi d'acqua "poco importanti" (in relazione all'aspetto idraulico, alla morfologia dei terreni e a rischi di tipo operativo) o caratterizzati da periodi di "secca" o di magra, anche se di breve durata; in tali condizioni i lavori di scavo, posa e rinterro della condotta vengono effettuati in continuità con quelli lungo la linea; in genere si tratta di torrenti, o canali, caratterizzati da modesti valori di portata, che pertanto non necessitano di una specifica struttura atta a consentirne il minimo deflusso, che può essere garantito mediante dispositivi ordinari;
- lavori per "fasi chiuse"; tale procedura prevede che si completi ogni fase prima

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 14 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

dell'inizio della successiva; eseguendo in progressione scavo, posa della condotta e rinterri; questa sequenza viene adottata ogni qualvolta è necessario garantire lo smaltimento di un'eventuale portata non trascurabile, che dovesse manifestarsi durante la costruzione.

Durante le fasi lavorative con le tecniche costruttive sopracitate, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori.

Le dimensioni delle sezioni di scavo sono progettualmente definite in base al diametro della condotta, alla profondità di posa, alle caratteristiche geotecniche del terreno. Per profondità piuttosto elevate e quando la configurazione idraulica lo consente, sono effettuati scavi di pre-sbancamento preliminari ma per profondità limitate, come nel caso di interesse, gli scavi a sezione obbligata sono in genere di sezione trapezia con angolo di inclinazione delle pareti subordinato, come detto, alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni attraversati.

In prossimità dell'alveo si rilevano i sedimenti della piana alluvionale in cui scorre il corso d'acqua, costituiti prevalentemente da sabbie e sabbie limose con ghiaie ad elementi poligenici ed eterometrici. Per il rinterro della tubazione posata in trincea, si prevede sia utilizzato totalmente il materiale di risulta, accantonato ai margini della pista di lavoro all'atto dello scavo; per cui non si darà luogo ad alterazioni della permeabilità in alveo e lungo l'asse di posa della tubazione.

Al termine del complesso dei lavori necessari per dare l'opera finita si, ristabilirà l'originale conformazione plano-altimetrica delle aree interessate, senza alcuna modificazione della sezione idrica offerta al deflusso di piena. In tal modo, l'intervento in progetto non apporterà alterazioni alle condizioni geometriche ed idrauliche dell'alveo. Considerata inoltre la natura dei lavori, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza dei terreni e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della capacità di laminazione naturale dell'alveo e della portata naturalmente rilasciata a valle: l'opera risulta ininfluenza sulle condizioni di smaltimento delle portate del corso d'acqua

Apposito collaudo del tronco di attraversamento sarà effettuato riempiendo la tubazione con acqua, sottoposta, secondo predefinite specifiche tecniche, a pressione corrispondente al raggiungimento dei valori delle sollecitazioni ammissibili di progetto.

Le modalità esecutive, la profondità stabilita per la posa in trincea e gli specifici accorgimenti previsti consentiranno il ripristino morfologico dei luoghi senza alcuna condizione di rischio da potenziali fenomeni erosivi del deflusso di piena; cosicché, oltre a non potersi avere interferenza diretta tra la condotta ed i deflussi fluviali, si eviteranno anche alterazioni al naturale scorrimento delle acque meteoriche e nella circolazione idrica sotterranea.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 15 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Il progetto della rete di metanodotti e degli impianti ad esso connessi contempla lo studio geologico e morfologico del territorio d'interesse al fine di:

- fornire una descrizione dell'ambiente geologico nel quale saranno realizzate le opere in progetto;
- rappresentare le unità litostratigrafiche locali, con particolare riferimento ad una fascia di un chilometro entro cui si prevede il tracciato della tubazione e la localizzazione degli impianti;
- acquisire informazioni sulle condizioni generali di stabilità del territorio interessato dalle esecuzioni;
- caratterizzare le condizioni locali di pericolosità geologica ed idraulica.

Per tali scopi, è stato descritto l'assetto geologico-strutturale di insieme, analizzato in dettaglio l'assetto litostratigrafico locale e valutato le situazioni di potenziale criticità presenti nell'area di intervento oggetto della presente relazione.

5.1 Lineamenti geologici e strutturali generali

Nell'ambito degli obiettivi del presente lavoro viene sinteticamente illustrato l'insieme di avvenimenti che hanno portato all'attuale configurazione geo-strutturale del settore sud-occidentale della Sardegna, attraversato dal tracciato del gasdotto, comprendente il Sulcis-Iglesiente e l'intera area del Campidano.

Le successioni litologiche più antiche (Cambriano Inferiore - Carbonifero inferiore), costituenti il basamento metamorfico-cristallino dell'isola, fanno parte di un segmento della catena Varisica europea, oggetto di intense deformazioni plicative polifasiche, metamorfismo sin-cinematico e un importante magmatismo post-collisionale (Batolite Sardo-Corso).

Nell'ambito del settore di interesse, le rocce costituenti il basamento Paleozoico metamorfico affiorano estesamente lungo il margine occidentale della piana del Campidano, nelle regioni storico geografiche del Sulcis-Iglesiente e nell'ampia vallata del Rio Cixerri, mentre lungo il margine orientale del Campidano queste sono presenti solo in limitati settori (es: Sardara, Villagrega). Le unità intrusive tardo varisiche, che intrudono il basamento metamorfico dando origine al Batolite Sardo-Corso, affiorano diffusamente sia nel Sulcis sia nel Villacidrese-Arburese. Nel Carbonifero superiore e nel Permiano la Sardegna, trovandosi in prevalenti condizioni di continentalità e di relativa stabilità tettonica, si caratterizza per presupposti deposizionali favorevoli alla sedimentazione entro bacini lacustri e/o fluvio-lacustri, che nel settore SW dell'isola ha lasciato tracce soprattutto nell'Iglesiente (es: Campo Pisano, San Giorgio); nell'Arburese (settore di Scivu, Punta Acqua Durci) sono invece presenti testimonianze dell'intenso vulcanismo a carattere ignimbrítico e composizione riodacitica sempre del Permo-Carbonifero.

Nel Mesozoico, la Sardegna si presentava come una vasta area cratonica relativamente stabile e parzialmente sommersa dal mare, dove si instaurano le condizioni che portano alla formazione di potenti successioni sedimentarie carbonatiche di ambiente marino che nel sud dell'isola interessano in modo discontinuo solo limitati settori, attualmente individuabili nell'area costiera del Sulcis-Iglesiente (es: Isola di Sant'Antioco, zona di Porto Pino) e dell'Arburese in

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 16 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

rappresentanza di una originaria maggiore diffusione che trova la sua prosecuzione naturale della Nurra (es.: Capo Caccia e dintorni).

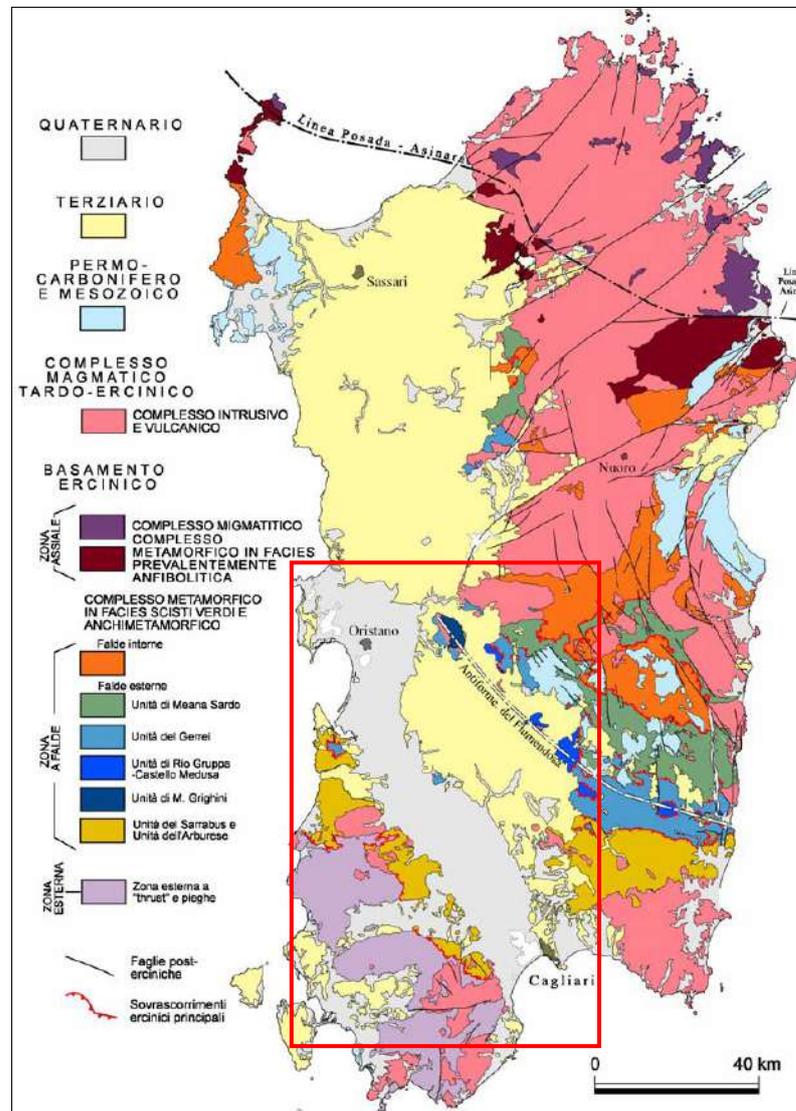


Figura 5.1: Schema geologico-strutturale della Sardegna, il rettangolo di colore rosso indica l'area di indagine.

Durante il Terziario, benché al di fuori della zona orogenica alpina in s.s., l'isola si trova ai margini di due aree caratterizzate da altrettanto importanti fenomeni orogenici che hanno portato alla formazione dei Pirenei e degli Appennini. Nell'Eocene medio infatti, la fase orogenica pirenaica induce nella Sardegna (che allora faceva ancora parte del margine continentale sud-europeo) deformazioni che pongono fine alla sedimentazione marino-paralica (F.ni del Miliolitico e del Lignifero) attivatisi nel settore sulcitano già a partire dal Paleocene e protrattasi per tutto l'Eocene inferiore determinando, conseguentemente, la messa in posto dei sedimenti detritici fluviali (F.ne del Cixerri) alimentati dal settore pirenaico che si spingono sino all'attuale bordo del Campidano orientale (Villagrecca- Monastir-Furtei). Durante la fase collisionale nord-appenninica la Sardegna è interessata da una tettonica prevalentemente

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 17 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

trascorrente (prima transpressiva e successivamente transtensiva) che nell'Oligocene superiore-Aquitano determina l'insacco di un intenso magmatismo a carattere calcoalcalino (sistema arco-fossa) e la formazione di bacini di sedimentazione dapprima continentale evolutasi poi in transizionale e marina, con una diversificazione di facies strettamente connessa con l'evoluzione sin tettonica del margine sud europeo. Nella Sardegna sud-occidentale i depositi corrispondenti, appartenenti al primo ciclo di sedimentazione del bacino oligo-miocenico e individuati con i nomi di F.ne di Ussana, F.ne di Nurallao, F.ne della Marmilla e F.ne dei Calcari di Villagrecia, sono osservabili soprattutto nelle sub-regioni della Marmilla, Trexenta, Parteolla e solo limitatamente nell'Arburese (Arcuentu) spesso associate o precedute da manifestazioni vulcaniche sia subaeree sia sottomarine, mancando del tutto nel Sulcis-Iglesiente.

I depositi magmatici risultano invece particolarmente diffusi nel distretto sulcitano, comprese le isole di San Pietro e San'Antioco e nel settore di Sarroch-Pula. Altre importanti manifestazioni vulcaniche legate a questa fase tettonica sono ben osservabili nel Guspinese-Arburese (Monte Arcuentu) nonché in prossimità dei bordi occidentali e orientali della piana del Campidano (Monastir-Furtei).

Un'interpretazione in chiave di riattivazione distensiva dei lineamenti trascorrenti più antichi (pirenaici?) può essere prospettata anche per la parte sud-occidentale (Iglesiente-Sulcis) della Sardegna. Gli elementi strutturali principali in quest'area sono costituiti da due bassi strutturali allungati in direzione E-W, che da S verso N sono: il Bacino di Narcao e la Fossa del Cixerri. I bassi strutturali sopra descritti, un tempo interpretati come propagazioni laterali della "Fossa sarda", sono attualmente considerati dagli Autori come sinclinali di crescita sviluppatesi all'interno di una zona compresa tra due faglie trascorrenti destre orientate NW che, come accennato in precedenza, non contengono testimonianze della sedimentazione oligo-miocenica.

Il collasso gravitativo dell'Orogene nord-appenninico durante la fine dell'Aquitano ed il Burdigaliano, porta all'instaurarsi di una tettonica estensionale che conduce ad un'importante fase di rifting (già di impostazione oligocenica), che favorì la separazione e la migrazione verso Sud-Est del blocco Sardo-Corso dal Margine Sud-Europeo e la formazione della "Fossa Sarda" o "rift oligomiocenico sardo" degli Autori. Si tratta di un'estesa depressione tettonica, che dal golfo di Cagliari giunge sino a quello dell'Asinara, sede di una potente sedimentazione prevalentemente marina policiclica caratterizzata dall'alternanza di facies marine-transizionali e continentali che perlomeno sino al Langhiano sono ancora associate al vulcanismo (subaqueo e subaereo) a chimismo calco-alcalino.

Se la fase transpressiva della collisione nord appenninica favorisce l'insacco del primo ciclo di sedimentazione dapprima continentale, evolutosi in transizionale e poi marina entro innumerevoli piccoli bacini che anticipano la formazione della "Fossa Sarda" vera e propria, nel Burdigaliano superiore la deposizione pertanto riprende (2° ciclo) con un complesso arenaceo-marnoso e marnoso (Formazione delle Marne di Gesturi e F. ne delle Argille di Fangario) che perdura sino al Miocene medio (Langhiano) e che trova continuità con i coevi depositi della Sardegna del nord (Sassarese). Limitatamente al settore meridionale dell'isola, la sedimentazione dentro il bacino miocenico sembra localmente interrompersi per poi riprendere nel Serravalliano con una successione detritica di ambiente fluvio-deltizio e marino-litorale (F.ne delle Arenarie di Pirri) che apre il terzo e ultimo ciclo deposizionale miocenico il quale trova conclusione nel Messiniano con la deposizione della serie carbonatica e evaporitica osservabile nell'areale cagliaritano (F.ne dei Calcari di Cagliari) e nell'oristanese costiero

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 18 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

(“Successione carbonatica del Sinis – Capo Frasca”).

Nel Pliocene medio, si attiva una nuova importante fase distensiva conseguente all’apertura del Bacino sud-tirrenico che interessa principalmente la parte meridionale del bacino oligo-miocenico sardo riattivando le linee di debolezza NW-SE e N-S e determinando la formazione del “Graben del Campidano”. La nuova depressione strutturale che riprende e in parte accentua la geometria del “rift sardo”, si associa un intenso vulcanismo effusivo di tipo fissurale a chimismo da basico fino a subalcalino con contestuale emissione di lave basaltiche che portano alla formazione degli edifici vulcanici del Monte Arci e del Montiferro nonché agli spandimenti basaltici attualmente osservabili nel settore di Capo Frasca-Sinis, dell’alto Oristanese, del settore di Mogoro-Uras-Sardara e delle varie Giare della Marmilla.

La prosecuzione dell’attività tettonica distensiva anche nel Pliocene superiore – Pleistocene inferiore determina l’intensa erosione dei settori di bordo strutturalmente in rilievo e la progressiva colmata della depressione tettonica campidanese con prodotti clastici di ambiente continentale fluvio-torrentizio e lacustre. Durante il Quaternario, in conseguenza degli effetti del glacio-eustatismo, si instaurano inoltre processi morfogenetici di versante, che conseguentemente al ringiovanimento orografico determinato dalle variazioni del livello di base dei mari, accentuano la deposizione all’interno del “graben” del Campidano di potenti depositi detritico-alluvionali di conoide derivati dallo smantellamento dei rilievi impostati su rocce paleozoiche, mioceniche e plioceniche costituenti i margini della depressione campidanese.

La strutturazione tettonica conseguente alla fase distensiva plio-quadernaria e i successivi fenomeni di subsidenza attivi nei settori costieri dell’oristanese e cagliaritano, modificano quasi completamente l’originario schema della idrografia superficiale: sono da riportare infatti a questo periodo importanti fenomeni di cattura fluviale con spostamento dei principali assi drenanti di impostazione miocenica nonché la divisione dei bacini idrografici efferenti al Campidano di Oristano e Campidano di Cagliari in virtù della formazione di un nuovo spartiacque nel settore di San Gavino-Sardara.

Tale azione di modellamento morfodinamico del territorio della Sardegna sud-occidentale, perdura per tutto il Pleistocene superiore con depositi di versante e alluvionali che dalle conoidi bordiere migrano verso le aree depocentrali delle varie piane (Campidano, Cixerri, Sulcis, Pula-Sarroch) alternando fasi di terrazzamento a fasi di sovralluvionamento a causa del susseguirsi di fasi glaciali e interglaciali e relativi abbassamenti/innalzamenti del livello del mare.

Nell’Olocene, con l’ultima risalita eustatica del livello marino, prosegue l’attività di colmata alluvionale delle piane nonché fenomeni di terrazzamento determinati da oscillazioni eustatiche minori e la deposizione di discontinue coltri detritiche di versante, eluvio-colluviali e alluvionali attualmente in evoluzione. Sono da ricondurre all’Olocene pertanto le attuali configurazioni della piana costiera dei golfi di Oristano e di Cagliari con l’insieme di zone umide e di pertinenza dei grandi corsi d’acqua del Tirso e del Mannu-Cixerri.

5.2 Rappresentazione cartografica locale

Con riferimento alla cartografia geologica ufficiale in scala 1:25.000 (Carta Geologica di base della Sardegna) disponibile presso il Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali della R.A.S. – 2008, si riporta di seguito l’elenco delle unità litostratigrafiche in qualche modo interagenti con il tracciato del

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 19 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

metanodotto, suddivise per tipologia di deposito, genesi e intervallo temporale, partendo da quelle più recenti. Ciascuna unità viene altresì individuata attraverso la sigla ufficiale, così come riportato nello stralcio cartografico di Figura 5.2.

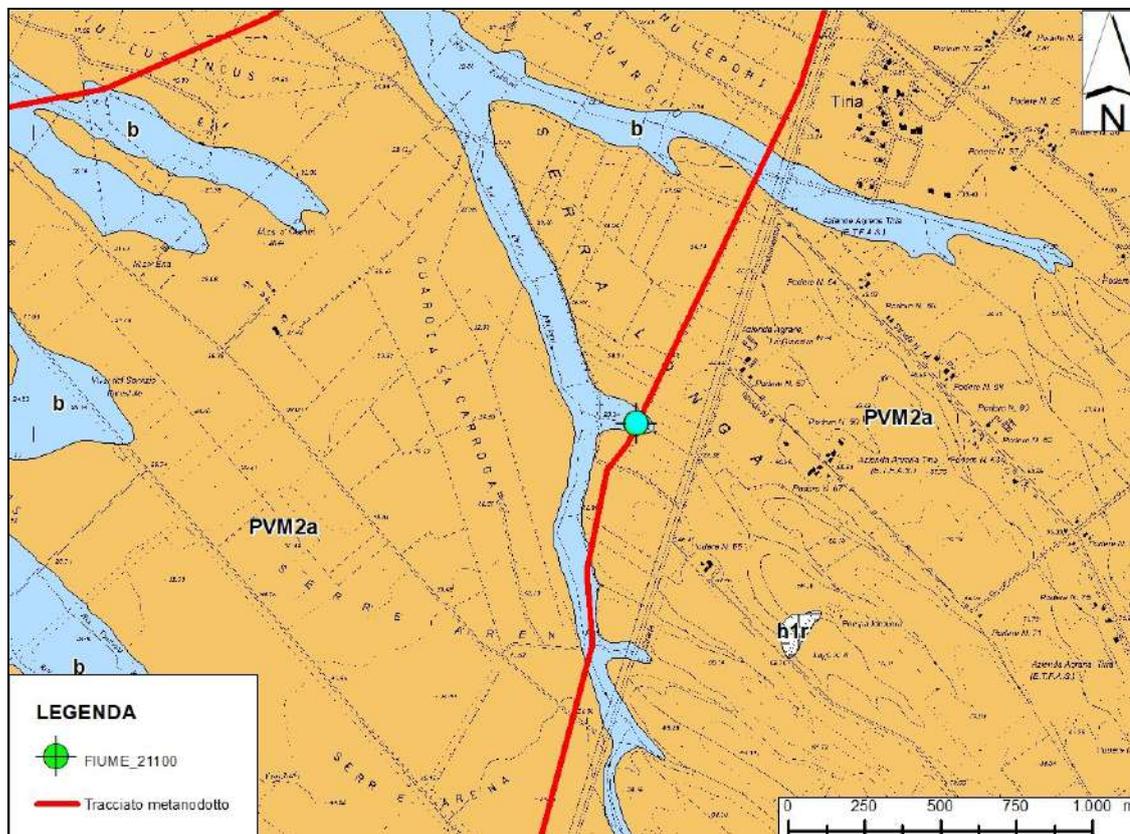


Figura 5.2: Stralcio della carta geologica della Sardegna in scala 1:25.000, con indicata l'area in esame.

Unità litostratigrafiche:

- Depositi antropici (h1r) Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE
- Depositi alluvionali. (b) OLOCENE
- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso. (PVM2a) Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP

5.3 Caratteri litologici e geomorfologici locali

Il margine orientale del Campidano di Oristano è delimitato dal complesso vulcanico del Monte Arci (UCU), la cui genesi è legata alla tettonica distensiva plio-pleistocenica connessa all'apertura del Bacino Sud-Tirrenico, che riattivando le linee di debolezza oligo-mioceniche porta all'instaurarsi di un vulcanismo di tipo fissurale e alla contestuale emissione di lave basaltiche. Il rilievo vulcanico del Monte Arci alimenta una vasta area a conoidi detritico-alluvionali, con spessori che a tratti raggiungono i 150 m.

Nell'area in studio affiorano diffusamente i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici dell'area continentale (PVM2a) costituiti da ghiaie grossolane sino alla taglia dei blocchi, a matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, con intercalate lenti e/o strati limoso-argillosi e ghiaie in matrice sabbiosa. Il grado di addensamento di questi depositi è

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 20 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

generalmente elevato. Molto marcata è l'interazione con i depositi alluvionali trasportati dal reticolo idrografico attuale (b) costituiti da sedimenti eterometrici e poligenici di ambiente essenzialmente fluvio-torrentizio.

L'attraversamento, così come riportato nello stralcio della carta geologica di Figura 5.2, insiste sull'unità litostratigrafica rappresentata dai depositi alluvionali olocenici (b).

La porzione di tracciato interessata dall'attraversamento ricade all'interno dell'Unità Idrografica Omogenea del Mannu di Pabillonis – Mogoro che si estende su una superficie 1710,25 km² con un perimetro di 287,22 km. Il bacino del Riu Mogoro Diversivo si estende su un'area di 590,01 km². Si tratta di un bacino collinare compreso tra i rilievi rocciosi che culminano nella punta Trebina Longa a ovest e nella Giara di Gesturi. Il substrato è costituito essenzialmente da arenarie e conglomerati terziari, con locali affioramenti di lave basaltiche.

Il progressivo approfondimento del Graben del Campidano e il contestuale sviluppo dell'edificio vulcanico del Monte Arci portano al ringiovanimento del reticolo idrografico e alla formazione di potenti depositi di conoide alluvionale che si estendono per diversi chilometri nella piana del Golfo di Oristano dominata dai processi morfodinamici del Tirso e della sua foce. I versanti del Monte Arci sono dominati dalle conoidi detritico-alluvionali del Subsistema di Portovesme (PVM2a) caratterizzate nella parte apicale da pendenze comprese tra 11-35% e tra 0-5% nella parte distale.

L'area dell'attraversamento si caratterizza per una morfologia debolmente inclinata verso NW con pendenze comprese tra 0-10%. Nell'area, allo stato attuale, non si rileva la presenza di processi morfodinamici attivi.

5.4 Caratteri idrogeologici locali

Nel settore che contorna gli abitati di Oristano, Santa Giusta e Palmas l'assetto idrogeologico è caratterizzato dalla presenza di due acquiferi, uno superficiale e uno profondo. L'acquifero superficiale, di tipo freatico, è impostato sui depositi alluvionali attuali e nelle sabbie litorali oloceniche, per lo più alimentato dalle acque meteoriche oltre che dall'interazione con i corsi d'acqua che insistono sul territorio.

L'acquifero è delimitato alla base da uno strato di argille lagunari che raggiunge la superficie topografica in corrispondenza della Laguna di Sassu e si approfondisce verso la costa fino alla profondità di circa 25 m da p.c.; lo spessore dello strato impermeabile è di circa 25-30 m. L'andamento delle isofreatiche mostra nel settore nord-orientale della piana, un'alimentazione della falda ad opera del Tirso, mentre nel settore occidentale le isofreatiche evidenziano un drenaggio da parte del corso d'acqua. Il gradiente idraulico, mediamente del 1,2 ‰, conferma una buona omogeneità dell'acquifero anche se si registrano locali eccezioni.

L'acquifero profondo, di tipo multistrato, è impostato sui prodotti alluvionali pleistocenici ed ha una permeabilità più o meno bassa. Lo spessore massimo di questo acquifero può essere dedotto dalla stratigrafia del pozzo Oristano 1 che indica la profondità del basamento vulcanico a circa 300 m sotto la successione quaternaria. L'andamento dei deflussi profondi ha una direzione Sud-Est/Nord-Ovest in direzione dello Stagno di Santa Giusta.

Le prove di portata condotte indicano valori di permeabilità K dell'acquifero compresi tra un minimo di 3,8x10⁻⁴ e un massimo di 1,2x10⁻⁵ m/s. Si ritiene che sia gli acquiferi superficiali che quelli profondi siano alimentati dall'area pedemontana del Monte Arci

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 21 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

6 ANALISI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI BASE

6.1 Caratterizzazione idrologica

Il Fiume 21100 è un affluente del Rio Pisc'e Mulleri e ricade nel bacino del Rio Tiria, in cui confluisce circa duecento metri a valle dopo l'intersezione con il metanodotto in progetto.

Questo corso d'acqua è stato studiato idraulicamente durante la redazione dello studio di compatibilità idraulica e geologico geotecnica estesa a tutto il territorio comunale, effettuata dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle NA del PAI ed approvata in consiglio comunale con delibera n° 5 del 27/04/2016.

Il Fiume 2100 fa parte del bacino idrografico del Riu Merd'e Cani, corpo ricettore di una serie di corsi d'acqua che si immettono su di esso in buona parte provenienti dal sistema del Monte Arci, in particolare oltre che tramite il *Riu Zeddiani* che a sua volta raccoglie le acque del *Riu Tumboi* (Arci parte Villaurbana) e prima ancora dei rii *Mellas*, *Mellas 2* e *Pisc'e mulleri* sul quale afferiscono *Roiedda Serralonga* e *Tiria 6*.

I corsi d'acqua in questione presentano medesime caratteristiche di fondo: l'origine montana, il percorso per lunghi tratti articolato nei caratteristici canali e le intersezioni con la rete viaria pedemontana oltre la quale cambia la pendenza del piano di scorrimento. Sono corsi d'acqua naturali, talvolta oggetto di interventi puntuali di sistemazione idraulica.

In base ai dati forniti dal citato studio, le caratteristiche morfologiche, fisiografiche e altimetriche del sub-bacino sotteso dalla sezione di interesse possono essere così sintetizzate:

Quota minima sezione di chiusura (m s.l.m.)	H_0	30,00
Quota media del bacino (m s.l.m.)	H_m	79,1
Quota massima del bacino (m s.l.m.)	H_{max}	180,3
Superficie bacino sotteso (km ²)	A	1,70
Pendenza media dell'asta (%)	i	4,0

6.2 Stima della portata di piena di riferimento

Dallo studio idraulico precedentemente citato sono stati ricavati i parametri idraulici di riferimento.

Il sito di attraversamento del Fiume 21100 (localmente noto Riu Tiria) da parte del Metanodotto Cagliari – Palmas Arborea risulta compreso tra le sezioni idrauliche denominate rispettivamente R.Tiria 6-238 R.Tiria 6-396 (Figura 6.1), le portate sono state calcolate tra 5,67 e 12,35 m³/s per i vari tempi di ritorno.



PROGETTISTA

COMMESSA
NR/14327/R-L10CODICE
TECNICO

LOCALITÀ

REGIONE SARDEGNA

Appendice 27 a
RE-PAI-001

PROGETTO / IMPIANTO

METANIZZAZIONE SARDEGNA

Pag. 22 di 29

Rev.
0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

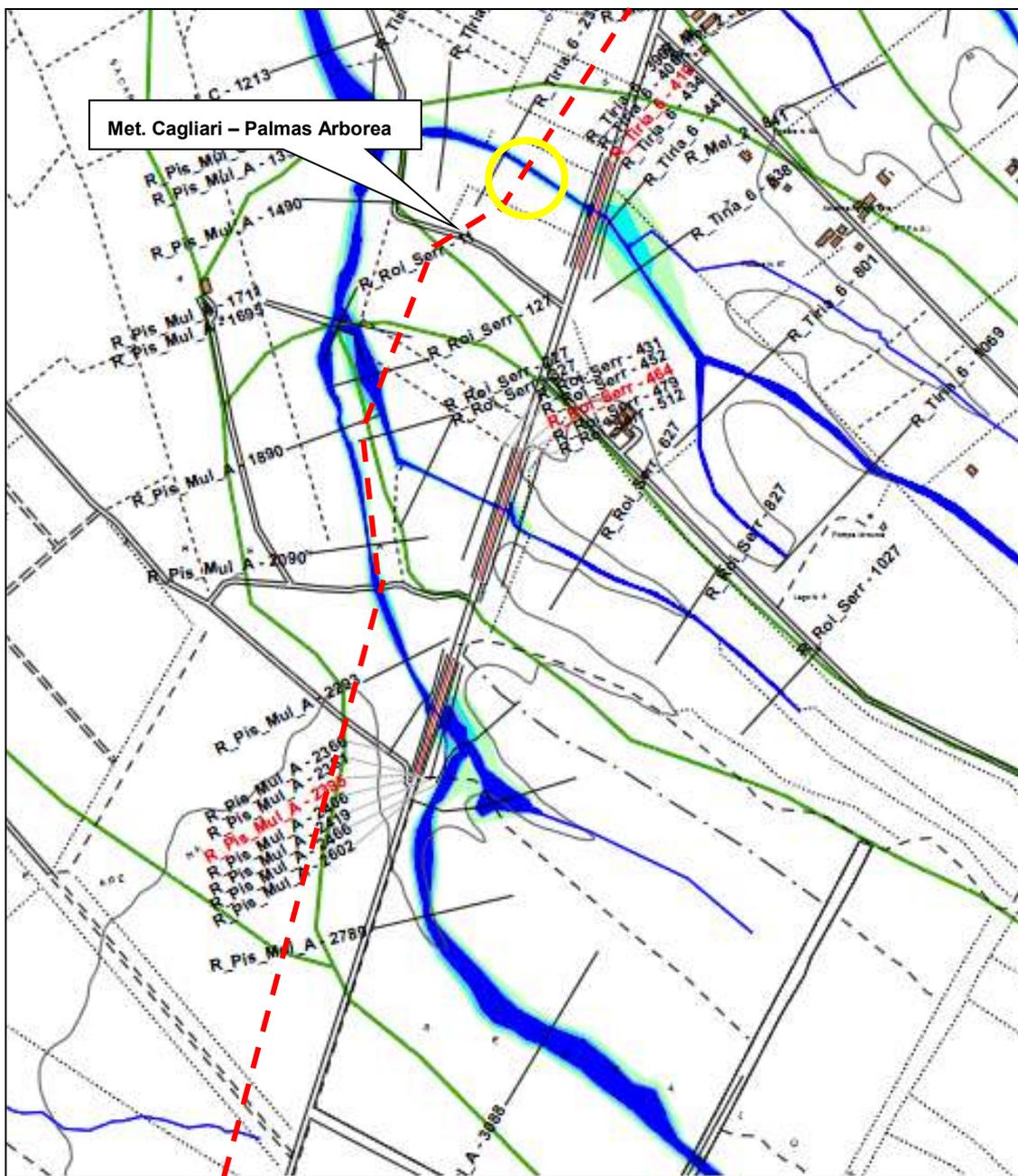


Figura 6.1: Stralcio della tavola I.4.1 (studio di Compatibilità Idraulica comune di Palmas Arborea), con indicato in rosso tratteggiato il metanodotto in progetto.

Le simulazioni idrauliche condotte evidenziano come la sezione idraulica non sia sufficiente a contenere portate di massima piena anche con tempi di ritorno T_r 50 anni, l'allagamento si estende al di fuori dell'alveo inciso per circa 7 metri in sinistra e 5 metri in destra idraulica

Le correnti di piena defluiscono con valori medi di velocità ridotti e comunque compresi tra 1,97 e 2,83 m/sec..

Al fine di eseguire alcune determinazioni progettuali riguardanti le modalità esecutive

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 23 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

dell'attraversamento, per la stima della portata al colmo, utile per valutazioni idrauliche preliminari, sono state assunti i risultati delle elaborazioni riferibili alla sezione 238 e 396 precedentemente descritte. Si è ritenuto significativo, in ragione della natura dell'intervento, porre a fondamento delle analisi tempo di ritorno $T_r = 200$ anni.

Nella sezione di riferimento, in particolare, le condizioni di deflusso considerate sono associate a portata pari a $9,54 \text{ m}^3/\text{s}$, i risultati della modellazione sono riassunti nella successiva tabella, estratta integralmente dal citato studio ai sensi dell'Art. 8 comma 2 del comune di Palmas Arborea, ove sono riportati i valori calcolati delle seguenti grandezze:

- Q, valore della portata al colmo (m^3/s);
- "Fondo alveo", quota di fondo alveo (m s.l. m.);
- "Pelo Libero", Quota della massima piena per tempi di ritorno $T_r = 200$ anni;
- v, velocità media nella sezione di deflusso (m^2/s);
- A, area della sezione bagnata (m^2).

Fiume 21100 $T_r=200$ anni					
ID Sezione [-]	Q (m^3/s)	Fondo Alveo (m slm)	Pelo Libero (m slm)	Velocità media della corrente nella sezione (m/s)	Flow Area (m^2)
238	9,54	26,62	27,85	2,66	3,80
396	9.54	29,53	30,52	2,60	4,84

Non essendo disponibile il DTM passo 1 metro, per la zona di attraversamento, come quota fondo alveo in corrispondenza dell'attraversamento del metanodotto in progetto, è stata assunta la media dei valori riportati nelle due sezioni idrauliche considerate.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 24 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

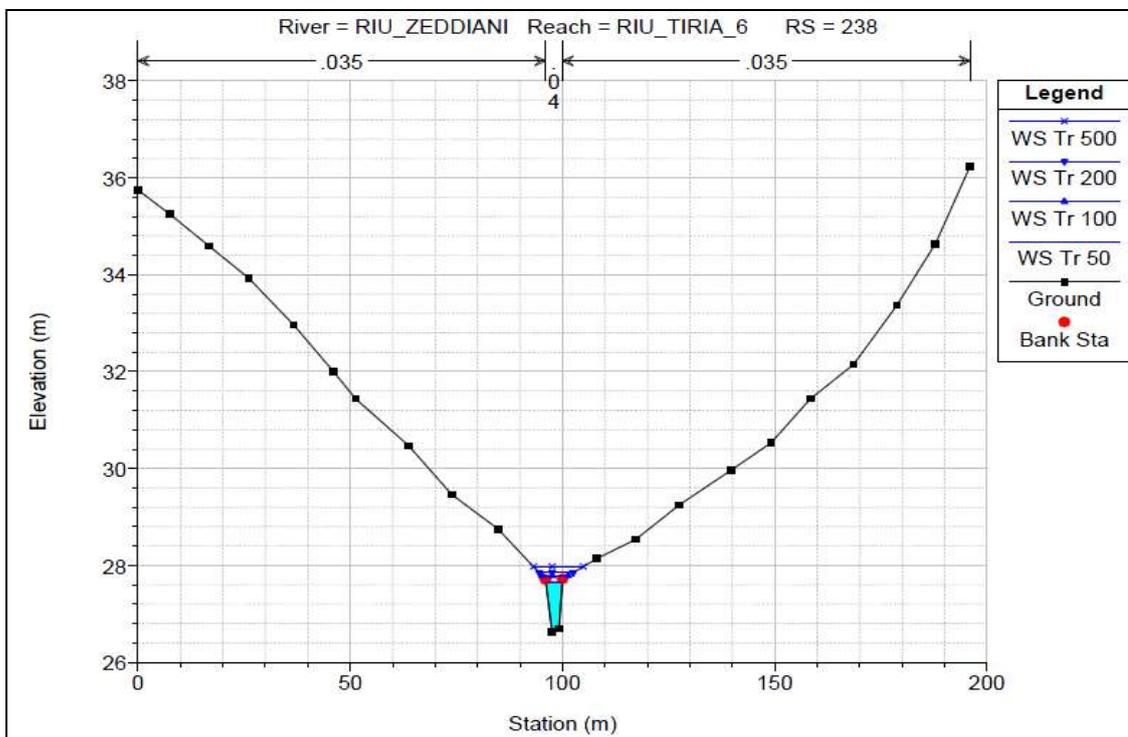


Figura 6.2: Stralcio sezione idraulica 238 sul Riu Tiria_Fiume 21100, fonte Art. 8 Comma 2 del comune di Palmas Arborea

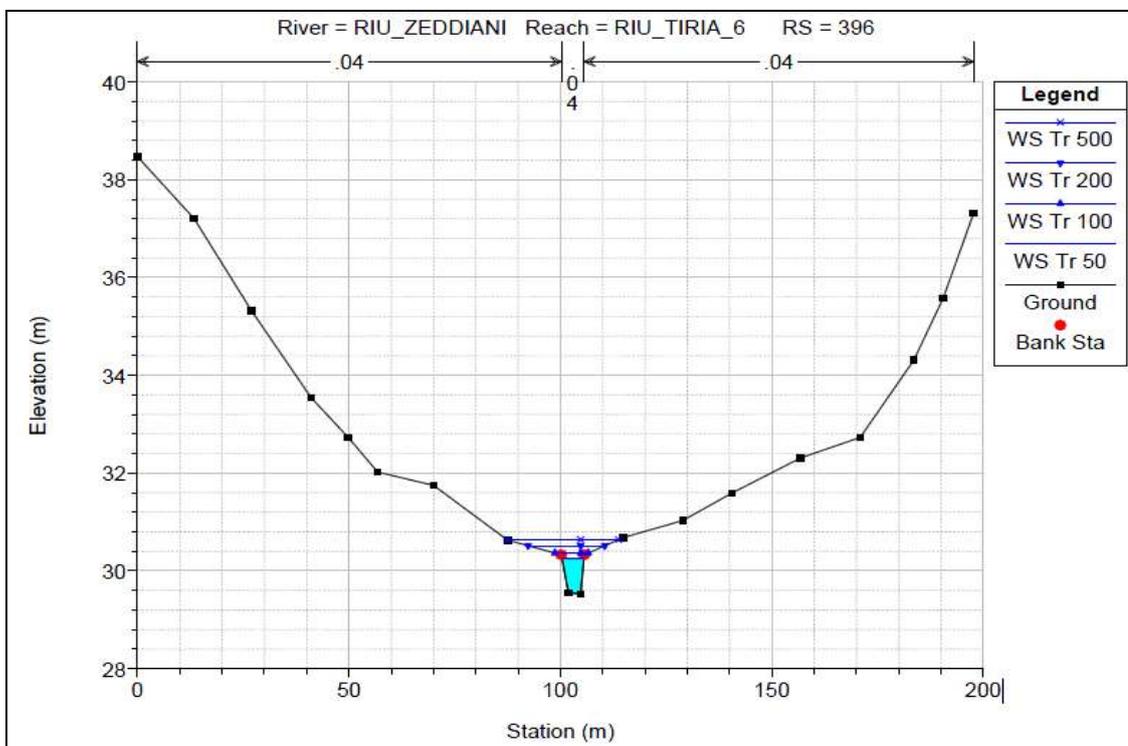


Figura 6.3: Stralcio sezione idraulica 396 sul Riu Tiria_Fiume 21100, fonte Art. 8 Comma 2 del comune di Palmas Arborea

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 25 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

In base al valore di portata e tenuto conto dei principali parametri del deflusso di piena, le valutazioni idrauliche preliminari, tese a valutare i potenziali fenomeni erosivi, possono essere condotte ricorrendo a formulazioni cautelative che non tengono conto del fenomeno di esondazione, essendo fondate solo sulla effettiva geometria dell'alveo, delimitato entro i limiti di sponda e/o d'argine appositamente rilevati.

6.3 Valutazioni idrauliche preliminari

Ai fini di progettazione del metanodotto, occorre predeterminare le condizioni di approfondimento della tubazione interrata, fermi restando specifici valori minimi. Nel caso dell'attraversamento di corsi d'acqua, si ricorre a formulazioni estremamente cautelative, atte alla valutazione delle eventuali erosioni localizzate del letto e dei potenziali fenomeni di escavazione in alveo; in modo che un eventuale approfondimento, rispetto alla quota minima iniziale del fondo, non possa interessare la tubazione stessa. A tal fine, specificatamente in virtù dei modelli conservativi utilizzati², può non essere necessario determinare aspetti di dettaglio, quali la velocità e la tensione tangenziale della corrente al fondo alveo, e le caratteristiche del materiale che ne forma il letto.

Tali modelli permettono di valutare se lo spessore del materiale di rinterro, adeguatamente costipato, pur non alterando le originarie condizioni di permeabilità, risulta idoneo a garantire dai potenziali fenomeni erosivi. Quando risulta opportuno garantire una adeguata protezione dell'alveo interessato dagli scavi "a cielo aperto", può essere previsto l'utilizzo di massi o pietrame naturale, per costituire parte del rinterro e/o il rivestimento del fondo e delle sponde.

In quest'ottica di verifica preliminare degli effetti idraulici delle piene, ci si rifà agli studi³ di Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare alle possibili escavazioni un valore cautelativo, pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata (in particolare, venne dimostrato che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica). Una generalizzazione prudenziale, proposta in Italia, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena⁴. Pertanto, una stima del tutto cautelativa della profondità delle potenziali escavazioni del fondo (Z) è data, in corrispondenza di una assegnata sezione, in ragione del 50% del battente idrometrico di piena (h_0):

$$Z = 0,5 \cdot h_0$$

Nel caso in cui l'evento di piena implichi esondazioni oltre l'alveo inciso, sulla base di considerazioni proprie degli idrogrammi sperimentali correlati ai relativi modelli sperimentali e di considerazioni connesse alla morfologia delle aree di esondazione, il battente idraulico è assunto pari a 1,05 | 1,10 volte la profondità dell'alveo, rilevata nella geometria della sezione; ovvero $Z = 0,55 h_a$, con h_a dislivello tra la sommità di sponda o d'argine e la massima incisione.

² D'Alberto D. et Alii., "Crossing debris flow areas", in Pipeline technology journal, May 2016.

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

⁴ Vollo L., "L'aratura di fondo nell'alveo dei fiumi durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXIX; Milano, 1952. Zanovello A., "Sulle variazioni del fondo degli alvei durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXXV; Milano, 1959.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 26 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

Per quanto attiene alla formazione di buche ed approfondimenti locali, le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano il fenomeno stesso. In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5 cm, i valori raggiungibili dalle suddette erosioni sono generalmente indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5 cm, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la profondità dell'erosione. In termini "qualitativi", per determinare un valore cautelativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo, indipendentemente dal diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena, tra i modelli disponibili (Schoklitsch, Eggemberger, Adami), la formula di Schoklitsch⁵ è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici e determina un valore medio rappresentativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo:

$$S = 0,378 \cdot H^{1/2} \cdot q^{0.35} + 2,15 \cdot a$$

dove

- S è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota media del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- $H = h_0 + v^2/2 \cdot g$ rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- $q = Q_{Max} / L$ è la portata specifica per unità di larghezza L della corrente di piena in alveo;
- a è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca ed è assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base del dislivello locale del fondo alveo, in corrispondenza della massima incisione, relativo ad una lunghezza pari all'altezza idrica massima ivi determinata.

Il riferimento geografico dell'attraversamento è:

X UTM	Y UTM
473956,2507	4412031,0271

Non essendo disponibile il DTM passo 1 metro, per la zona di attraversamento, come quota fondo alveo in corrispondenza dell'attraversamento del metanodotto in progetto, è stata assunta la quota estratta dalla sezione 238 prossima all'attraversamento del corso da parte del metanodotto, pari a .26,62 m slm

In alvei di pianura, a bassa pendenza longitudinale ed a sezione larga, aventi condizioni di scabrezza ordinaria ed in assenza di ostruzioni, se l'altezza idrica della corrente di piena risulta più elevata dei margini sommitali della sezione geometrica d'alveo, si può assumere $H = 1,20 \cdot h_a$; con h_a in precedenza definito.

Nel caso di interesse è acclarato che la portata di massima piena assunta quale riferimento di calcolo, associata a tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, può non essere contenuta in alveo e generare fenomeni di esondazione; in tali circostanze i modelli descritti sono certamente applicabili, dando luogo a verifiche caratterizzate da adeguati margini di sicurezza, anche per portate superiori.

⁵ Schoklitsch A., „Stauraum Verlandung und kolkbewehr“; Springer ed., Wien, 1935.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 27 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

Pertanto, assumendo ai fini di calcolo $Q_{Max} = 9,54 \text{ m}^3/\text{s}$, in base alla geometria della sezione di attraversamento, si determina:

quota di contenimento nella sezione	27,60 m slm
quota della massima incisione	26,62 m slm
h_a	0,98 m
Z = 0,54 m	
pendenza locale in corrispondenza della sezione	1,84 %
H	1,18 m
a	0,03 m
larghezza idrica in sommità della sezione L	2,00 m
Q_{Max}	9,54 m^3/s
q	4,77 $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$
S = 0,77 m	

Pertanto si stimano approfondimenti potenziali pari a circa 0,77 m.

Sulla base delle valutazioni speditive condotte, valide in condizioni di fondo mobile, totalmente incoerente, e già comprendenti opportuni fattori di sicurezza, risulta ampiamente cautelativa la copertura minima di 1,5 metri progettualmente imposta per scavo su terreni.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 28 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

7 CONCLUSIONI

La realizzazione del metanodotto Cagliari – Palmas Arborea, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del Fiume_21100 (Localmente noto come Riu Tiria), a monte della sua confluenza nel Rio Pisc'e Mulleri.

Il tronco del corso d'acqua interessato dell'intervento risulta perimetrato in base alle elaborazioni idrauliche dello studio di compatibilità idraulica effettuato dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art 8 comma 2 delle NA del PAI ed approvato in consiglio comunale con Delibera n. 5 del 27/04/2016 e per il quale vigono le norme di salvaguardia, e ad esso sono associate condizioni di pericolosità idraulica Hi4.

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, è stata determinata la soluzione di progetto idonea per la collocazione in sub-alveo della tubazione, mediante la tecnica esecutiva di posa con scavo a cielo aperto, con immediato ripristino della situazione dei luoghi.

Presupposti di compatibilità idraulica

Conformemente a quanto stabilito dagli strumenti di pianificazione territoriale, gli interventi previsti dal progetto del metanodotto sono tali da garantire la conservazione delle funzioni e del livello naturale del corso d'acqua.

- L'attraversamento dell'alveo e delle aree di pertinenza sarà eseguito mediante posa a profondità compatibile con la dinamica fluviale, ma comunque con un franco minimo di ricoprimento pari a 1,50 metri. Non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno delle perimetrazioni.
- La costruzione del metanodotto rientra nel quadro generale del programma di distribuzione del gas naturale nella Regione Sardegna. È opera di interesse pubblico, essenziale per la funzione ad essa deputata e non diversamente localizzabile nelle sue linee generali; ciò in quanto il relativo progetto scaturisce dal confronto tra tutti i fattori condizionanti che caratterizzano i possibili corridoi di posa del metanodotto, sia in termini ambientali sia in termini esecutivi e, di conseguenza, identifica i siti di attraversamento dei corsi d'acqua in funzione delle esigenze di ottimizzazione del tracciato, nel rispetto del complesso dei vincoli cui il progetto stesso è assoggettato.
- Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, la configurazione geometrica della pipeline nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è tale da non precluderne l'esecuzione.
- Con riferimento alle Norme di attuazione del PAI Sardegna, l'intervento è progettato in modo da corrispondere alla tipologia di opere consentite in aree classificate a rischio idraulico.

Modalità esecutive

I lavori consisteranno essenzialmente nella posa della tubazione mediante scavo di trincea a cielo aperto. Saranno eseguiti in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua; l'intervento non apporterà restringimenti,

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 27 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 29 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

deviazioni dell'asta e modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, infatti, previsti idonei ripristini degli elementi spondali interessati e tutte le profilature saranno ristabilite con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali. Apposite attività consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Nello specifico:

- dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del Fiume 21100, non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità;
- ovviamente, non si darà luogo ad alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle;
- anche durante le fasi lavorative, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori;
- la profondità di posa della tubazione in sub-alveo risulta pienamente commisurata all'esigenza di tutelare la tubazione stessa da eventuali fenomeni erosivi del fondo alveo, indotti dalla portata di massima piena duecentennale, e garantisce l'equilibrio del sistema di forze gravitative e idrauliche, permettendo di escludere qualsiasi interferenza tra tubazione e flusso della corrente.

Considerazioni conclusive

In ragione delle scelte progettuali e del sistema d'attraversamento, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni conclusive.

- *Assenza di modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo.* L'intervento non induce modifiche all'assetto morfologico dell'alveo inciso, sia dal punto di vista planimetrico sia altimetrico, garantendo il mantenimento delle caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.
- *Assenza di modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.* Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata con ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), non sarà determinato alcun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.
- *Assenza di riduzione della capacità d'invaso.* Le modalità esecutive previste non creeranno 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 sottrarranno capacità d'invaso.
- *Assenza di alterazione delle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.* Le modalità esecutive previste sono tali da non indurre effetti impattanti con il contesto naturale della regione fluviale, che possano pregiudicare in maniera "irreversibile" l'attuale assetto paesaggistico. Condizioni d'impatto sono limitate alle sole fasi di costruzione e per questo destinate a scomparire nel tempo, con la ricostituzione delle componenti naturalistiche ed ambientali.

In sintesi, l'intervento in progetto può ritenersi compatibile con le misure stabilite dagli strumenti di tutela dei corpi idrici e dal PAI Sardegna, sia per la natura dell'opera sia per gli accorgimenti esecutivi previsti.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 1 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

METANIZZAZIONE REGIONE SARDEGNA TRATTO SUD

METANODOTTO CAGLIARI – PALMAS ARBOREA
DN 650 (26") - DP 75 bar

ATTRAVERSAMENTO FIUME 488 (Localmente noto come Riu Mellas)

RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

0	Emissione	F. CALLAI F.FANELLI	M.FORNAROLI	V.FORLIVESI O.CORDA	29/06/2018
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 2 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Oggetto della relazione	3
1.2	Elaborati progettuali di riferimento	3
1.3	Definizioni	4
1.4	Normativa di Riferimento	5
2	PAI. DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA	6
3	AMMISSIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LE PREVISIONI DEL PAI	9
4	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	12
5	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	15
5.1	Lineamenti geologici e strutturali generali	15
5.2	Rappresentazione cartografica locale	18
5.3	Caratteri litologici e geomorfologici locali	19
5.4	Caratteri idrogeologici locali	20
6	ANALISI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI BASE	22
6.1	Caratterizzazione idrologica	22
6.2	Stima della portata di piena di riferimento	22
6.3	Valutazioni idrauliche preliminari	26
7	CONCLUSIONI	29

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 3 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto della relazione

La realizzazione del metanodotto Cagliari – Palmas Arborea, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del corso d'acqua "Fiume 488", nel territorio del Comune di Palmas Arborea, nella provincia di Oristano.

L'identificazione nominale "Fiume 488", è data in base al reticolo idrografico della Regione Autonoma della Sardegna disponibile nel Data Base Multiprecisione (DBMP).

L'ottimizzazione planimetrica del tracciato e il profilo di posa della tubazione attraverso l'alveo del corso d'acqua sono stati individuati in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico e idraulico. Tali valutazioni, basate su apposite indagini eseguite, hanno dato modo di acquisire le necessarie conoscenze sulle caratteristiche di dettaglio del corridoio individuato dal tracciato in progetto e sulle condizioni di stabilità delle aree da attraversare, ivi compreso il corso d'acqua di interesse. Gli aspetti idraulici e idrologici sono stati contemplati in conformità ai dati ed alle informazioni rese disponibili dagli strumenti di pianificazione territoriale di settore.

Nella presente relazione, in particolare, sono descritte le analisi condotte per la valutazione delle condizioni di compatibilità idraulica dell'attraversamento in sub-alveo e le relative conclusioni. Difatti, il tronco di diretto interesse del corso d'acqua ricade in zona perimetrata come area a pericolosità idraulica, nello specifico l'area è stata perimetrata successivamente all'evento alluvionale del 18/11/2013 denominato "Cleopatra", le stesse perimetrazioni sono state confermate dallo studio Idraulico eseguito dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle norme di attuazione del PAI¹. Tale strumento di pianificazione territoriale, all'art. 21, stabiliscono, in linea generale, che le attività di progettazione di infrastrutture a rete o puntuali siano tali da garantire che gli interventi "conservino le funzioni e il livello naturale dei corsi d'acqua; non creino in aree pianeggianti impedimenti al naturale deflusso delle acque; prevedano l'attraversamento degli alvei naturali ed artificiali e delle aree di pertinenza da parte di condotte in sotterraneo a profondità compatibile con la dinamica fluviale". Oltre ciò il citato strumento di pianificazione locale stabilisce norme specifiche per gli interventi ammessi nelle aree identificate come soggette a pericolosità idraulica. La presente relazione tende a fornire, pertanto, la verifica di tale complesso di prescrizioni.

In relazione alle analisi condotte, è stato anche possibile stimare, in via preliminare, la profondità minima di posa della tubazione affinché sia tale da garantirne la sicurezza nei riguardi degli effetti erosivi che potrebbero verificarsi sul fondo d'alveo.

1.2 Elaborati progettuali di riferimento

Per le caratteristiche progettuali dell'attraversamento, comprendenti le specifiche geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa della stessa, nonché gli elementi tipologici e dimensionali dell'intervento previsto, la presente relazione ha riferimento negli elaborati di seguito elencati:

¹ Regione Autonoma della Sardegna, Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna; "Piano assetto idrogeologico. Norme di attuazione"; Testo coordinato, Febbraio 2018.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 4 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

- MET. CAGLIARI PALMAS ARBOREA DN 650 (26") - PLANIMETRIA "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PERICOLOSITÀ IDRAULICA" 1:10.000, PG PAI 103.

A tali elaborati si rimanda per quanto non espressamente descritto nella presente relazione e per ogni correlato approfondimento.

1.3 Definizioni

Metanodotto

Accezione convenzionale associata ad una specifica tipologia di gasdotto, che identifica una condotta di considerevole importanza per il trasporto del gas tra due punti di riferimento. È designato con i nomi dei comuni o delle località dove l'opera ha origine e fine, e in relazione alla finalità del trasporto.

Linea o Condotta

Insieme di tubi, curve, raccordi, valvole ed altri pezzi speciali, uniti tra loro per il trasporto del gas; a sviluppo interrato ma comprensiva di parti fuori terra.

Punti di intercettazione

In accordo alla normativa vigente (DM 17.04.08), la condotta sarà sezionabile in tronchi mediante apparecchiature di intercettazione (valvole) denominate:

- Punto di intercettazione di derivazione importante (PIDI) che, oltre a sezionare la condotta, ha la funzione di consentire sia l'interconnessione con altre condotte, sia l'alimentazione di condotte derivate dalla linea principale;
- Punto di intercettazione di linea (PIL), che ha la funzione di sezionare la condotta interrompendo il flusso del gas;

"Pig" di ispezione

Strumento costituito da affusto metallico, dischi di poliuretano, induttori e sensori, avente la funzione di rilevare, localizzare e dimensionare le caratteristiche della condotta.

Stazione di lancio e/o ricevimento "pig"

Area recintata contenente un complesso di dispositivi idonei al lancio e/o ricevimento dei "pig".

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 5 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

1.4 Normativa di Riferimento

Per quanto di seguito descritto, in relazione alla progettazione dell'opera ed alle analisi di compatibilità condotte, si ha riferimento negli strumenti normativi e documenti tecnici di seguito elencati.

Criteria generali di progettazione del metanodotto

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

Pianificazione territoriale di settore

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale, PAI Sardegna, redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge 180/1998, approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006. Norme di attuazione testo coordinato "Febbraio 2018";
- Piano di gestione del rischio di alluvioni, redatto in recepimento della direttiva 2007/60/CE e del relativo D.Lgs. 23/02/2010 n. 49, predisposto, revisionato e aggiornato dall'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016,
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) - adottato in via definitiva dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013;
- STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA E GEOLOGICA-GEOTECNICA DEL TERRITORIO AI SENSI DEGLI ARTICOLI 4, 8 E 26 DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL P.A.I., adottato con delibera del Consiglio Comunale di Palmas Arborea n. 5 del 27.04.2016.

Aspetti generali di carattere ambientale e idraulico

- D.Lgs. 03/04/2006 n.152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- D.Lgs. 23/02/2010 n. 49. Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- R.D. 11/12/1933, n. 1775 e ss.mm.ii. Testo unico delle disposizioni sulle acque e sugli impianti elettrici.
- L. 05/01/1994 n.37. Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche.
- D.Lgs. 22/01/2004 n. 42 e ss.mm.ii. Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n.137.

Aspetti geotecnici

- D.M. Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», emesse ai sensi delle leggi 05/11/1971, n. 1086, e 02/02/1974, n. 64, riunite nel "Testo Unico per l'Edilizia" di cui al D.P.R. 06/06/2001, n. 380, e dell'art. 5 del Decreto Legge 28/05/2004, n. 136, convertito in Legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004, n. 186 e ss.mm.ii.
- UNI EN 1997-1, Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 6 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

2 PAI. DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA

Con deliberazione n. 45/57 in data 30.10.1990, la Giunta Regionale suddivide il Bacino Unico Regionale in sette Sub-Bacini, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque) redatto nel 1987.

L'intero territorio della Sardegna è suddiviso in sette sub-bacini, ognuno dei quali, pur con forti differenze di estensione territoriale, è caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche.

Sulla base di questa suddivisione, il tracciato del Matanodotto tratto Sud interessa il Sub-Bacino 2 "Tirso", il Sub-Bacino 7 "Flumendosa – Campidano - Cixerri" ed il Sub-Bacino 1 "Sulcis". (Figura 2.1)

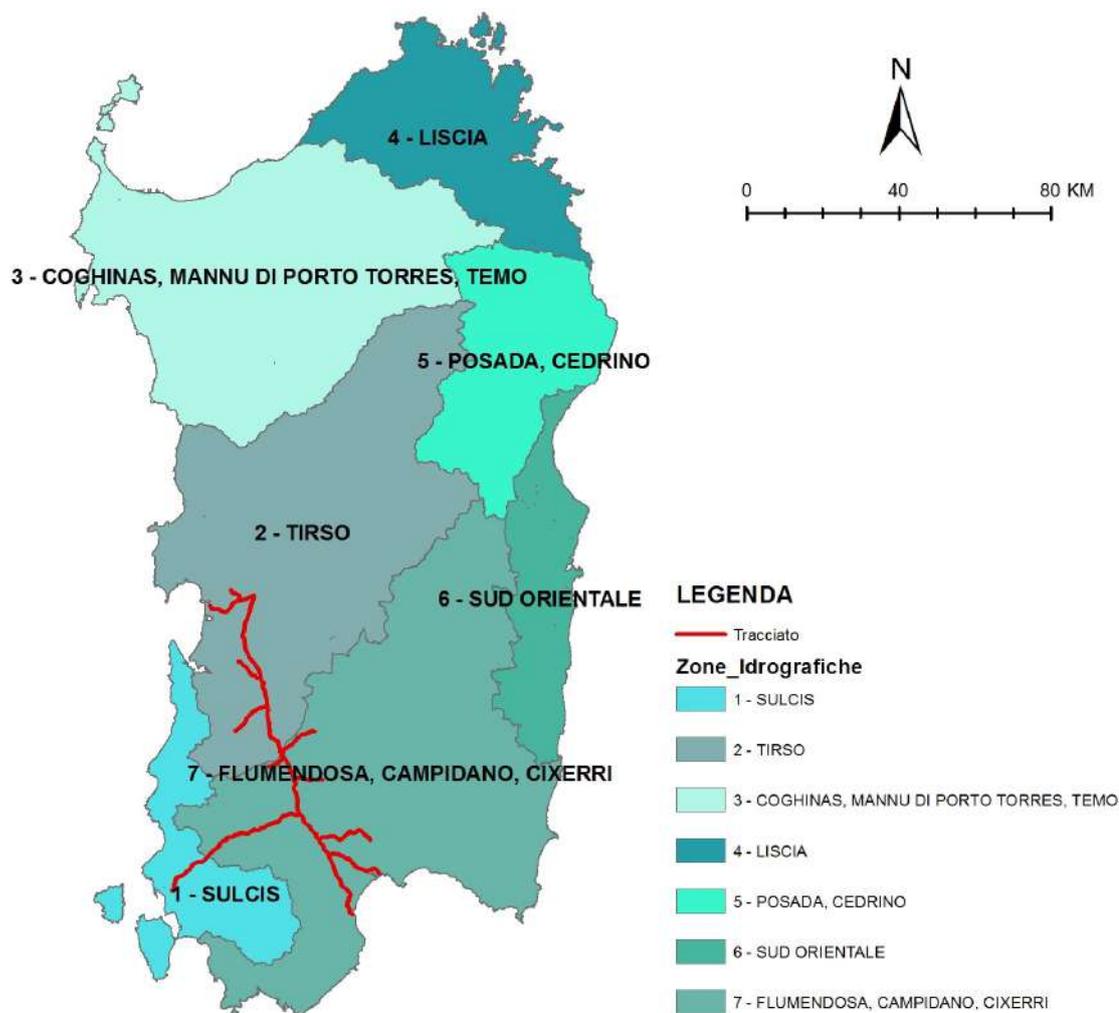


Figura 2.1: Suddivisione del territorio regionale nei 7 in Sub-Bacini, con inserito il tracciato dell'opera in progetto.

In data 11.03.2005 viene pubblicato sul B.U.R.A.S. il Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici n. 3 del 21.02.2005 con il quale è stata resa esecutiva la Deliberazione n.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 7 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

54/33 assunta in data 30.12.2004 dalla Giunta Regionale, in qualità di Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino.

Con tale deliberazione cui è stato adottato il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (in seguito denominato P.A.I.), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998.

In conformità con quanto previsto dalle Norme di Attuazione del P.A.I., Titolo III "Controllo del Rischio nelle Aree di Pericolosità Idrogeologica", Capo I – "Norme Comuni per la disciplina degli Interventi nelle Aree di Pericolosità Idrogeologica", articolo 23 comma 6 lettera b, gli interventi e le opere ammissibili nelle aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media sono effettivamente realizzabili subordinatamente alla presentazione, alla valutazione positiva e all'approvazione dello Studio di Compatibilità Idraulica o Geologica e Geotecnica di cui agli articoli 24 e 25 delle stesse N.d.A. del P.A.I.

Con la pubblicazione del testo coordinato delle N.d.A. del P.A.I. edizione Febbraio 2018, le modifiche apportate all'articolo 21 e nello specifico al comma 2, lo studio di compatibilità idraulica per le opere di attraversamento degli alvei non è richiesto.

Ciò nonostante viene richiesto al soggetto attuatore di sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese le condotte qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico, ragion per cui con il presente studio si intende calcolare lo scalzamento massimo, ovvero, la minima profondità di interrimento del metanodotto in progetto al fine di evitare fenomeni di messa a giorno della condotta dovuti a diversi fenomeni di erosione del fondo alveo.

L'individuazione delle aree a pericolosità idraulica che interferiscono con il tracciato del metanodotto è stata condotta in riferimento alla cartografia del P.A.I. pubblicata dalla R.A.S. sul sito web "SardegnaGeoportale" da cui è possibile scaricare gli shape file dei dati del DB Unico del S.I.T.R.. Gli shape file consultati sono: "Pericolo Idraulico Rev.41" e "Art.8 Hi V.09" entrambi caricati sul portale in data 31.01.2018.

L'analisi è stata condotta anche in riferimento alla cartografia Piano di Gestione Rischio Alluvioni (di seguito P.G.R.A.) aggiornata al 2016 che, eseguendo un involucro delle perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate nell'ambito della predisposizione del PAI e sue varianti e di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, aggiornate alla data del 31.12.2016, armonizza è uniforme in un unico elaborato i dati suddetti.

Inoltre la cartografia sopra descritta è stata implementata con il reperimento delle carte di pericolosità idraulica redatte dai singoli comuni ai sensi dell'Art.8 c.2 delle N.d.A. del PAI, per le quali vigono le norme di salvaguardia.

Il risultato finale dell'analisi dei vari strumenti di pianificazione in campo idrogeologico è stata la redazione della cartografia di involucro delle varie pericolosità, considerando per le aree perimetrate da diversi strumenti di pianificazione il livello di pericolosità maggiore (Hi max).

Il corso d'acqua oggetto della presente relazione viene meglio inquadrato nella carta PG PAI 103 - MET. CAGLIARI PALMAS ARBOREA DN 650 (26") - PLANIMETRIA "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PERICOLOSITÀ IDRAULICA" 1:10.000, di cui si riporta di seguito uno stralcio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 8 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

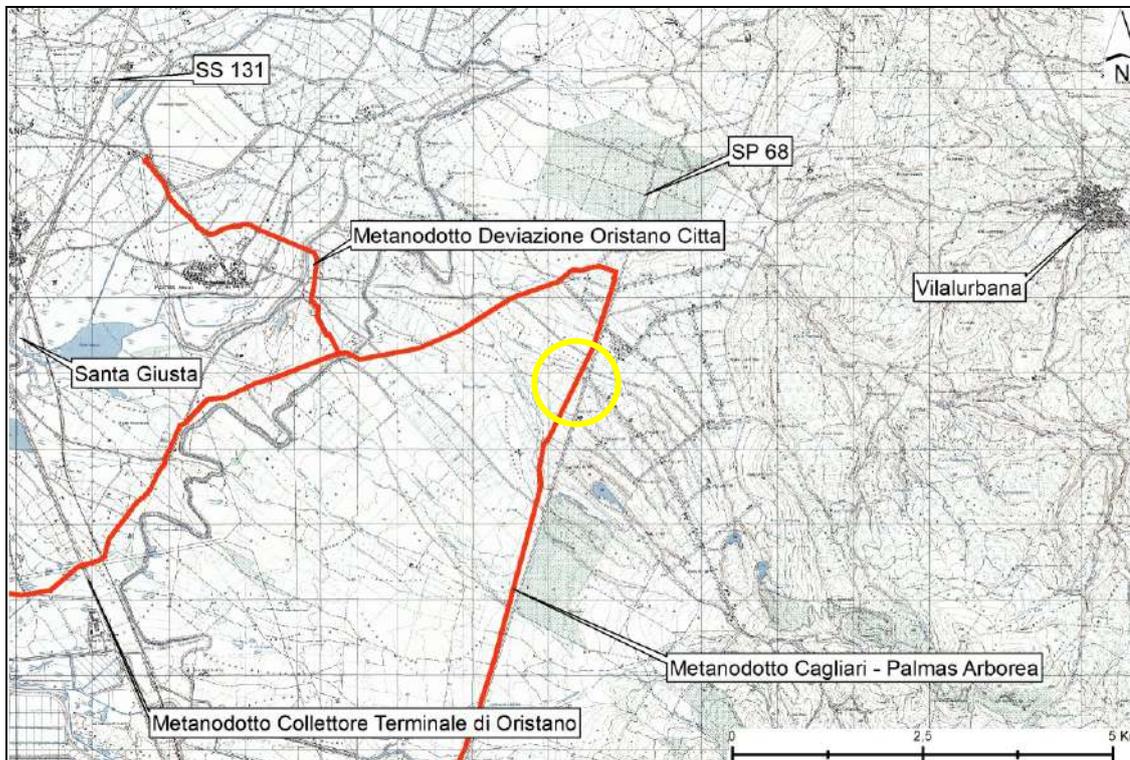


Figura 2.2 : Inquadramento territoriale dell'area in cui avverrà l'attraversamento in sub alveo.

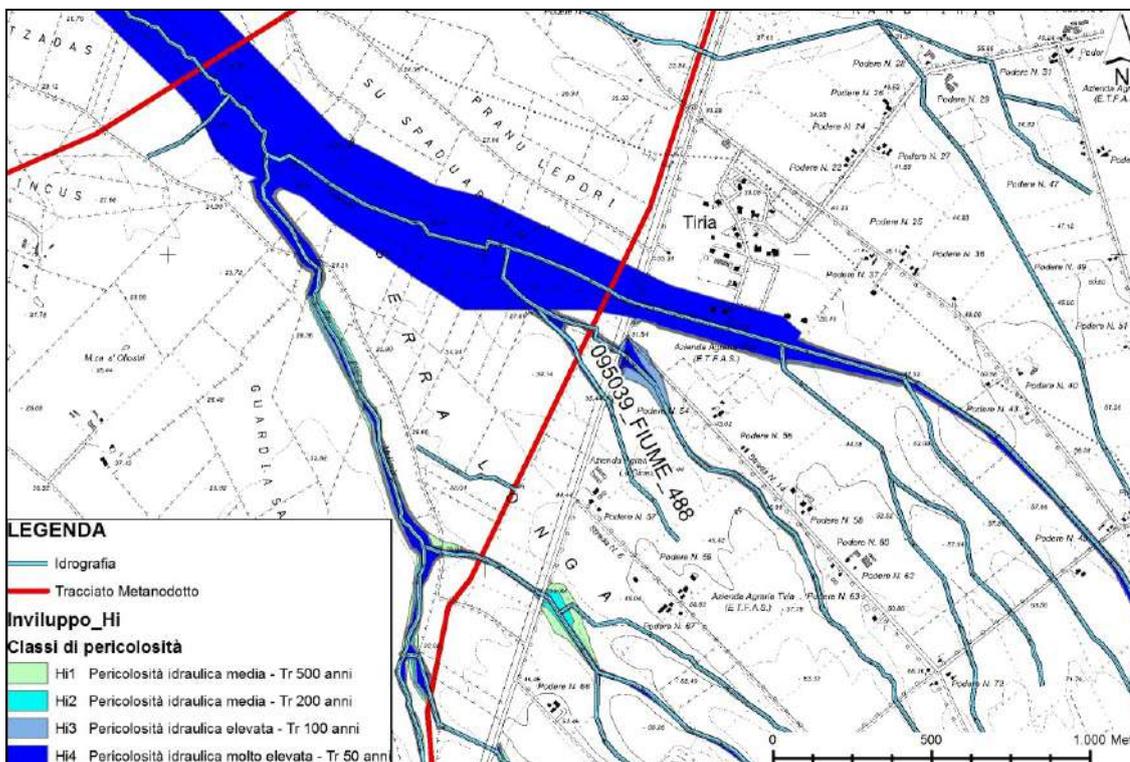


Figura 2.3 : Inviluppo di pericolosità idraulica con evidenziata in giallo l'area in studio, per maggiori dettagli Tavola PG PAI 103.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 9 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

3 AMMISSIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LE PREVISIONI DEL PAI

L'intersezione tra il metanodotto Cagliari Palmas Arborea è il reticolo idrografico avviene in corrispondenza del Fiume 488" (Localmente noto come Riu Mellas), nel territorio di Palmas Arborea, in corrispondenza di un'area a pericolosità idraulica Hi4, perimetrata successivamente all'evento alluvionale del 18/11/2013 denominato "Cleopatra", le perimetrazioni sono state confermate dall'Art. 8 coma 2 del comune di Palmas Arborea.

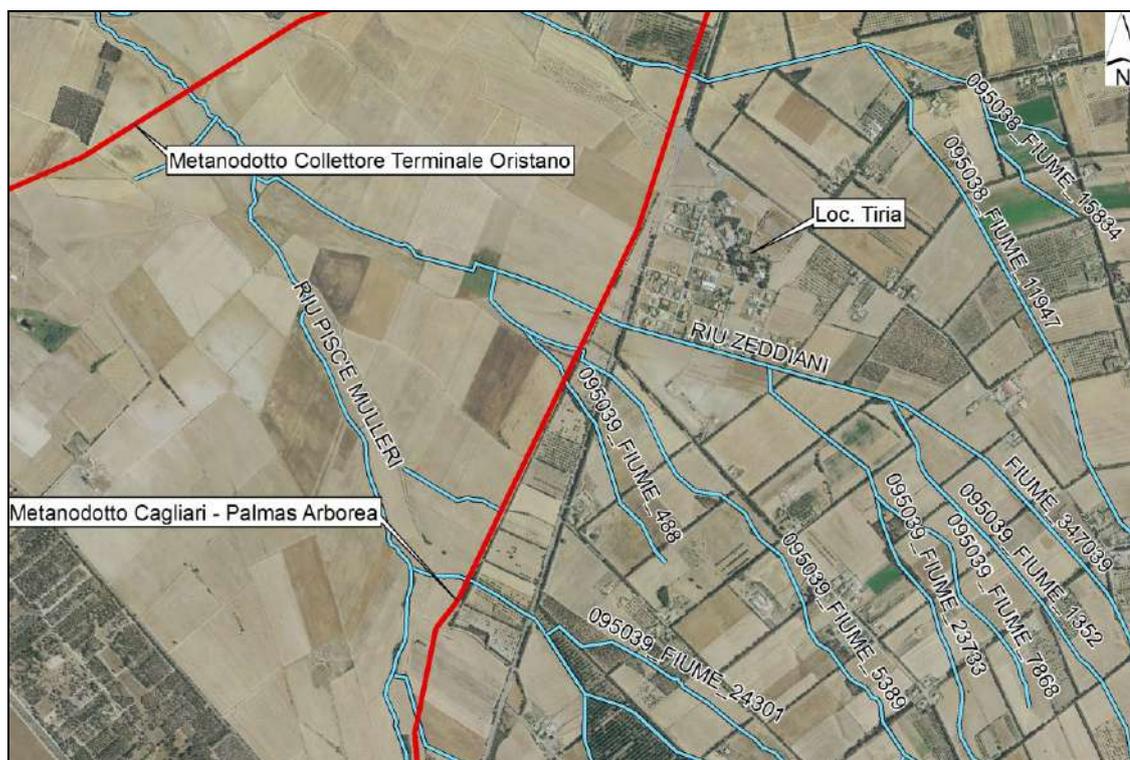


Fig. 3.1 - Rappresentazione dell'intervento su base ortofoto RAS 2016

La sezione progettualmente definita per l'attraversamento in sub-alveo interessa il "Fiume 488", in un tronco vallivo, a monte dell'immissione nel "Riu Zeddiani" nel comune di Palmas Arborea ; qui l'alveo inciso scorre in una zona pianeggiante, generalmente compresa tra 30÷25 m s.l.m., tra le località "Pranu Lepori e Guardia Carroga".

Il metanodotto Cagliari – Palmas Arborea, rientra nel quadro generale dell'intervento di distribuzione del gas naturale nella Regione Sardegna. L'opera, nel cui quadro esecutivo generale ricade l'intervento qui descritto, è prevista dagli strumenti nazionali e regionali di pianificazione energetica. In particolare, il Piano Energetico Ambientale della Regione Sardegna 2015-2030 (P.E.A.R.S., obiettivo OS2.3, pag. 51 e cap. 12) individua la metanizzazione tra le scelte fondamentali, sulla base delle direttive e delle linee di indirizzo definite dalla programmazione comunitaria, nazionale e regionale, e identifica l'utilizzo del gas naturale, quale vettore energetico fossile di transizione, come strumento mirato alla sicurezza energetica della Regione. Inoltre, l'opera di metanizzazione della Sardegna è esecutivamente definita, come tema centrale della politica energetica nazionale, nel documento che delinea la

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 10 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

Strategia Energetica Nazionale (S.E.N. 2017, allegato II, Ministero dello Sviluppo Economico e Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare), che ne ha determinato gli aspetti concreti di fattibilità, in coerenza con il Piano energetico regionale. Il sistema delle risorse finanziarie, ordinarie ed aggiuntive, a tal fine identificate, è specificatamente delineato nel Patto per lo Sviluppo della Regione (Patto per lo sviluppo della regione Sardegna, Attuazione degli interventi prioritari e individuazione delle aree di intervento strategiche per il territorio, 29 luglio 2016), sottoscritto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri e dalla Presidenza della Regione Sardegna.

Come di seguito più dettagliatamente illustrato, il tracciato del metanodotto deriva da un accurato studio del territorio, come risultato finale di una serie di possibili corridoi tra loro alternativi. Il tracciato di progetto scaturisce, infatti, dal confronto tra tutti i fattori condizionanti che caratterizzano detti corridoi, sia in termini ambientali sia in termini esecutivi; costituendo la sintesi che permette di minimizzare ogni possibile impatto, garantendo, nel contempo, opportune condizioni di esercizio, di controllo e di manutenzione dell'opera.

Il progetto in questione rientra quindi tra quelle opere infrastrutturali non vincolate da prescrizioni che ne impediscono la realizzazione in senso assoluto, purché sia accertabile che gli effetti sull'assetto morfologico-idraulico del corso d'acqua non determinino modificazioni sostanziali rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche locali preesistenti, e l'opera non alteri i fenomeni idraulici naturali. Nella presente relazione un apposito capitolo descrive il dettaglio delle modalità esecutive previste per la posa della tubazione interrata, al fine di consentire un diretto riscontro con riferimento a dette condizioni.

Come esposto successivamente, in progetto non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno delle perimetrazioni.

Le opere in progetto consisteranno essenzialmente nella posa in sub-alveo della tubazione per il trasporto del gas, e saranno eseguite in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua. L'intervento non apporterà variazioni delle condizioni idrauliche dell'alveo, non si realizzeranno restringimenti, deviazioni dell'asta o modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, inoltre, previsti idonei ripristini degli elementi d'argine, interessati dai lavori di posa del metanodotto. In particolare, si ristabiliranno le condizioni di delimitazione dell'alveo attualmente esistenti; tutte le profilature saranno ripristinate con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali; apposite attività di ripristino vegetazionale consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Per quanto attiene all'eventuale diversa localizzabilità dell'intervento, come in precedenza introdotto, il tracciato del metanodotto, sia in base alle leggi vigenti sia in base a norme specifiche di qualità tecnica progettuale e costruttiva, è il risultato dell'analisi comparativa di diverse soluzioni e di diversi possibili corridoi di esecuzione. La scelta definitiva del tracciato dipende, infatti, da numerosi fattori:

- compatibilità con il contesto insediativo del territorio e con le previsioni di sviluppo urbanistico;
- interferenze con aree soggette a condizioni di salvaguardia ambientale o soggette a specifiche forme di tutela e con aree ecologicamente sensibili;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 11 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

- esigenza di parallelismo con altri gasdotti o con altre infrastrutture a sviluppo lineare, presenti nel territorio, quali oleodotti, elettrodotti, strade, canali, ecc., al fine di concentrare la presenza di infrastrutture lineari sul territorio;
- stabilità dell'opera in relazione a condizioni di pericolosità di natura geologica, geomorfologica e alla natura dei terreni;
- necessità di definire la posizione dei punti di linea, degli impianti, delle centrali e dei nodi di smistamento, tenendo presente le esigenze di accessibilità agli stessi, per il personale ed i mezzi necessari alla sorveglianza, all'esercizio ed alla manutenzione;
- distanze di sicurezza da nuclei abitati e da fabbricati destinati a collettività e a concentrazione di persone, distanze di sicurezza da singoli fabbricati ivi compresi quelli destinati a presenza di persone solo occasionale;
- distanze di rispetto da aree per le quali vigono limiti imposti a tutela di opere militari, di installazioni permanenti e semipermanenti di difesa, di campi di esperienze e poligoni di tiro;
- distanze di rispetto nei confronti di altre condotte interrato, di linee elettriche aeree e interrate, di officine elettriche, di sottostazioni di trazione elettrica, di linee ferroviarie e ferrotranviarie e delle relative opere d'arte;
- specifiche modalità di attraversamento delle infrastrutture stradali;
- distanze di rispetto da cave e da aree dedicate a scavi in genere, per ricerca o estrazione di sostanze minerali;
- idoneità dei siti di esecuzione in relazione alle condizioni di sicurezza nei confronti di terzi e degli operatori preposti alla esecuzione.

In base a quanto sinteticamente elencato (che non costituisce l'intero complesso di elementi condizionanti la scelta del tracciato), sono stati identificati i siti di attraversamento dei corsi d'acqua, la cui localizzazione risponde alle esigenze di ottimizzazione del tracciato, nel rispetto del complesso dei vincoli cui esso è assoggettato. La soluzione determinata progettualmente è comunque sempre strutturata in modo da evitare alterazioni della conformazione dei corsi d'acqua.

Nello specifico, dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del "Fiume 488", non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità. Considerata inoltre la natura degli interventi, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle.

Come di seguito riportato, la profondità di posa in sub-alveo e i potenziali effetti delle massime portate al colmo, attestati dalle modellazioni numeriche condotte in fase di progettazione, risultano pienamente compatibili.

Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, non è possibile che la realizzazione dell'attraversamento in sub-alveo, alla profondità di sicurezza determinata, possa in alcun modo esserne di ostacolo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 12 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, di seguito descritte, è stata determinata la soluzione di progetto idonea per la collocazione in sub-alveo della tubazione, mediante la tecnica esecutiva di scavo a cielo aperto della trincea di posa. Si specifica che, sia a tutela delle infrastrutture da realizzare sia per il rispetto dei criteri generali delle Norme di attuazione del PAI, non verranno realizzate infrastrutture (trappole e punti di linea) nelle aree inondabili ai margini dell'alveo ove risultano perimetrate specifiche condizioni di pericolosità idraulica, quindi saranno del tutto assenti opere fuori terra, che possano incidere sul deflusso di portate eccezionali.

L'attraversamento in sub-alveo è previsto in un tratto del Fiume 488", in cui l'alveo si presenta con tracciato rettilineo, a monte dell'immissione dello stesso torrente nel Riu Zeddiani nel territorio comunale di Palmas Arborea.

La condotta attraverserà il corso d'acqua con direzione NE-SW, in un tronco d'alveo a fondo sostanzialmente piatto. L'alveo non è ben definito, si suppone che lo stesso si instauri in corrispondenza di eventi pluviometrici più o meno intensi.

La metodologia esecutiva dell'attraversamento consisterà sostanzialmente

- nello scavo di una trincea lungo il profilo di progetto del metanodotto nella sezione prestabilita del corso d'acqua, fino al raggiungimento delle quote di posa,
- nell'assemblaggio, in prossimità del sito di intervento, delle barre di tubazione trasportate dallo stabilimento di produzione e nel successivo alloggiamento in fondo-scavo;
- nel rinterro degli scavi e nel contestuale ripristino morfologico dell'area, ivi comprese le eventuali opere di protezione idraulica ivi presenti.

Tale sistema di realizzazione è caratterizzato dalla adattabilità delle metodologie costruttive alle specifiche condizioni del corso d'acqua; soprattutto per quanto attiene all'utilizzo dei mezzi operativi ed alle sequenze delle fasi di scavo, posa e rinterro della tubazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 13 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035



Fig. 4.1- Rappresentazione fotografica dell'alveo in prossimità del tronco sede di attraversamento

Di norma, le attività preliminari prevedono il taglio della vegetazione presente nell'ambito dell'area da occupare temporaneamente con i lavori e nella asportazione del terreno vegetale lungo l'asse di posa fuori alveo. Quest'ultimo viene accantonato al bordo pista per essere riposizionato nelle fasi conclusive dei ripristini.

L'ampiezza della pista di lavoro, ottenuta, ove necessario, livellando il terreno ai lati del tracciato, è determinata in base al diametro della condotta, tenuto conto delle caratteristiche morfologiche dei terreni, del contesto ambientale e di eventuali particolarità inerenti le modalità esecutive dei lavori. Nell'ambito di quest'area sono eseguite le attività per il montaggio della tubazione e viene depositato il terreno di scavo.

In relazione alle specifiche caratteristiche idrauliche del corso d'acqua, al periodo climatico di esecuzione, ai volumi di deflusso attesi nel corso delle operazioni esecutive ed alla durata delle stesse, la sequenza operativa dei lavori può essere articolata con uno dei seguenti modi:

- lavori in continuità con quelli di linea; tale procedura riguarda l'attraversamento di corsi d'acqua "poco importanti" (in relazione all'aspetto idraulico, alla morfologia dei terreni e a rischi di tipo operativo) o caratterizzati da periodi di "secca" o di magra, anche se di breve durata; in tali condizioni i lavori di scavo, posa e rinterro della condotta vengono effettuati in continuità con quelli lungo la linea; in genere si tratta di torrenti, o canali, caratterizzati da modesti valori di portata, che pertanto non necessitano di una specifica struttura atta a consentirne il minimo deflusso, che può essere garantito mediante dispositivi ordinari;
- lavori per "fasi chiuse"; tale procedura prevede che si completi ogni fase prima dell'inizio della successiva; eseguendo in progressione scavo, posa della condotta e rinterri; questa sequenza viene adottata ogni qualvolta è necessario garantire lo

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 14 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

smaltimento di un'eventuale portata non trascurabile, che dovesse manifestarsi durante la costruzione.

Durante le fasi lavorative con le tecniche costruttive sopracitate, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori.

Le dimensioni delle sezioni di scavo sono progettualmente definite in base al diametro della condotta, alla profondità di posa, alle caratteristiche geotecniche del terreno. Per profondità piuttosto elevate e quando la configurazione idraulica lo consente, sono effettuati scavi di pre-sbancamento preliminari ma per profondità limitate, come nel caso di interesse, gli scavi a sezione obbligata sono in genere di sezione trapezia con angolo di inclinazione delle pareti subordinato, come detto, alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni attraversati.

In prossimità dell'alveo si rilevano i sedimenti della piana alluvionale in cui scorre il corso d'acqua, costituiti prevalentemente da sabbie e sabbie limose con ghiaie ad elementi poligenici ed eterometrici. Per il rinterro della tubazione posata in trincea, si prevede sia utilizzato totalmente il materiale di risulta, accantonato ai margini della pista di lavoro all'atto dello scavo; per cui non si darà luogo ad alterazioni della permeabilità in alveo e lungo l'asse di posa della tubazione.

Al termine del complesso dei lavori necessari per dare l'opera finita si, ristabilirà l'originale conformazione plano-altimetrica delle aree interessate, senza alcuna modificazione della sezione idrica offerta al deflusso di piena. In tal modo, l'intervento in progetto non apporterà alterazioni alle condizioni geometriche ed idrauliche dell'alveo. Considerata inoltre la natura dei lavori, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza dei terreni e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della capacità di laminazione naturale dell'alveo e della portata naturalmente rilasciata a valle: l'opera risulta ininfluente sulle condizioni di smaltimento delle portate del corso d'acqua

Apposito collaudo del tronco di attraversamento sarà effettuato riempiendo la tubazione con acqua, sottoposta, secondo predefinite specifiche tecniche, a pressione corrispondente al raggiungimento dei valori delle sollecitazioni ammissibili di progetto.

Le modalità esecutive, la profondità stabilita per la posa in trincea e gli specifici accorgimenti previsti consentiranno il ripristino morfologico dei luoghi senza alcuna condizione di rischio da potenziali fenomeni erosivi del deflusso di piena; cosicché, oltre a non potersi avere interferenza diretta tra la condotta ed i deflussi fluviali, si eviteranno anche alterazioni al naturale scorrimento delle acque meteoriche e nella circolazione idrica sotterranea.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 15 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Il progetto della rete di metanodotti e degli impianti ad esso connessi contempla lo studio geologico e morfologico del territorio d'interesse al fine di:

- fornire una descrizione dell'ambiente geologico nel quale saranno realizzate le opere in progetto;
- rappresentare le unità litostratigrafiche locali, con particolare riferimento ad una fascia di un chilometro entro cui si prevede il tracciato della tubazione e la localizzazione degli impianti;
- acquisire informazioni sulle condizioni generali di stabilità del territorio interessato dalle esecuzioni;
- caratterizzare le condizioni locali di pericolosità geologica ed idraulica.

Per tali scopi, è stato descritto l'assetto geologico-strutturale di insieme, analizzato in dettaglio l'assetto litostratigrafico locale e valutato le situazioni di potenziale criticità presenti nell'area di intervento oggetto della presente relazione.

5.1 Lineamenti geologici e strutturali generali

Nell'ambito degli obiettivi del presente lavoro viene sinteticamente illustrato l'insieme di avvenimenti che hanno portato all'attuale configurazione geo-strutturale del settore sud-occidentale della Sardegna, attraversato dal tracciato del gasdotto, comprendente il Sulcis-Iglesiente e l'intera area del Campidano.

Le successioni litologiche più antiche (Cambriano Inferiore - Carbonifero inferiore), costituenti il basamento metamorfico-cristallino dell'isola, fanno parte di un segmento della catena Varisca europea, oggetto di intense deformazioni plicative polifasiche, metamorfismo sin-cinematico e un importante magmatismo post-collisionale (Batolite Sardo-Corso).

Nell'ambito del settore di interesse, le rocce costituenti il basamento Paleozoico metamorfico affiorano estesamente lungo il margine occidentale della piana del Campidano, nelle regioni storico geografiche del Sulcis-Iglesiente e nell'ampia vallata del Rio Cixerri, mentre lungo il margine orientale del Campidano queste sono presenti solo in limitati settori (es: Sardara, Villagrega). Le unità intrusive tardo varisiche, che intrudono il basamento metamorfico dando origine al Batolite Sardo-Corso, affiorano diffusamente sia nel Sulcis sia nel Villacidrese-Arburese. Nel Carbonifero superiore e nel Permiano la Sardegna, trovandosi in prevalenti condizioni di continentalità e di relativa stabilità tettonica, si caratterizza per presupposti deposizionali favorevoli alla sedimentazione entro bacini lacustri e/o fluvio-lacustri, che nel settore SW dell'isola ha lasciato tracce soprattutto nell'Iglesiente (es: Campo Pisano, San Giorgio); nell'Arburese (settore di Scivu, Punta Acqua Durci) sono invece presenti testimonianze dell'intenso vulcanismo a carattere ignimbrítico e composizione riodacitica sempre del Permo-Carbonifero.

Nel Mesozoico, la Sardegna si presentava come una vasta area cratonica relativamente stabile e parzialmente sommersa dal mare, dove si instaurano le condizioni che portano alla formazione di potenti successioni sedimentarie carbonatiche di ambiente marino che nel sud dell'isola interessano in modo discontinuo solo limitati settori, attualmente individuabili nell'area costiera del Sulcis-Iglesiente (es: Isola di Sant'Antioco, zona di Porto Pino) e dell'Arburese in

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 16 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

rappresentanza di una originaria maggiore diffusione che trova la sua prosecuzione naturale della Nurra (es.: Capo Caccia e dintorni).

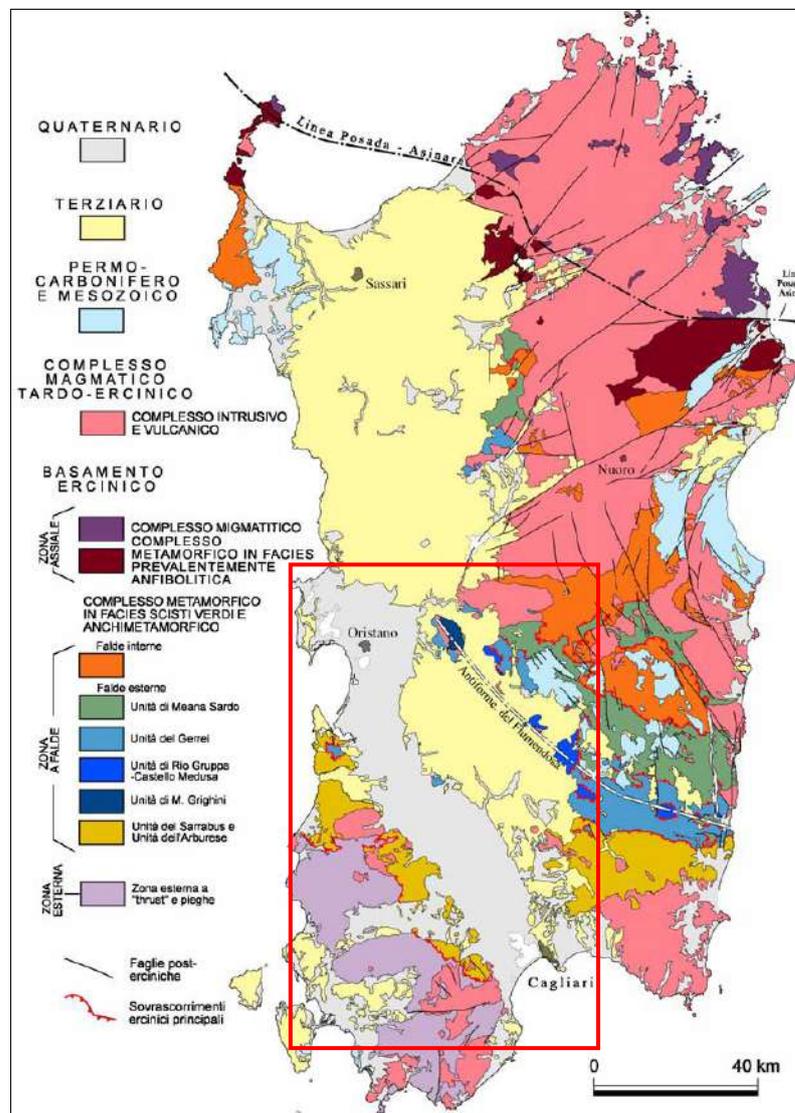


Figura 5.1: Schema geologico-strutturale della Sardegna, il rettangolo di colore rosso indica l'area di indagine.

Durante il Terziario, benché al di fuori della zona orogenica alpina in s.s., l'isola si trova ai margini di due aree caratterizzate da altrettanto importanti fenomeni orogenici che hanno portato alla formazione dei Pirenei e degli Appennini. Nell'Eocene medio infatti, la fase orogenica pirenaica induce nella Sardegna (che allora faceva ancora parte del margine continentale sud-europeo) deformazioni che pongono fine alla sedimentazione marino-paralica (F.ni del Miliolitico e del Lignitifero) attivatasi nel settore sulcitano già a partire dal Paleocene e protrattasi per tutto l'Eocene inferiore determinando, conseguentemente, la messa in posto dei sedimenti detritici fluviali (F.ne del Cixerri) alimentati dal settore pirenaico che si spingono sino all'attuale bordo del Campidano orientale (Villagreca- Monastir-Furtei). Durante la fase collisionale

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 17 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

nord-appenninica la Sardegna è interessata da una tettonica prevalentemente trascorrente (prima transpressiva e successivamente transtensiva) che nell'Oligocene superiore-Aquitano determina l'insorgere di un intenso magmatismo a carattere calcoalcalino (sistema arco-fossa) e la formazione di bacini di sedimentazione dapprima continentale evolutasi poi in transizionale e marina, con una diversificazione di facies strettamente connessa con l'evoluzione sin tettonica del margine sud europeo. Nella Sardegna sud-occidentale i depositi corrispondenti, appartenenti al primo ciclo di sedimentazione del bacino oligo-miocenico e individuati con i nomi di F.ne di Ussana, F.ne di Nurallao, F.ne della Marmilla e F.ne dei Calcarì di Villagrecia, sono osservabili soprattutto nelle sub-regioni della Marmilla, Trexenta, Parteolla e solo limitatamente nell'Arburese (Arcuentu) spesso associate o precedute da manifestazioni vulcaniche sia subaeree sia sottomarine, mancando del tutto nel Sulcis-Iglesiente.

I depositi magmatici risultano invece particolarmente diffusi nel distretto sulcitano, comprese le isole di San Pietro e San'Antioco e nel settore di Sarroch-Pula. Altre importanti manifestazioni vulcaniche legate a questa fase tettonica sono ben osservabili nel Guspinese-Arburese (Monte Arcuentu) nonché in prossimità dei bordi occidentali e orientali della piana del Campidano (Monastir-Furtei).

Un'interpretazione in chiave di riattivazione distensiva dei lineamenti trascorrenti più antichi (pirenaici?) può essere prospettata anche per la parte sud-occidentale (Iglesiente-Sulcis) della Sardegna. Gli elementi strutturali principali in quest'area sono costituiti da due bassi strutturali allungati in direzione E-W, che da S verso N sono: il Bacino di Narcao e la Fossa del Cixerri. I bassi strutturali sopra descritti, un tempo interpretati come propagazioni laterali della "Fossa sarda", sono attualmente considerati dagli Autori come sinclinali di crescita sviluppatesi all'interno di una zona compresa tra due faglie trascorrenti destre orientate NW che, come accennato in precedenza, non contengono testimonianze della sedimentazione oligo-miocenica.

Il collasso gravitativo dell'Orogene nord-appenninico durante la fine dell'Aquitano ed il Burdigaliano, porta all'instaurarsi di una tettonica estensionale che conduce ad un'importante fase di rifting (già di impostazione oligocenica), che favorì la separazione e la migrazione verso Sud-Est del blocco Sardo-Corso dal Margine Sud-Europeo e la formazione della "Fossa Sarda" o "rift oligomiocenico sardo" degli Autori. Si tratta di un'estesa depressione tettonica, che dal golfo di Cagliari giunge sino a quello dell'Asinara, sede di una potente sedimentazione prevalentemente marina policiclica caratterizzata dall'alternanza di facies marine-transizionali e continentali che perlomeno sino al Langhiano sono ancora associate al vulcanismo (subaqueo e subaereo) a chimismo calco-alcalino.

Se la fase transpressiva della collisione nord appenninica favorisce l'insorgere del primo ciclo di sedimentazione dapprima continentale, evolutosi in transizionale e poi marina entro innumerevoli piccoli bacini che anticipano la formazione della "Fossa Sarda" vera e propria, nel Burdigaliano superiore la deposizione pertanto riprende (2° ciclo) con un complesso arenaceo-marnoso e marnoso (Formazione delle Marne di Gesturi e F. ne delle Argille di Fangario) che perdura sino al Miocene medio (Langhiano) e che trova continuità con i coevi depositi della Sardegna del nord (Sassarese). Limitatamente al settore meridionale dell'isola, la sedimentazione dentro il bacino miocenico sembra localmente interrompersi per poi riprendere nel Serravalliano con una successione detritica di ambiente fluvio-deltizio e marino-litorale (F.ne delle Arenarie di Pirri) che apre il terzo e ultimo ciclo deposizionale miocenico il quale trova conclusione nel Messiniano con la deposizione della serie carbonatica e evaporitica osservabile

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 18 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

nell'areale cagliaritano (F.ne dei Calcari di Cagliari) e nell'oristanese costiero ("Successione carbonatica del Sinis – Capo Frasca").

Nel Pliocene medio, si attiva una nuova importante fase distensiva conseguente all'apertura del Bacino sud-tirrenico che interessa principalmente la parte meridionale del bacino oligo-miocenico sardo riattivando le linee di debolezza NW-SE e N-S e determinando la formazione del "Graben del Campidano". La nuova depressione strutturale che riprende e in parte accentua la geometria del "rift sardo", si associa un intenso vulcanismo effusivo di tipo fissurale a chimismo da basico fino a subalcalino con contestuale emissione di lave basaltiche che portano alla formazione degli edifici vulcanici del Monte Arci e del Montiferro nonché agli spandimenti basaltici attualmente osservabili nel settore di Capo Frasca-Sinis, dell'alto Oristanese, del settore di Mogoro-Uras-Sardara e delle varie Giare della Marmilla.

La prosecuzione dell'attività tettonica distensiva anche nel Pliocene superiore – Pleistocene inferiore determina l'intensa erosione dei settori di bordo strutturalmente in rilievo e la progressiva colmata della depressione tettonica campidanese con prodotti clastici di ambiente continentale fluvio-torrentizio e lacustre. Durante il Quaternario, in conseguenza degli effetti del glacio-eustatismo, si instaurano inoltre processi morfogenetici di versante, che conseguentemente al ringiovanimento orografico determinato dalle variazioni del livello di base dei mari, accentuano la deposizione all'interno del "graben" del Campidano di potenti depositi detritico-alluvionali di conoide derivati dallo smantellamento dei rilievi impostati su rocce paleozoiche, mioceniche e plioceniche costituenti i margini della depressione campidanese.

La strutturazione tettonica conseguente alla fase distensiva plio-quadernaria e i successivi fenomeni di subsidenza attivi nei settori costieri dell'oristanese e cagliaritano, modificano quasi completamente l'originario schema della idrografia superficiale: sono da riportare infatti a questo periodo importanti fenomeni di cattura fluviale con spostamento dei principali assi drenanti di impostazione miocenica nonché la divisione dei bacini idrografici efferenti al Campidano di Oristano e Campidano di Cagliari in virtù della formazione di un nuovo spartiacque nel settore di San Gavino-Sardara.

Tale azione di modellamento morfodinamico del territorio della Sardegna sud-occidentale, perdura per tutto il Pleistocene superiore con depositi di versante e alluvionali che dalle conoidi bordiere migrano verso le aree depocentrali delle varie piane (Campidano, Cixerri, Sulcis, Pula-Sarroch) alternando fasi di terrazzamento a fasi di sovralluvionamento a causa del susseguirsi di fasi glaciali e interglaciali e relativi abbassamenti/innalzamenti del livello del mare.

Nell'Olocene, con l'ultima risalita eustatica del livello marino, prosegue l'attività di colmata alluvionale delle piane nonché fenomeni di terrazzamento determinati da oscillazioni eustatiche minori e la deposizione di discontinue coltri detritiche di versante, eluvio-colluviali e alluvionali attualmente in evoluzione. Sono da ricondurre all'Olocene pertanto le attuali configurazioni della piana costiera dei golfi di Oristano e di Cagliari con l'insieme di zone umide e di pertinenza dei grandi corsi d'acqua del Tirso e del Mannu-Cixerri.

5.2 Rappresentazione cartografica locale

Con riferimento alla cartografia geologica ufficiale in scala 1:25.000 (Carta Geologica di base della Sardegna) disponibile presso il Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali della R.A.S. – 2008, si riporta di seguito l'elenco

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 19 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

delle unità litostratigrafiche in qualche modo interagenti con il tracciato del metanodotto, suddivise per tipologia di deposito, genesi e intervallo temporale, partendo da quelle più recenti. Ciascuna unità viene altresì individuata attraverso la sigla ufficiale, così come riportato nello stralcio cartografico di Figura 2.1.

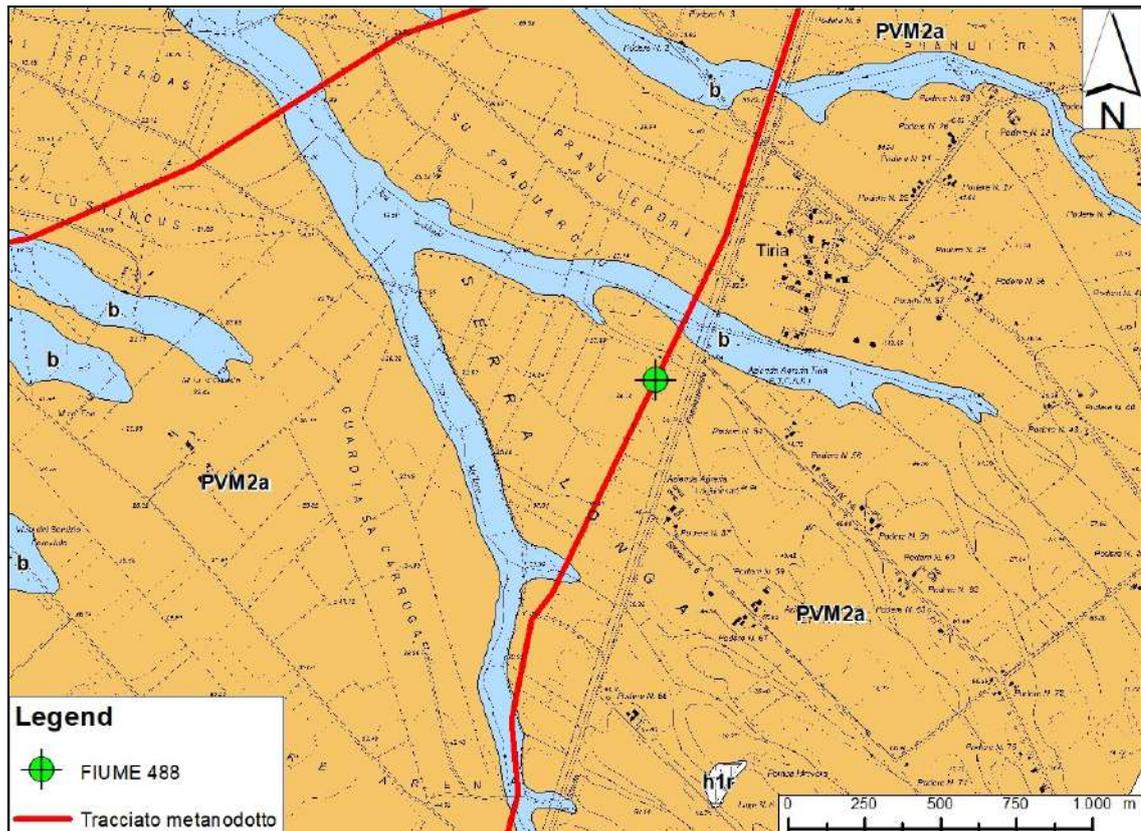


Figura 5.2: Stralcio della carta geologica della Sardegna in scala 1:25.000, con indicata l'area in esame.

Unità litostratigrafiche:

- Depositi antropici. (h1r), Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE
- Depositi alluvionali. (b) OLOCENE
- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso. (PVM2a) Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP

5.3 Caratteri litologici e geomorfologici locali

Il margine orientale del Campidano di Oristano è delimitato dal complesso vulcanico del Monte Arci (UCU), la cui genesi è legata alla tettonica distensiva plio-pleistocenica connessa all'apertura del Bacino Sud-Tirrenico, che riattivando le linee di debolezza oligo-mioceniche porta all'instaurarsi di un vulcanismo di tipo fissurale e alla contestuale emissione di lave basaltiche. Il rilievo vulcanico del Monte Arci alimenta una vasta area a conoidi detritico-alluvionali, con spessori che a tratti raggiungono i 150 m.

Nell'area in studio affiorano diffusamente i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 20 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

dell'area continentale (PVM2a) costituiti da ghiaie grossolane sino alla taglia dei blocchi, a matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, con intercalate lenti e/o strati limoso-argillosi e ghiaie in matrice sabbiosa. Il grado di addensamento di questi depositi è generalmente elevato. Molto marcata è l'interazione con i depositi alluvionali trasportati dal reticolo idrografico attuale (b) costituiti da sedimenti eterometrici e poligenici di ambiente essenzialmente fluvio-torrentizio.

L'attraversamento del Fiume 488", così come riportato nello stralcio della carta geologica di Figura 5.2, insiste sull'unità litostratigrafica rappresentata dai depositi alluvionali terrazzati pleistocenici (PVM2a).

La porzione di tracciato interessata dall'attraversamento ricade all'interno dell'Unità Idrografica Omogenea del Mannu di Pabillonis – Mogoro che si estende su una superficie 1710,25 km² con un perimetro di 287,22 km. Il bacino del Riu Mogoro Diversivo si estende su un'area di 590,01 km². Si tratta di un bacino collinare compreso tra i rilievi rocciosi che culminano nella punta Trebina Longa a ovest e nella Giara di Gesturi. Il substrato è costituito essenzialmente da arenarie e conglomerati terziari, con locali affioramenti di lave basaltiche.

Il progressivo approfondimento del Graben del Campidano e il contestuale sviluppo dell'edificio vulcanico del Monte Arci portano al ringiovanimento del reticolo idrografico e alla formazione di potenti depositi di conoide alluvionale che si estendono per diversi chilometri nella piana del Golfo di Oristano dominata dai processi morfodinamici del Tirso e della sua foce. I versanti del Monte Arci sono dominati dalle conoidi detritico-alluvionali del Subsistema di Portovesme (PVM2a) caratterizzate nella parte apicale da pendenze comprese tra 11-35% e la parte distale tra i 5-10%.

L'area dell'attraversamento si caratterizza per una morfologia debolmente inclinata verso NW con pendenze comprese tra 0-10%. Nell'area, allo stato attuale, non si rileva la presenza di processi morfodinamici attivi.

5.4 Caratteri idrogeologici locali

Nel settore che contorna gli abitati di Oristano, Santa Giusta e Palmas l'assetto idrogeologico è caratterizzato dalla presenza di due acquiferi, uno superficiale e uno profondo. L'acquifero superficiale, di tipo freatico, è impostato sui depositi alluvionali attuali e nelle sabbie litorali oloceniche, per lo più alimentato dalle acque meteoriche oltre che dall'interazione con i corsi d'acqua che insistono sul territorio.

L'acquifero è delimitato alla base da uno strato di argille lagunari che raggiunge la superficie topografica in corrispondenza della Laguna di Sassu e si approfondisce verso la costa fino alla profondità di circa 25 m da p.c.; lo spessore dello strato impermeabile è di circa 25-30 m. L'andamento delle isofreatiche mostra nel settore nord-orientale della piana, un'alimentazione della falda ad opera del Tirso, mentre nel settore occidentale le isofreatiche evidenziano un drenaggio da parte del corso d'acqua. Il gradiente idraulico, mediamente del 1,2 ‰, conferma una buona omogeneità dell'acquifero anche se si registrano locali eccezioni.

L'acquifero profondo, di tipo multistrato, è impostato sui prodotti alluvionali pleistocenici ed ha una permeabilità più o meno bassa. Lo spessore massimo di questo acquifero può essere dedotto dalla stratigrafia del pozzo Oristano 1 che indica la profondità del basamento vulcanico a circa 300 m sotto la successione quaternaria. L'andamento dei deflussi profondi ha una direzione Sud-Est/Nord-Ovest in direzione dello Stagno di Santa Giusta.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 21 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

Le prove di portata condotte indicano valori di permeabilità K dell'acquifero compresi tra un minimo di $3,8 \times 10^{-4}$ e un massimo di $1,2 \times 10^{-5}$ m/s. Si ritiene che sia gli acquiferi superficiali che quelli profondi siano alimentati dall'area pedemontana del Monte Arci.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 22 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

6 ANALISI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI BASE

6.1 Caratterizzazione idrologica

Il Fiume 488, localmente noto come Riu Mellas, è un affluente del Rio Merd'è Cani in cui confluisce qualche centinaia di metri a valle dopo l'intersezione con il metanodotto in progetto.

Questo corso d'acqua è stato studiato idraulicamente durante la redazione dello studio di compatibilità idraulica e geologico geotecnica estesa a tutto il territorio comunale, effettuata dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle NA del PAI ed approvata in consiglio comunale con delibera n° 5 del 27/04/2016.

Il Riu Zeddiani fa parte del bacino idrografico del Riu Merd'e Cani, corpo ricettore di una serie di corsi d'acqua che si immettono su di esso in buona parte provenienti dal sistema del Monte Arci, in particolare oltre che tramite il *Riu Zeddiani* che a sua volta raccoglie le acque del *Riu Tumboi* (Arci parte Villaurbana) e prima ancora dei rii *Mellas*, *Mellas 2* e *Pisc'e mulleri* sul quale afferiscono *Roiedda Serralonga* e *Tiria 6*.

I corsi d'acqua in questione presentano medesime caratteristiche di fondo: l'origine montana, il percorso per lunghi tratti articolato nei caratteristici canali e le intersezioni con la rete viaria pedemontana oltre la quale cambia la pendenza del piano di scorrimento. Sono corsi d'acqua naturali, talvolta oggetto di interventi puntuali di sistemazione idraulica.

In base ai dati forniti dal citato studio, le caratteristiche morfologiche, fisiografiche e altimetriche del sub-bacino sotteso dalla sezione di interesse possono essere così sintetizzate:

Quota minima sezione di chiusura (m s.l.m.)	H_0	27,4
Quota media del bacino (m s.l.m.)	H_m	42,8
Quota massima del bacino (m s.l.m.)	H_{max}	63,2
Superficie bacino sotteso (km ²)	A	0,32
Pendenza media dell'asta (%)	i	4,0

6.2 Stima della portata di piena di riferimento

Dallo studio idraulico precedentemente citato sono stati ricavati i parametri idraulici di riferimento.

Il sito di attraversamento del Fiume 488 da parte del Metanodotto Cagliari – Palmas Arborea risulta compreso tra le sezioni idrauliche denominate rispettivamente R.Mel.2-100 e R.Mel.2-260 (Figura 6.1), le portate sono state calcolate tra 1,02 e 2,15 m³/s per i vari tempi di ritorno.



PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 23 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

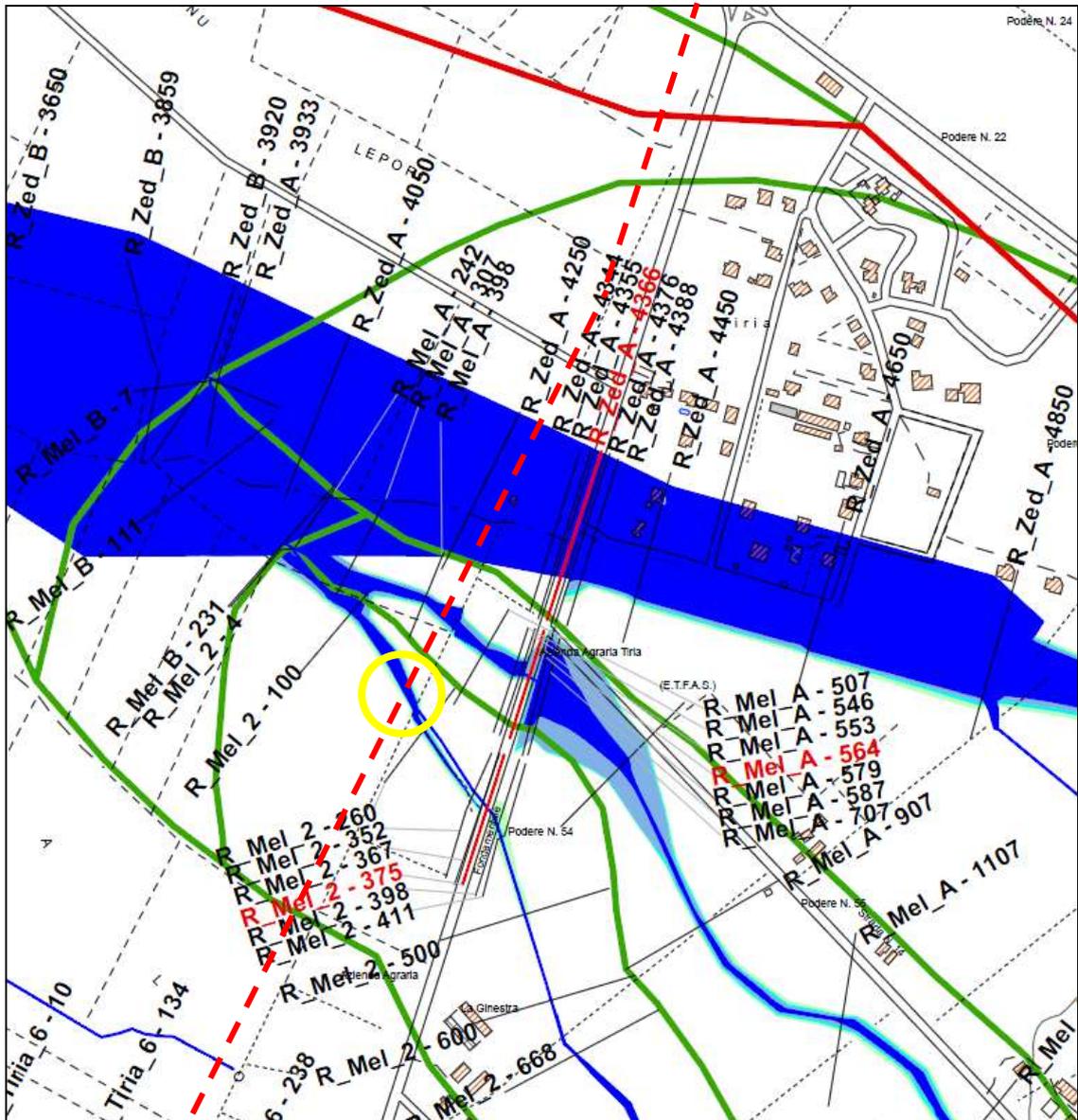


Figura 6.1: Stralcio della tavola I.4..1 (studio di Compatibilità Idraulica comune di Palmas Arborea), con indicato in rosso tratteggiato il metanodotto in progetto.

Le simulazioni idrauliche condotte evidenziano come la sezione idraulica non sia sufficiente a contenere portate di massima piena anche con tempi di ritorno T_r 50 anni, l'allagamento si estende al di fuori dell'alveo inciso per circa 10 metri in sinistra e 5 metri in destra idraulica

Le correnti di piena defluiscono con valori medi di velocità ridotti e comunque compresi tra 0,22 e 1,17 m/sec..

Al fine di eseguire alcune determinazioni progettuali riguardanti le modalità esecutive dell'attraversamento, per la stima della portata al colmo, utile per valutazioni idrauliche preliminari, sono state assunti i risultati delle elaborazioni riferibili alla sezione rispettivamente R.Mel.2-100 e R.Mel.2-260 precedentemente descritte. Si è ritenuto significativo, in ragione della natura dell'intervento, porre a fondamento delle analisi

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 24 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

tempo di ritorno $T_r = 200$ anni.

Nella sezione di riferimento, in particolare, le condizioni di deflusso considerate sono associate a portata pari a $1,66 \text{ m}^3/\text{s}$, i risultati della modellazione sono riassunti nella successiva tabella, estratta integralmente dal citato studio ai sensi dell'Art. 8 comma 2 del comune di Palmas Arborea, ove sono riportati i valori calcolati delle seguenti grandezze:

- Q, valore della portata al colmo (m^3/s);
- "Fondo alveo", quota di fondo alveo (m s.l. m.);
- "Pelo Libero", Quota della massima piena per tempi di ritorno $T_r = 200$ anni;
- v, velocità media nella sezione di deflusso (m^2/s);
- A, area della sezione bagnata (m^2).

Riu Zeddiani $T_r=200$ anni					
ID Sezione [-]	Q (m^3/s)	Fondo Alveo (m slm)	Pelo Libero (m slm)	Velocità media della corrente nella sezione (m/s)	Flow Area (m^2)
260	1,66	25,57	26,30	1,10	1,68
100	1,66	24,59	25,59	0,24	9,50

Non essendo disponibile il DTM passo 1 metro, per la zona di attraversamento, come quota fondo alveo è stata assunta quella corrispondente alla sezione idraulica R.Mel.2-260 prossima alla sezione di attraversamento considerata.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 25 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

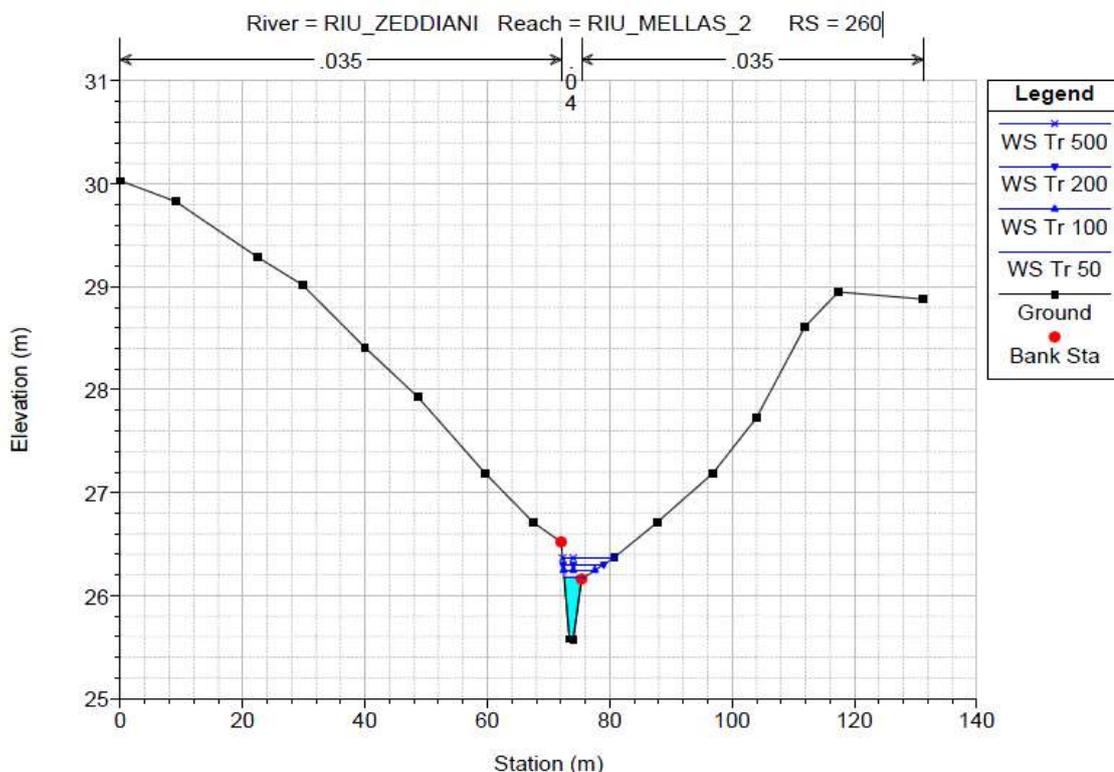


Figura 6.2: Stralcio sezione idraulica R.Mel.2-260, fonte Art. 8 Comma 2 del comune di Palmas Arborea

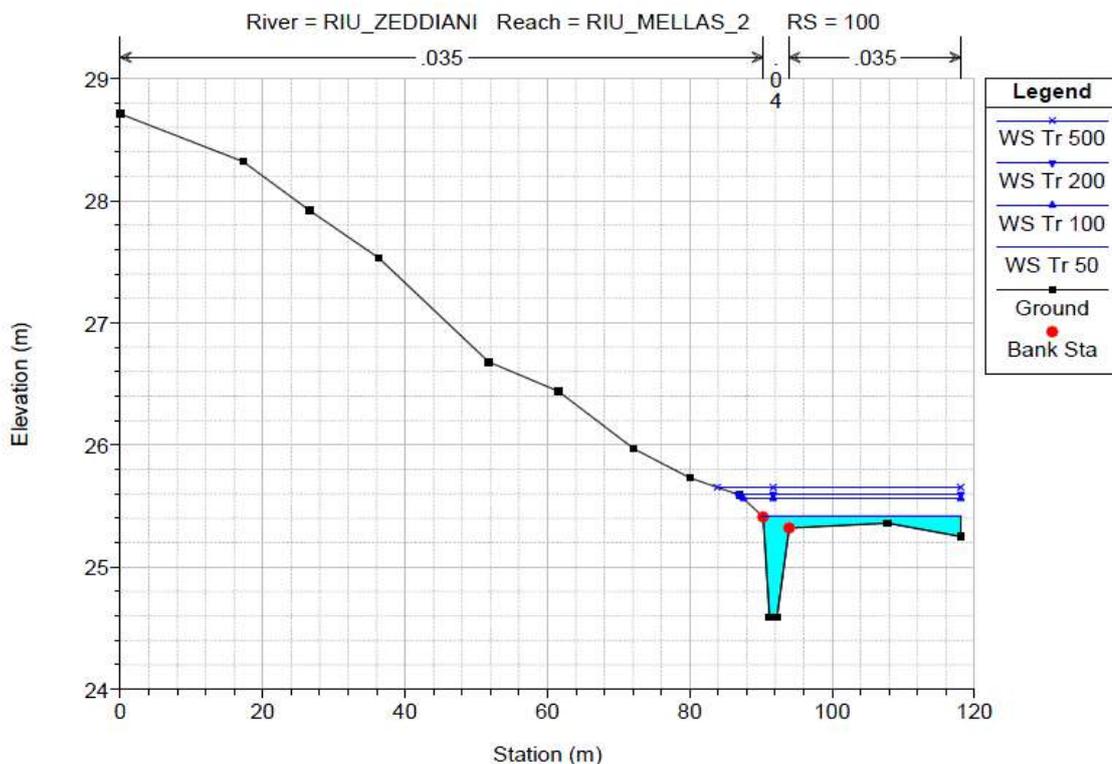


Figura 6.3: Stralcio sezione idraulica R.Mel.2-100, fonte Art. 8 Comma 2 del comune di Palmas Arborea

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 26 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

In base al valore di portata e tenuto conto dei principali parametri del deflusso di piena, le valutazioni idrauliche preliminari, tese a valutare i potenziali fenomeni erosivi, possono essere condotte ricorrendo a formulazioni cautelative che non tengono conto del fenomeno di esondazione, essendo fondate solo sulla effettiva geometria dell'alveo, delimitato entro i limiti di sponda e/o d'argine appositamente rilevati.

6.3 Valutazioni idrauliche preliminari

Ai fini di progettazione del metanodotto, occorre predeterminare le condizioni di approfondimento della tubazione interrata, fermi restando specifici valori minimi. Nel caso dell'attraversamento di corsi d'acqua, si ricorre a formulazioni estremamente cautelative, atte alla valutazione delle eventuali erosioni localizzate del letto e dei potenziali fenomeni di escavazione in alveo; in modo che un eventuale approfondimento, rispetto alla quota minima iniziale del fondo, non possa interessare la tubazione stessa. A tal fine, specificatamente in virtù dei modelli conservativi utilizzati², può non essere necessario determinare aspetti di dettaglio, quali la velocità e la tensione tangenziale della corrente al fondo alveo, e le caratteristiche del materiale che ne forma il letto.

Tali modelli permettono di valutare se lo spessore del materiale di rinterro, adeguatamente costipato, pur non alterando le originarie condizioni di permeabilità, risulta idoneo a garantire dai potenziali fenomeni erosivi. Quando risulta opportuno garantire una adeguata protezione dell'alveo interessato dagli scavi "a cielo aperto", può essere previsto l'utilizzo di massi o pietrame naturale, per costituire parte del rinterro e/o il rivestimento del fondo e delle sponde.

In quest'ottica di verifica preliminare degli effetti idraulici delle piene, ci si rifà agli studi³ di Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare alle possibili escavazioni un valore cautelativo, pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata (in particolare, venne dimostrato che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica). Una generalizzazione prudenziale, proposta in Italia, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena⁴. Pertanto, una stima del tutto cautelativa della profondità delle potenziali escavazioni del fondo (Z) è data, in corrispondenza di una assegnata sezione, in ragione del 50% del battente idrometrico di piena (h_0):

$$Z = 0,5 \cdot h_0$$

Nel caso in cui l'evento di piena implichi esondazioni oltre l'alveo inciso, sulla base di considerazioni proprie degli idrogrammi sperimentali correlati ai relativi modelli sperimentali e di considerazioni connesse alla morfologia delle aree di esondazione, il battente idraulico è assunto pari a 1,05 | 1,10 volte la profondità dell'alveo, rilevata nella geometria della sezione; ovvero $Z = 0,55 h_a$, con h_a dislivello tra la sommità di sponda o d'argine e la massima incisione.

² D'Alberto D. et Alti., "Crossing debris flow areas", in Pipeline technology journal, May 2016.

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

⁴ Vollo L., "L'aratura di fondo nell'alveo dei fiumi durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXIX; Milano, 1952. Zanovello A., "Sulle variazioni del fondo degli alvei durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXXV; Milano, 1959.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 27 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

Per quanto attiene alla formazione di buche ed approfondimenti locali, le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano il fenomeno stesso. In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5 cm, i valori raggiungibili dalle suddette erosioni sono generalmente indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5 cm, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la profondità dell'erosione. In termini "qualitativi", per determinare un valore cautelativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo, indipendentemente dal diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena, tra i modelli disponibili (Schoklitsch, Eggemberger, Adami), la formula di Schoklitsch⁵ è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici e determina un valore medio rappresentativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo:

$$S = 0,378 \cdot H^{1/2} \cdot q^{0.35} + 2,15 \cdot a$$

dove

- S è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota media del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- $H = h_o + v^2/2 \cdot g$ rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- $q = Q_{Max} / L$ è la portata specifica per unità di larghezza L della corrente di piena in alveo;
- a è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca ed è assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base del dislivello locale del fondo alveo, in corrispondenza della massima incisione, relativo ad una lunghezza pari all'altezza idrica massima ivi determinata.

Il riferimento geografico dell'attraversamento è:

X UTM	Y UTM
474262,3894	4412668,4096

Non essendo disponibile il DTM passo 1 metro, per la zona di attraversamento, come quota fondo alveo in corrispondenza dell'attraversamento del metanodotto in progetto, è stata assunta la quota estratta dalla sezione R.Mel.2-26 prossima all'attraversamento del corso da parte del metanodotto, pari a .25,57 m slm.

In alvei di pianura, a bassa pendenza longitudinale ed a sezione larga, aventi condizioni di scabrezza ordinaria ed in assenza di ostruzioni, se l'altezza idrica della corrente di piena risulta più elevata dei margini sommitali della sezione geometrica d'alveo, si può assumere $H = 1,20 \cdot h_a$; con h_a in precedenza definito.

Nel caso di interesse è acclarato che la portata di massima piena assunta quale riferimento di calcolo, associata a tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, può non essere contenuta in alveo e generare fenomeni di esondazione; in tali circostanze i modelli descritti sono certamente applicabili, dando luogo a verifiche caratterizzate da adeguati margini di sicurezza, anche per portate superiori.

⁵ Schoklitsch A., „Stauraum Verlandung und kolkbewehr“; Springer ed., Wien, 1935.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 28 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

Pertanto, assumendo ai fini di calcolo $Q_{Max} = 1,66 \text{ m}^3/\text{s}$, in base alla geometria della sezione di attraversamento, si determina:

quota di contenimento nella sezione	26,15 m slm
quota della massima incisione	25,57 m slm
h_a	0,58 m
Z = 0,32 m	
pendenza locale in corrispondenza della sezione	0,61 %
H	0,696 m
a	0,03 m
larghezza idrica in sommità della sezione L	1,00 m
Q_{Max}	1,66 m^3/s
q	1,66 $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$
S = 0,44 m	

Pertanto si stimano approfondimenti potenziali pari a circa 0,44 m.

Sulla base delle valutazioni speditive condotte, con due distinti metodi di calcolo, valide in condizioni di fondo mobile, totalmente incoerente, e già comprendenti opportuni fattori di sicurezza, risulta ampiamente cautelativa la copertura minima di 1,5 metri progettualmente imposta per scavo su terreni.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 29 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

7 CONCLUSIONI

La realizzazione del metanodotto Cagliari – Palmas Arborea, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del Fiume 488 localmente noto come Riu Mellas a monte della sua confluenza nel Rio Zeddiani.

Il tronco del corso d'acqua interessato dell'intervento risulta perimetrato in base alle elaborazioni idrauliche dello studio di compatibilità idraulica effettuato dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art 8 comma 2 delle N.A. del PAI ed approvato in consiglio comunale con Delibera n. 5 del 27/04/2016 e per il quale vigono le norme di salvaguardia, e ad esso sono associate condizioni di pericolosità idraulica Hi4.

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, è stata determinata la soluzione di progetto idonea per la collocazione in sub-alveo della tubazione, mediante la tecnica esecutiva di posa con scavo a cielo aperto, con immediato ripristino della situazione dei luoghi.

Presupposti di compatibilità idraulica

Conformemente a quanto stabilito dagli strumenti di pianificazione territoriale, gli interventi previsti dal progetto del metanodotto sono tali da garantire la conservazione delle funzioni e del livello naturale del corso d'acqua.

- L'attraversamento dell'alveo e delle aree di pertinenza sarà eseguito mediante posa a profondità compatibile con la dinamica fluviale, ma comunque con un franco minimo di ricoprimento pari a 1,50 metri. Non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno delle perimetrazioni.
- La costruzione del metanodotto rientra nel quadro generale del programma di distribuzione del gas naturale nella Regione Sardegna. È opera di interesse pubblico, essenziale per la funzione ad essa deputata e non diversamente localizzabile nelle sue linee generali; ciò in quanto il relativo progetto scaturisce dal confronto tra tutti i fattori condizionanti che caratterizzano i possibili corridoi di posa del metanodotto, sia in termini ambientali sia in termini esecutivi e, di conseguenza, identifica i siti di attraversamento dei corsi d'acqua in funzione delle esigenze di ottimizzazione del tracciato, nel rispetto del complesso dei vincoli cui il progetto stesso è assoggettato.
- Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, la configurazione geometrica della pipeline nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è tale da non precluderne l'esecuzione.
- Con riferimento alle Norme di attuazione del PAI Sardegna, l'intervento è progettato in modo da corrispondere alla tipologia di opere consentite in aree classificate a rischio idraulico.

Modalità esecutive

I lavori consisteranno essenzialmente nella posa della tubazione mediante scavo di trincea a cielo aperto. Saranno eseguiti in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua; l'intervento non apporterà restringimenti,

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 30 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

deviazioni dell'asta e modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, infatti, previsti idonei ripristini degli elementi spondali interessati e tutte le profilature saranno ristabilite con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali. Apposite attività consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Nello specifico:

- dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del Fiume 488, non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità;
- ovviamente, non si darà luogo ad alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle;
- anche durante le fasi lavorative, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori;
- la profondità di posa della tubazione in sub-alveo risulta pienamente commisurata all'esigenza di tutelare la tubazione stessa da eventuali fenomeni erosivi del fondo alveo, indotti dalla portata di massima piena duecentennale, e garantisce l'equilibrio del sistema di forze gravitative e idrauliche, permettendo di escludere qualsiasi interferenza tra tubazione e flusso della corrente.

Considerazioni conclusive

In ragione delle scelte progettuali e del sistema d'attraversamento, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni conclusive.

- *Assenza di modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo.* L'intervento non induce modifiche all'assetto morfologico dell'alveo inciso, sia dal punto di vista planimetrico sia altimetrico, garantendo il mantenimento delle caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.
- *Assenza di modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.* Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata con ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), non sarà determinato alcun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.
- *Assenza di riduzione della capacità d'invaso.* Le modalità esecutive previste non creeranno 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 sottrarranno capacità d'invaso.
- *Assenza di alterazione delle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.* Le modalità esecutive previste sono tali da non indurre effetti impattanti con il contesto naturale della regione fluviale, che possano pregiudicare in maniera "irreversibile" l'attuale assetto paesaggistico. Condizioni d'impatto sono limitate alle sole fasi di costruzione e per questo destinate a scomparire nel tempo, con la ricostituzione delle componenti naturalistiche ed ambientali.

In sintesi, l'intervento in progetto può ritenersi compatibile con le misure stabilite dagli strumenti di tutela dei corpi idrici e dal PAI Sardegna, sia per la natura dell'opera sia per gli accorgimenti esecutivi previsti.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 28 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 31 di 31	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 1 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

METANIZZAZIONE REGIONE SARDEGNA TRATTO SUD

METANODOTTO CAGLIARI – PALMAS ARBOREA
DN 650 (26") - DP 75 bar

ATTRAVERSAMENTO RIU ZEDDIANI

RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

0	Emissione	F. CALLAI F.FANELLI	M.FORNAROLI	V.FORLIVESI O.CORDA	29/06/2018
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 2 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Oggetto della relazione	3
1.2	Elaborati progettuali di riferimento	3
1.3	Definizioni	4
1.4	Normativa di Riferimento	5
2	PAI. DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA	6
3	AMMISSIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LE PREVISIONI DEL PAI	9
4	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	12
5	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	15
5.1	Lineamenti geologici e strutturali generali	15
5.2	Rappresentazione cartografica locale	18
5.3	Caratteri litologici e geomorfologici locali	19
5.4	Caratteri idrogeologici locali	20
6	ANALISI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI BASE	22
6.1	Caratterizzazione idrologica	22
6.2	Stima della portata di piena di riferimento	22
6.3	Valutazioni idrauliche preliminari	26
7	CONCLUSIONI	29

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 3 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto della relazione

La realizzazione del metanodotto Cagliari – Palmas Arborea, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del corso d'acqua "Riu Zeddiani", nel territorio del Comune di Palmas Arborea, nella provincia di Oristano.

L'identificazione nominale " Riu Zeddiani", è data in base al reticolo idrografico della Regione Autonoma della Sardegna disponibile nel Data Base Multiprecisione (DBMP).

L'ottimizzazione planimetrica del tracciato e il profilo di posa della tubazione attraverso l'alveo del corso d'acqua sono stati individuati in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico e idraulico. Tali valutazioni, basate su apposite indagini eseguite, hanno dato modo di acquisire le necessarie conoscenze sulle caratteristiche di dettaglio del corridoio individuato dal tracciato in progetto e sulle condizioni di stabilità delle aree da attraversare, ivi compreso il corso d'acqua di interesse. Gli aspetti idraulici e idrologici sono stati contemplati in conformità ai dati ed alle informazioni rese disponibili dagli strumenti di pianificazione territoriale di settore.

Nella presente relazione, in particolare, sono descritte le analisi condotte per la valutazione delle condizioni di compatibilità idraulica dell'attraversamento in sub-alveo e le relative conclusioni. Difatti, il tronco di diretto interesse del corso d'acqua ricade in zona perimetrata come area a pericolosità idraulica, nello specifico l'area è stata perimetrata successivamente all'evento alluvionale del 18/11/2013 denominato "Cleopatra", le stesse perimetrazioni sono state confermate dallo studio Idraulico eseguito dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle norme di attuazione del PAI¹. Tale strumento di pianificazione territoriale, all'art. 21, stabiliscono, in linea generale, che le attività di progettazione di infrastrutture a rete o puntuali siano tali da garantire che gli interventi "conservino le funzioni e il livello naturale dei corsi d'acqua; non creino in aree pianeggianti impedimenti al naturale deflusso delle acque; prevedano l'attraversamento degli alvei naturali ed artificiali e delle aree di pertinenza da parte di condotte in sotterraneo a profondità compatibile con la dinamica fluviale". Oltre ciò il citato strumento di pianificazione locale stabilisce norme specifiche per gli interventi ammessi nelle aree identificate come soggette a pericolosità idraulica. La presente relazione tende a fornire, pertanto, la verifica di tale complesso di prescrizioni.

In relazione alle analisi condotte, è stato anche possibile stimare, in via preliminare, la profondità minima di posa della tubazione affinché sia tale da garantirne la sicurezza nei riguardi degli effetti erosivi che potrebbero verificarsi sul fondo d'alveo.

1.2 Elaborati progettuali di riferimento

Per le caratteristiche progettuali dell'attraversamento, comprendenti le specifiche geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa della stessa, nonché gli elementi tipologici e dimensionali dell'intervento previsto, la presente relazione ha riferimento negli elaborati di seguito elencati:

¹ Regione Autonoma della Sardegna, Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna; "Piano assetto idrogeologico. Norme di attuazione"; Testo coordinato, Febbraio 2018.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 4 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

- MET. CAGLIARI PALMAS ARBOREA DN 650 (26") - PLANIMETRIA "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PERICOLOSITÀ IDRAULICA" 1:10.000, PG PAI 103.
- Schede attraversamenti corsi d'acqua e percorrenze fluviali, MI-101.

A tali elaborati si rimanda per quanto non espressamente descritto nella presente relazione e per ogni correlato approfondimento.

1.3 Definizioni

Metanodotto

Accezione convenzionale associata ad una specifica tipologia di gasdotto, che identifica una condotta di considerevole importanza per il trasporto del gas tra due punti di riferimento. È designato con i nomi dei comuni o delle località dove l'opera ha origine e fine, e in relazione alla finalità del trasporto.

Linea o Condotta

Insieme di tubi, curve, raccordi, valvole ed altri pezzi speciali, uniti tra loro per il trasporto del gas; a sviluppo interrato ma comprensiva di parti fuori terra.

Punti di intercettazione

In accordo alla normativa vigente (DM 17.04.08), la condotta sarà sezionabile in tronchi mediante apparecchiature di intercettazione (valvole) denominate:

- Punto di intercettazione di derivazione importante (PIDI) che, oltre a sezionare la condotta, ha la funzione di consentire sia l'interconnessione con altre condotte, sia l'alimentazione di condotte derivate dalla linea principale;
- Punto di intercettazione di linea (PIL), che ha la funzione di sezionare la condotta interrompendo il flusso del gas;

"Pig" di ispezione

Strumento costituito da affusto metallico, dischi di poliuretano, induttori e sensori, avente la funzione di rilevare, localizzare e dimensionare le caratteristiche della condotta.

Stazione di lancio e/o ricevimento "pig"

Area recintata contenente un complesso di dispositivi idonei al lancio e/o ricevimento dei "pig".

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 5 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

1.4 Normativa di Riferimento

Per quanto di seguito descritto, in relazione alla progettazione dell'opera ed alle analisi di compatibilità condotte, si ha riferimento negli strumenti normativi e documenti tecnici di seguito elencati.

Criteria generali di progettazione del metanodotto

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

Pianificazione territoriale di settore

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale, PAI Sardegna, redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge 180/1998, approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006. Norme di attuazione testo coordinato "Febbraio 2018";
- Piano di gestione del rischio di alluvioni, redatto in recepimento della direttiva 2007/60/CE e del relativo D.Lgs. 23/02/2010 n. 49, predisposto, revisionato e aggiornato dall'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016,
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) - adottato in via definitiva dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013;
- STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA E GEOLOGICA-GEOTECNICA DEL TERRITORIO AI SENSI DEGLI ARTICOLI 4, 8 E 26 DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL P.A.I., adottato con delibera del Consiglio Comunale di Palmas Arborea n. 5 del 27.04.2016.

Aspetti generali di carattere ambientale e idraulico

- D.Lgs. 03/04/2006 n.152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- D.Lgs. 23/02/2010 n. 49. Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- R.D. 11/12/1933, n. 1775 e ss.mm.ii. Testo unico delle disposizioni sulle acque e sugli impianti elettrici.
- L. 05/01/1994 n.37. Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche.
- D.Lgs. 22/01/2004 n. 42 e ss.mm.ii. Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n.137.

Aspetti geotecnici

- D.M. Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», emesse ai sensi delle leggi 05/11/1971, n. 1086, e 02/02/1974, n. 64, riunite nel "Testo Unico per l'Edilizia" di cui al D.P.R. 06/06/2001, n. 380, e dell'art. 5 del Decreto Legge 28/05/2004, n. 136, convertito in Legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004, n. 186 e ss.mm.ii.
- UNI EN 1997-1, Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 6 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

2 PAI. DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA

Con deliberazione n. 45/57 in data 30.10.1990, la Giunta Regionale suddivide il Bacino Unico Regionale in sette Sub-Bacini, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque) redatto nel 1987.

L'intero territorio della Sardegna è suddiviso in sette sub-bacini, ognuno dei quali, pur con forti differenze di estensione territoriale, è caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche.

Sulla base di questa suddivisione, il tracciato del Matanodotto tratto Sud interessa il Sub-Bacino 2 "Tirso", il Sub-Bacino 7 "Flumendosa – Campidano - Cixerri" ed il Sub-Bacino 1 "Sulcis". (Figura 2.1)

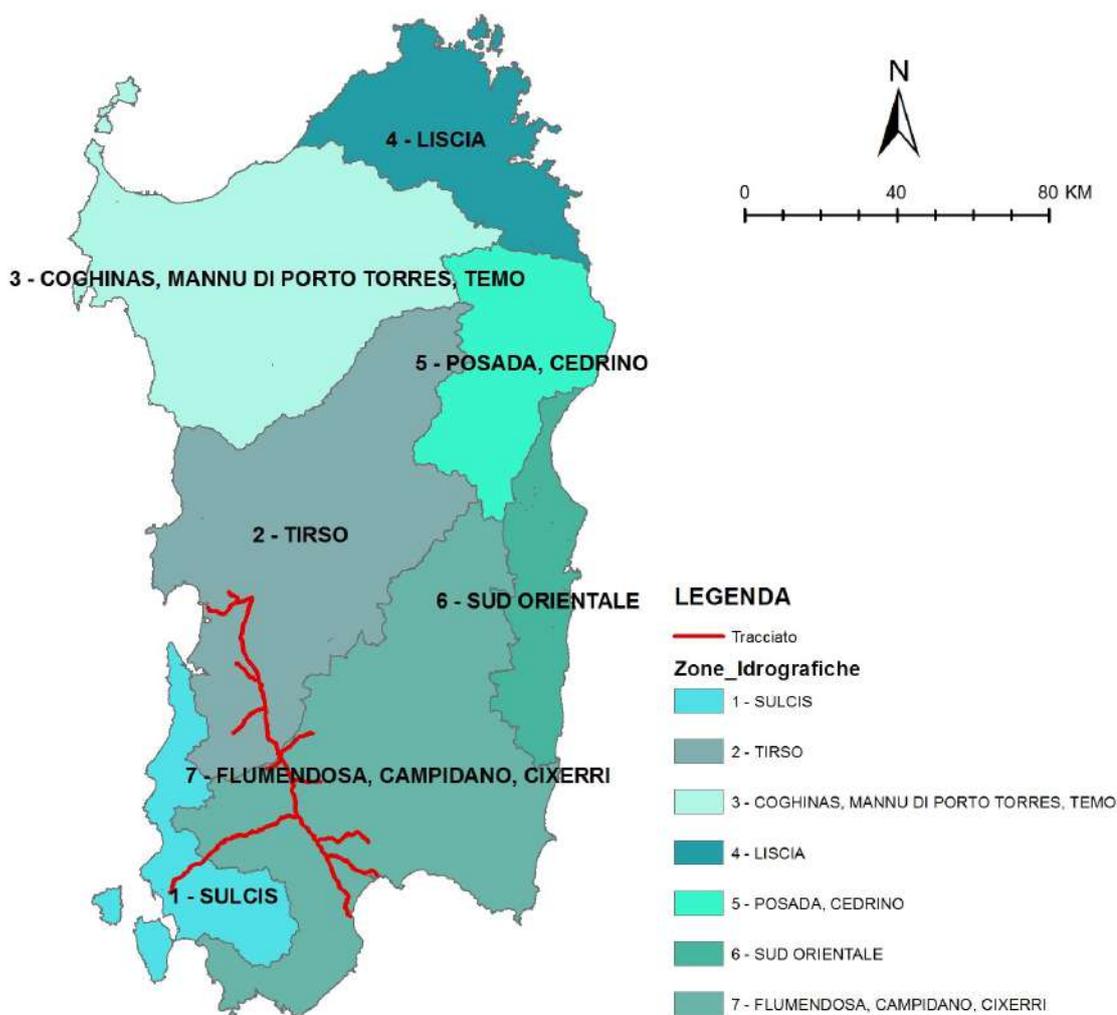


Figura 2.1: Suddivisione del territorio regionale nei 7 in Sub-Bacini, con inserito il tracciato dell'opera in progetto.

In data 11.03.2005 viene pubblicato sul B.U.R.A.S. il Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici n. 3 del 21.02.2005 con il quale è stata resa esecutiva la Deliberazione n.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 7 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

54/33 assunta in data 30.12.2004 dalla Giunta Regionale, in qualità di Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino.

Con tale deliberazione cui è stato adottato il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (in seguito denominato P.A.I.), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998.

In conformità con quanto previsto dalle Norme di Attuazione del P.A.I., Titolo III "Controllo del Rischio nelle Aree di Pericolosità Idrogeologica", Capo I – "Norme Comuni per la disciplina degli Interventi nelle Aree di Pericolosità Idrogeologica", articolo 23 comma 6 lettera b, gli interventi e le opere ammissibili nelle aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media sono effettivamente realizzabili subordinatamente alla presentazione, alla valutazione positiva e all'approvazione dello Studio di Compatibilità Idraulica o Geologica e Geotecnica di cui agli articoli 24 e 25 delle stesse N.d.A. del P.A.I.

Con la pubblicazione del testo coordinato delle N.d.A. del P.A.I. edizione Febbraio 2018, le modifiche apportate all'articolo 21 e nello specifico al comma 2, lo studio di compatibilità idraulica per le opere di attraversamento degli alvei non è richiesto.

Ciò nonostante viene richiesto al soggetto attuatore di sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese le condotte qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico, ragion per cui con il presente studio si intende calcolare lo scalzamento massimo, ovvero, la minima profondità di interrimento del metanodotto in progetto al fine di evitare fenomeni di messa a giorno della condotta dovuti a diversi fenomeni di erosione del fondo alveo.

L'individuazione delle aree a pericolosità idraulica che interferiscono con il tracciato del metanodotto è stata condotta in riferimento alla cartografia del P.A.I. pubblicata dalla R.A.S. sul sito web "SardegnaGeoportale" da cui è possibile scaricare gli shapefile dei dati del DB Unico del S.I.T.R.. Gli shapefile consultati sono: "Pericolo Idraulico Rev.41" e "Art.8 Hi V.09" entrambi caricati sul portale in data 31.01.2018.

L'analisi è stata condotta anche in riferimento alla cartografia Piano di Gestione Rischio Alluvioni (di seguito P.G.R.A.) aggiornata al 2016 che, eseguendo un involucro delle perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate nell'ambito della predisposizione del PAI e sue varianti e di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, aggiornate alla data del 31.12.2016, armonizza è uniforme in un unico elaborato i dati suddetti.

Inoltre la cartografia sopra descritta è stata implementata con il reperimento delle carte di pericolosità idraulica redatte dai singoli comuni ai sensi dell'Art.8 c.2 delle N.d.A. del PAI, per le quali vigono le norme di salvaguardia.

Il risultato finale dell'analisi dei vari strumenti di pianificazione in campo idrogeologico è stata la redazione della cartografia di involucro delle varie pericolosità, considerando per le aree perimetrate da diversi strumenti di pianificazione il livello di pericolosità maggiore (Hi max).

Il corso d'acqua oggetto della presente relazione viene meglio inquadrato nella carta PG PAI 103 - MET. CAGLIARI PALMAS ARBOREA DN 650 (26") - PLANIMETRIA "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PERICOLOSITÀ IDRAULICA" 1:10.000, di cui si riporta di seguito uno stralcio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 8 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

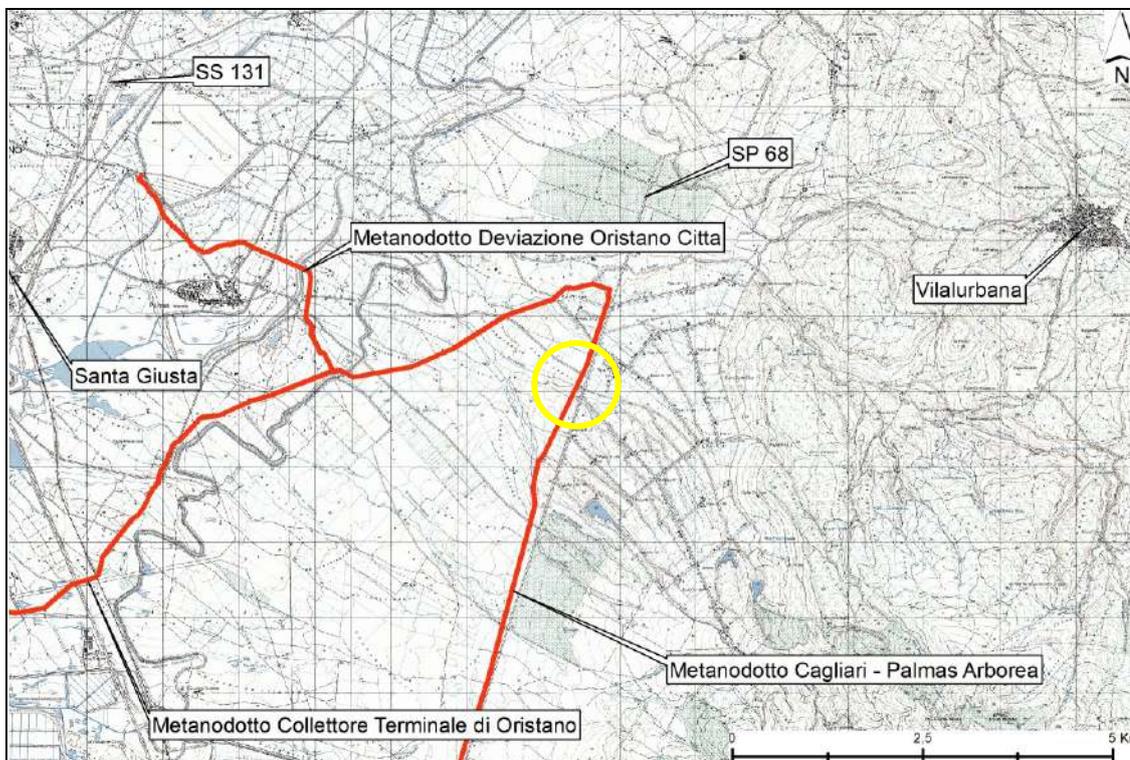


Figura 2.2 : Inquadramento territoriale dell'area in cui avverrà l'attraversamento in sub alveo.

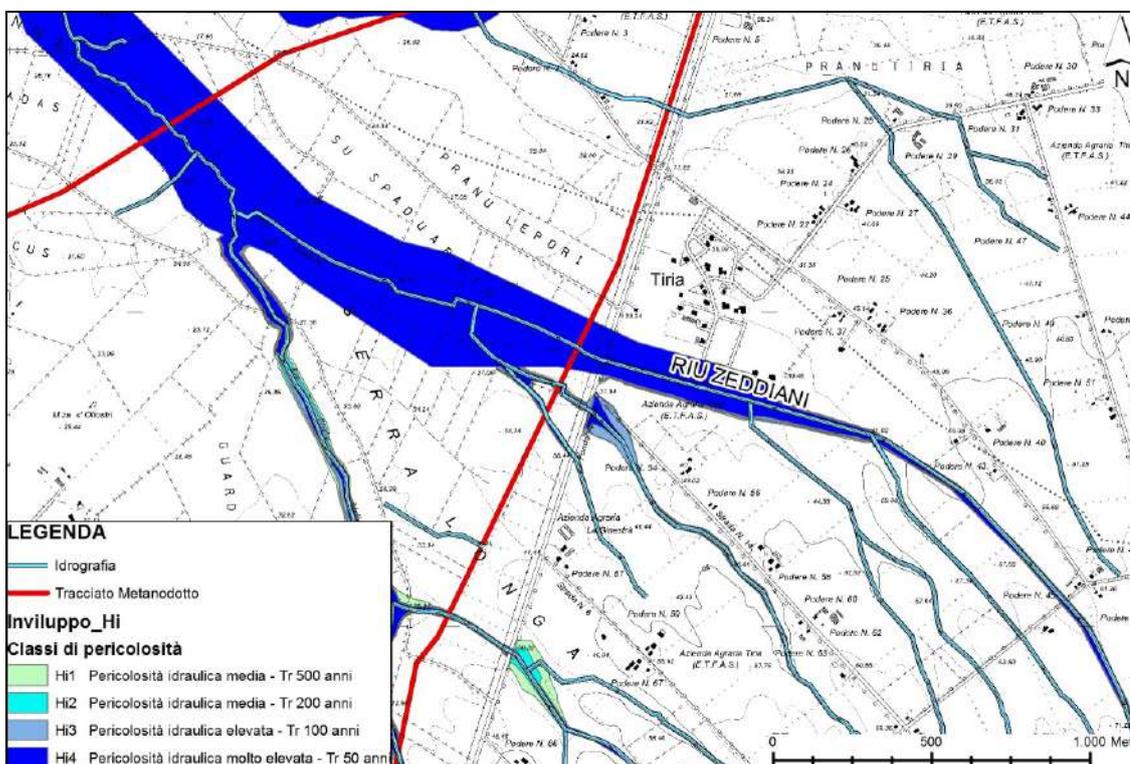


Figura 2.3 : Inviluppo di pericolosità idraulica con evidenziata in giallo l'area in studio, per maggiori dettagli Tavola PG PAI 103.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 9 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

3 AMMISSIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LE PREVISIONI DEL PAI

L'intersezione tra il metanodotto Cagliari Palmas Arborea è il reticolo idrografico avviene in corrispondenza del Riu Zeddiani, nel territorio di Palmas Arborea, in corrispondenza di un'area a pericolosità idraulica Hi4, perimetrata successivamente all'evento alluvionale del 18/11/2013 denominato "Cleopatra", le perimetrazioni sono state confermate dall'Art. 8 comma 2 del comune di Palmas Arborea.

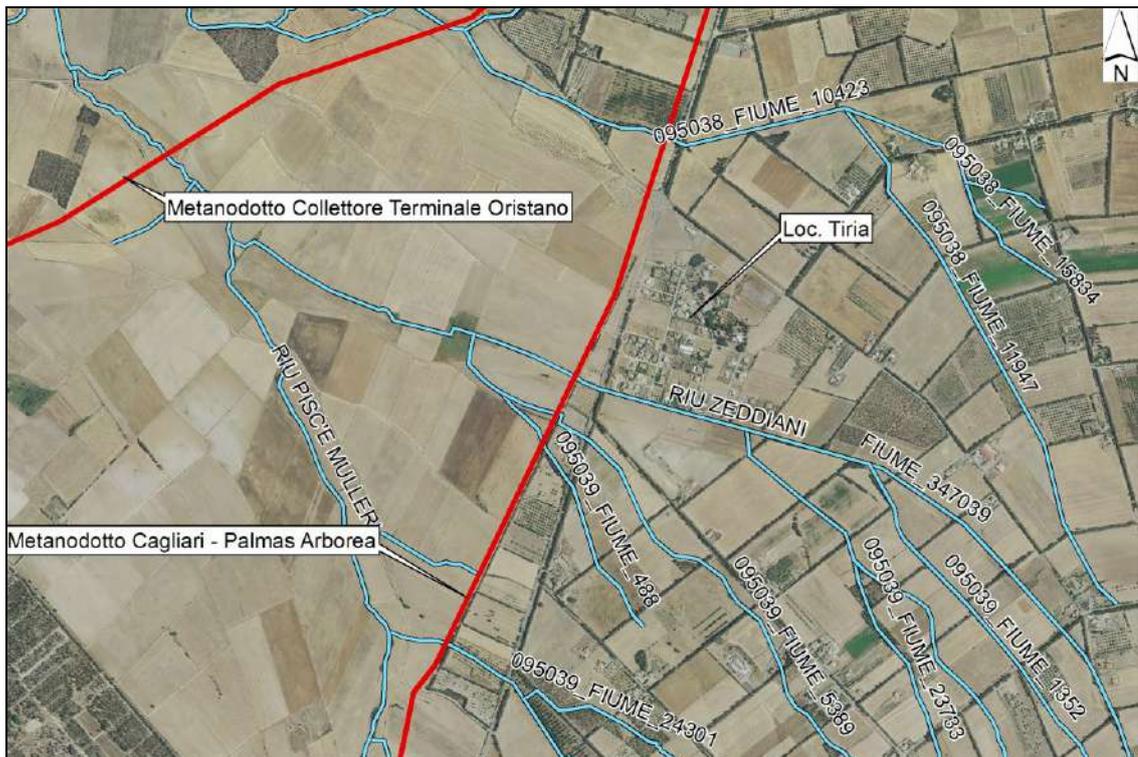


Fig. 3.1 - Rappresentazione dell'intervento su base ortofoto RAS 2016

La sezione progettualmente definita per l'attraversamento in sub-alveo interessa il "Riu Zeddiani" in un tronco vallivo, a monte della confluenza nel "Riu Merd'e Cani" al confine tra il territorio del comune di Palmas Arborea e Oristano; qui l'alveo inciso scorre in una zona pianeggiante, generalmente compresa tra 35÷30 m s.l.m., tra le località "Pranu Lepori e Spadurgì".

Il metanodotto Cagliari – Palmas Arborea, rientra nel quadro generale dell'intervento di distribuzione del gas naturale nella Regione Sardegna. L'opera, nel cui quadro esecutivo generale ricade l'intervento qui descritto, è prevista dagli strumenti nazionali e regionali di pianificazione energetica. In particolare, il Piano Energetico Ambientale della Regione Sardegna 2015-2030 (P.E.A.R.S., obiettivo OS2.3, pag. 51 e cap. 12) individua la metanizzazione tra le scelte fondamentali, sulla base delle direttive e delle linee di indirizzo definite dalla programmazione comunitaria, nazionale e regionale, e identifica l'utilizzo del gas naturale, quale vettore energetico fossile di transizione, come strumento mirato alla sicurezza energetica della Regione. Inoltre, l'opera di metanizzazione della Sardegna è esecutivamente definita, come tema centrale della politica energetica nazionale, nel documento che delinea la

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 10 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

Strategia Energetica Nazionale (S.E.N. 2017, allegato II, Ministero dello Sviluppo Economico e Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare), che ne ha determinato gli aspetti concreti di fattibilità, in coerenza con il Piano energetico regionale. Il sistema delle risorse finanziarie, ordinarie ed aggiuntive, a tal fine identificate, è specificatamente delineato nel Patto per lo Sviluppo della Regione (Patto per lo sviluppo della regione Sardegna, Attuazione degli interventi prioritari e individuazione delle aree di intervento strategiche per il territorio, 29 luglio 2016), sottoscritto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri e dalla Presidenza della Regione Sardegna.

Come di seguito più dettagliatamente illustrato, il tracciato del metanodotto deriva da un accurato studio del territorio, come risultato finale di una serie di possibili corridoi tra loro alternativi. Il tracciato di progetto scaturisce, infatti, dal confronto tra tutti i fattori condizionanti che caratterizzano detti corridoi, sia in termini ambientali sia in termini esecutivi; costituendo la sintesi che permette di minimizzare ogni possibile impatto, garantendo, nel contempo, opportune condizioni di esercizio, di controllo e di manutenzione dell'opera.

Il progetto in questione rientra quindi tra quelle opere infrastrutturali non vincolate da prescrizioni che ne impediscono la realizzazione in senso assoluto, purché sia accertabile che gli effetti sull'assetto morfologico-idraulico del corso d'acqua non determinino modificazioni sostanziali rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche locali preesistenti, e l'opera non alteri i fenomeni idraulici naturali. Nella presente relazione un apposito capitolo descrive il dettaglio delle modalità esecutive previste per la posa della tubazione interrata, al fine di consentire un diretto riscontro con riferimento a dette condizioni.

Come esposto successivamente, in progetto non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno delle perimetrazioni.

Le opere in progetto consisteranno essenzialmente nella posa in sub-alveo della tubazione per il trasporto del gas, e saranno eseguite in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua. L'intervento non apporterà variazioni delle condizioni idrauliche dell'alveo, non si realizzeranno restringimenti, deviazioni dell'asta o modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, inoltre, previsti idonei ripristini degli elementi d'argine, interessati dai lavori di posa del metanodotto. In particolare, si ristabiliranno le condizioni di delimitazione dell'alveo attualmente esistenti; tutte le profilature saranno ripristinate con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali; apposite attività di ripristino vegetazionale consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Per quanto attiene all'eventuale diversa localizzabilità dell'intervento, come in precedenza introdotto, il tracciato del metanodotto, sia in base alle leggi vigenti sia in base a norme specifiche di qualità tecnica progettuale e costruttiva, è il risultato dell'analisi comparativa di diverse soluzioni e di diversi possibili corridoi di esecuzione. La scelta definitiva del tracciato dipende, infatti, da numerosi fattori:

- compatibilità con il contesto insediativo del territorio e con le previsioni di sviluppo urbanistico;
- interferenze con aree soggette a condizioni di salvaguardia ambientale o soggette a specifiche forme di tutela e con aree ecologicamente sensibili;

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 11 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

- esigenza di parallelismo con altri gasdotti o con altre infrastrutture a sviluppo lineare, presenti nel territorio, quali oleodotti, elettrodotti, strade, canali, ecc., al fine di concentrare la presenza di infrastrutture lineari sul territorio;
- stabilità dell'opera in relazione a condizioni di pericolosità di natura geologica, geomorfologica e alla natura dei terreni;
- necessità di definire la posizione dei punti di linea, degli impianti, delle centrali e dei nodi di smistamento, tenendo presente le esigenze di accessibilità agli stessi, per il personale ed i mezzi necessari alla sorveglianza, all'esercizio ed alla manutenzione;
- distanze di sicurezza da nuclei abitati e da fabbricati destinati a collettività e a concentrazione di persone, distanze di sicurezza da singoli fabbricati ivi compresi quelli destinati a presenza di persone solo occasionale;
- distanze di rispetto da aree per le quali vigono limiti imposti a tutela di opere militari, di installazioni permanenti e semipermanenti di difesa, di campi di esperienze e poligoni di tiro;
- distanze di rispetto nei confronti di altre condotte interrate, di linee elettriche aeree e interrate, di officine elettriche, di sottostazioni di trazione elettrica, di linee ferroviarie e ferrotranviarie e delle relative opere d'arte;
- specifiche modalità di attraversamento delle infrastrutture stradali;
- distanze di rispetto da cave e da aree dedicate a scavi in genere, per ricerca o estrazione di sostanze minerali;
- idoneità dei siti di esecuzione in relazione alle condizioni di sicurezza nei confronti di terzi e degli operatori preposti alla esecuzione.

In base a quanto sinteticamente elencato (che non costituisce l'intero complesso di elementi condizionanti la scelta del tracciato), sono stati identificati i siti di attraversamento dei corsi d'acqua, la cui localizzazione risponde alle esigenze di ottimizzazione del tracciato, nel rispetto del complesso dei vincoli cui esso è assoggettato. La soluzione determinata progettualmente è comunque sempre strutturata in modo da evitare alterazioni della conformazione dei corsi d'acqua.

Nello specifico, dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del "Riu Zeddiani", non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità. Considerata inoltre la natura degli interventi, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle.

Come di seguito riportato, la profondità di posa in sub-alveo e i potenziali effetti delle massime portate al colmo, attestati dalle modellazioni numeriche condotte in fase di progettazione, risultano pienamente compatibili.

Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, non è possibile che la realizzazione dell'attraversamento in sub-alveo, alla profondità di sicurezza determinata, possa in alcun modo esserne di ostacolo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 12 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, di seguito descritte, è stata determinata la soluzione di progetto idonea per la collocazione in sub-alveo della tubazione, mediante la tecnica esecutiva di scavo a cielo aperto della trincea di posa. Si specifica che, sia a tutela delle infrastrutture da realizzare sia per il rispetto dei criteri generali delle Norme di attuazione del PAI, non verranno realizzate infrastrutture (trappole e punti di linea) nelle aree inondabili ai margini dell'alveo ove risultano perimetrate specifiche condizioni di pericolosità idraulica, quindi saranno del tutto assenti opere fuori terra, che possano incidere sul deflusso di portate eccezionali.

L'attraversamento in sub-alveo è previsto in un tratto del Riu Zeddiani in cui l'alveo si presenta con tracciato rettilineo, a monte dell'immissione dello stesso torrente nel Riu Merd'e Cani nel territorio comunale di Palmas Arborea.

La condotta attraverserà il corso d'acqua con direzione NE-SW, in un tronco d'alveo a fondo sostanzialmente piatto, con larghezza pari a circa 2 metri. L'alveo è confinato tra scarpate lievemente acclivi ricoperte da vegetazione prevalente erbacea.

La metodologia esecutiva dell'attraversamento consisterà sostanzialmente

- nello scavo di una trincea lungo il profilo di progetto del metanodotto nella sezione prestabilita del corso d'acqua, fino al raggiungimento delle quote di posa,
- nell'assemblaggio, in prossimità del sito di intervento, delle barre di tubazione trasportate dallo stabilimento di produzione e nel successivo alloggiamento in fondo-scavo;
- nel rinterro degli scavi e nel contestuale ripristino morfologico dell'area, ivi comprese le eventuali opere di protezione idraulica ivi presenti.

Tale sistema di realizzazione è caratterizzato dalla adattabilità delle metodologie costruttive alle specifiche condizioni del corso d'acqua; soprattutto per quanto attiene all'utilizzo dei mezzi operativi ed alle sequenze delle fasi di scavo, posa e rinterro della tubazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 13 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35



Fig. 4.1- Rappresentazione fotografica dell'alveo in prossimità del tronco sede di attraversamento

Di norma, le attività preliminari prevedono il taglio della vegetazione presente nell'ambito dell'area da occupare temporaneamente con i lavori e nella asportazione del terreno vegetale lungo l'asse di posa fuori alveo. Quest'ultimo viene accantonato al bordo pista per essere riposizionato nelle fasi conclusive dei ripristini.

L'ampiezza della pista di lavoro, ottenuta, ove necessario, livellando il terreno ai lati del tracciato, è determinata in base al diametro della condotta, tenuto conto delle caratteristiche morfologiche dei terreni, del contesto ambientale e di eventuali particolarità inerenti le modalità esecutive dei lavori. Nell'ambito di quest'area sono eseguite le attività per il montaggio della tubazione e viene depositato il terreno di scavo.

In relazione alle specifiche caratteristiche idrauliche del corso d'acqua, al periodo climatico di esecuzione, ai volumi di deflusso attesi nel corso delle operazioni esecutive ed alla durata delle stesse, la sequenza operativa dei lavori può essere articolata con uno dei seguenti modi:

- lavori in continuità con quelli di linea; tale procedura riguarda l'attraversamento di corsi d'acqua "poco importanti" (in relazione all'aspetto idraulico, alla morfologia dei terreni e a rischi di tipo operativo) o caratterizzati da periodi di "secca" o di magra, anche se di breve durata; in tali condizioni i lavori di scavo, posa e rinterro della condotta vengono effettuati in continuità con quelli lungo la linea; in genere si tratta di torrenti, o canali, caratterizzati da modesti valori di portata, che pertanto non necessitano di una specifica struttura atta a consentirne il minimo deflusso, che può essere garantito mediante dispositivi ordinari;
- lavori per "fasi chiuse"; tale procedura prevede che si completi ogni fase prima dell'inizio della successiva; eseguendo in progressione scavo, posa della condotta e rinterri; questa sequenza viene adottata ogni qualvolta è necessario garantire lo

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 14 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

smaltimento di un'eventuale portata non trascurabile, che dovesse manifestarsi durante la costruzione.

Durante le fasi lavorative con le tecniche costruttive sopracitate, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori.

Le dimensioni delle sezioni di scavo sono progettualmente definite in base al diametro della condotta, alla profondità di posa, alle caratteristiche geotecniche del terreno. Per profondità piuttosto elevate e quando la configurazione idraulica lo consente, sono effettuati scavi di pre-sbancamento preliminari ma per profondità limitate, come nel caso di interesse, gli scavi a sezione obbligata sono in genere di sezione trapezia con angolo di inclinazione delle pareti subordinato, come detto, alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni attraversati.

In prossimità dell'alveo si rilevano i sedimenti della piana alluvionale in cui scorre il corso d'acqua, costituiti prevalentemente da sabbie e sabbie limose con ghiaie ad elementi poligenici ed eterometrici. Per il rinterro della tubazione posata in trincea, si prevede sia utilizzato totalmente il materiale di risulta, accantonato ai margini della pista di lavoro all'atto dello scavo; per cui non si darà luogo ad alterazioni della permeabilità in alveo e lungo l'asse di posa della tubazione.

Per il ripristino morfologico della sezione di attraversamento, il progetto prevede il rivestimento in pietrame dell'intera sezione dell'alveo e l'inerbimento delle superfici interessate dai lavori. (Elaborato . Dis. MI-101).

Al termine del complesso dei lavori necessari per dare l'opera finita si, ristabilirà l'originale conformazione plano-altimetrica delle aree interessate, senza alcuna modificazione della sezione idrica offerta al deflusso di piena. In tal modo, l'intervento in progetto non apporterà alterazioni alle condizioni geometriche ed idrauliche dell'alveo. Considerata inoltre la natura dei lavori, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza dei terreni e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della capacità di laminazione naturale dell'alveo e della portata naturalmente rilasciata a valle: l'opera risulta ininfluenza sulle condizioni di smaltimento delle portate del corso d'acqua

Apposito collaudo del tronco di attraversamento sarà effettuato riempiendo la tubazione con acqua, sottoposta, secondo predefinite specifiche tecniche, a pressione corrispondente al raggiungimento dei valori delle sollecitazioni ammissibili di progetto.

Le modalità esecutive, la profondità stabilita per la posa in trincea e gli specifici accorgimenti previsti consentiranno il ripristino morfologico dei luoghi senza alcuna condizione di rischio da potenziali fenomeni erosivi del deflusso di piena; cosicché, oltre a non potersi avere interferenza diretta tra la condotta ed i deflussi fluviali, si eviteranno anche alterazioni al naturale scorrimento delle acque meteoriche e nella circolazione idrica sotterranea.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 15 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Il progetto della rete di metanodotti e degli impianti ad esso connessi contempla lo studio geologico e morfologico del territorio d'interesse al fine di:

- fornire una descrizione dell'ambiente geologico nel quale saranno realizzate le opere in progetto;
- rappresentare le unità litostratigrafiche locali, con particolare riferimento ad una fascia di un chilometro entro cui si prevede il tracciato della tubazione e la localizzazione degli impianti;
- acquisire informazioni sulle condizioni generali di stabilità del territorio interessato dalle esecuzioni;
- caratterizzare le condizioni locali di pericolosità geologica ed idraulica.

Per tali scopi, è stato descritto l'assetto geologico-strutturale di insieme, analizzato in dettaglio l'assetto litostratigrafico locale e valutato le situazioni di potenziale criticità presenti nell'area di intervento oggetto della presente relazione.

5.1 Lineamenti geologici e strutturali generali

Nell'ambito degli obiettivi del presente lavoro viene sinteticamente illustrato l'insieme di avvenimenti che hanno portato all'attuale configurazione geo-strutturale del settore sud-occidentale della Sardegna, attraversato dal tracciato del gasdotto, comprendente il Sulcis-Iglesiente e l'intera area del Campidano.

Le successioni litologiche più antiche (Cambriano Inferiore - Carbonifero inferiore), costituenti il basamento metamorfico-cristallino dell'isola, fanno parte di un segmento della catena Varisca europea, oggetto di intense deformazioni plicative polifasiche, metamorfismo sin-cinematico e un importante magmatismo post-collisionale (Batolite Sardo-Corso).

Nell'ambito del settore di interesse, le rocce costituenti il basamento Paleozoico metamorfico affiorano estesamente lungo il margine occidentale della piana del Campidano, nelle regioni storico geografiche del Sulcis-Iglesiente e nell'ampia vallata del Rio Cixerri, mentre lungo il margine orientale del Campidano queste sono presenti solo in limitati settori (es: Sardara, Villagrega). Le unità intrusive tardo varisiche, che intrudono il basamento metamorfico dando origine al Batolite Sardo-Corso, affiorano diffusamente sia nel Sulcis sia nel Villacidrese-Arburese. Nel Carbonifero superiore e nel Permiano la Sardegna, trovandosi in prevalenti condizioni di continentalità e di relativa stabilità tettonica, si caratterizza per presupposti deposizionali favorevoli alla sedimentazione entro bacini lacustri e/o fluvio-lacustri, che nel settore SW dell'isola ha lasciato tracce soprattutto nell'Iglesiente (es: Campo Pisano, San Giorgio); nell'Arburese (settore di Scivu, Punta Acqua Durci) sono invece presenti testimonianze dell'intenso vulcanismo a carattere ignimbrítico e composizione riodacitica sempre del Permo-Carbonifero.

Nel Mesozoico, la Sardegna si presentava come una vasta area cratonica relativamente stabile e parzialmente sommersa dal mare, dove si instaurano le condizioni che portano alla formazione di potenti successioni sedimentarie carbonatiche di ambiente marino che nel sud dell'isola interessano in modo discontinuo solo limitati settori, attualmente individuabili nell'area costiera del Sulcis-Iglesiente (es: Isola di Sant'Antioco, zona di Porto Pino) e dell'Arburese in

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 16 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

rappresentanza di una originaria maggiore diffusione che trova la sua prosecuzione naturale della Nurra (es.: Capo Caccia e dintorni).

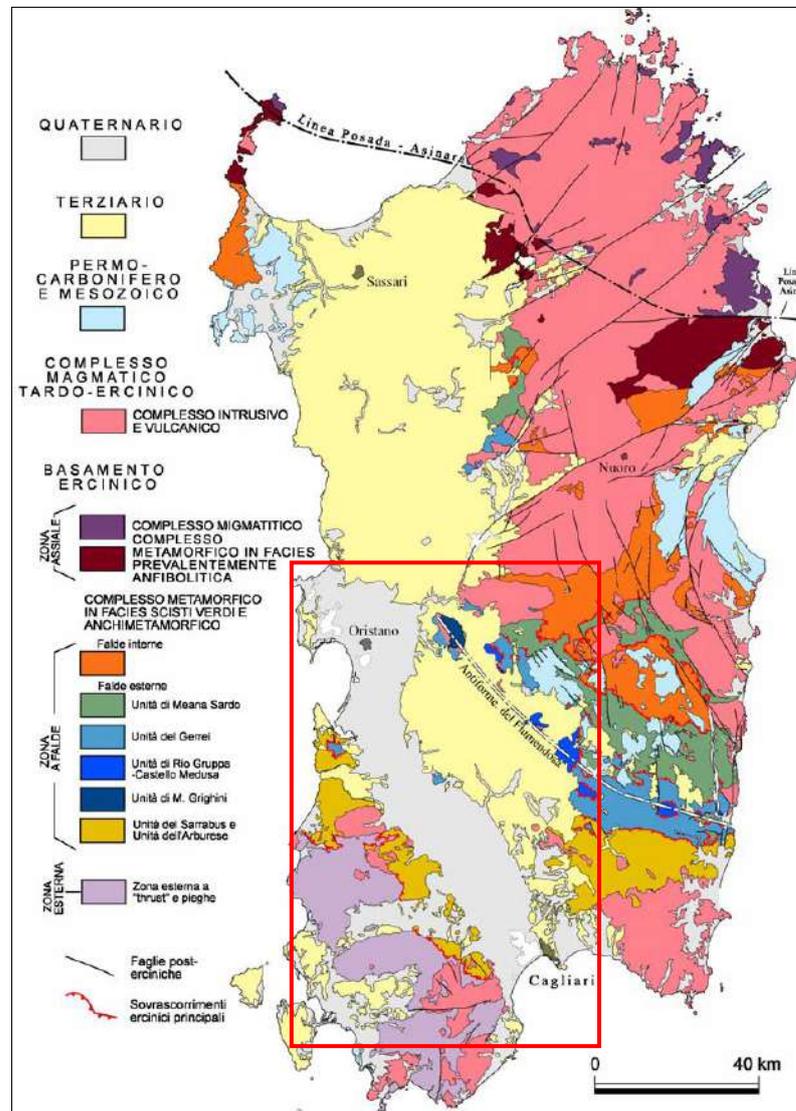


Figura 5.1: Schema geologico-strutturale della Sardegna, il rettangolo di colore rosso indica l'area di indagine.

Durante il Terziario, benché al di fuori della zona orogenica alpina in s.s., l'isola si trova ai margini di due aree caratterizzate da altrettanto importanti fenomeni orogenici che hanno portato alla formazione dei Pirenei e degli Appennini. Nell'Eocene medio infatti, la fase orogenica pirenaica induce nella Sardegna (che allora faceva ancora parte del margine continentale sud-europeo) deformazioni che pongono fine alla sedimentazione marino-paralica (F.ni del Miliolitico e del Lignitifero) attivatasi nel settore sulcitano già a partire dal Paleocene e protrattasi per tutto l'Eocene inferiore determinando, conseguentemente, la messa in posto dei sedimenti detritici fluviali (F.ne del Cixerri) alimentati dal settore pirenaico che si spingono sino all'attuale bordo del Campidano orientale (Villagreca- Monastir-Furtei). Durante la fase collisionale

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 17 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

nord-appenninica la Sardegna è interessata da una tettonica prevalentemente trascorrente (prima transpressiva e successivamente transtensiva) che nell'Oligocene superiore-Aquitano determina l'insorgere di un intenso magmatismo a carattere calcoalcalino (sistema arco-fossa) e la formazione di bacini di sedimentazione dapprima continentale evolutasi poi in transizionale e marina, con una diversificazione di facies strettamente connessa con l'evoluzione sin tettonica del margine sud europeo. Nella Sardegna sud-occidentale i depositi corrispondenti, appartenenti al primo ciclo di sedimentazione del bacino oligo-miocenico e individuati con i nomi di F.ne di Ussana, F.ne di Nurallao, F.ne della Marmilla e F.ne dei Calcari di Villagrecia, sono osservabili soprattutto nelle sub-regioni della Marmilla, Trexenta, Parteolla e solo limitatamente nell'Arburese (Arcuentu) spesso associate o precedute da manifestazioni vulcaniche sia subaeree sia sottomarine, mancando del tutto nel Sulcis-Iglesiente.

I depositi magmatici risultano invece particolarmente diffusi nel distretto sulcitano, comprese le isole di San Pietro e San'Antioco e nel settore di Sarroch-Pula. Altre importanti manifestazioni vulcaniche legate a questa fase tettonica sono ben osservabili nel Guspinese-Arburese (Monte Arcuentu) nonché in prossimità dei bordi occidentali e orientali della piana del Campidano (Monastir-Furtei).

Un'interpretazione in chiave di riattivazione distensiva dei lineamenti trascorrenti più antichi (pirenaici?) può essere prospettata anche per la parte sud-occidentale (Iglesiente-Sulcis) della Sardegna. Gli elementi strutturali principali in quest'area sono costituiti da due bassi strutturali allungati in direzione E-W, che da S verso N sono: il Bacino di Narcao e la Fossa del Cixerri. I bassi strutturali sopra descritti, un tempo interpretati come propagazioni laterali della "Fossa sarda", sono attualmente considerati dagli Autori come sinclinali di crescita sviluppatesi all'interno di una zona compresa tra due faglie trascorrenti destre orientate NW che, come accennato in precedenza, non contengono testimonianze della sedimentazione oligo-miocenica.

Il collasso gravitativo dell'Orogene nord-appenninico durante la fine dell'Aquitano ed il Burdigaliano, porta all'instaurarsi di una tettonica estensionale che conduce ad un'importante fase di rifting (già di impostazione oligocenica), che favorì la separazione e la migrazione verso Sud-Est del blocco Sardo-Corso dal Margine Sud-Europeo e la formazione della "Fossa Sarda" o "rift oligomiocenico sardo" degli Autori. Si tratta di un'estesa depressione tettonica, che dal golfo di Cagliari giunge sino a quello dell'Asinara, sede di una potente sedimentazione prevalentemente marina policiclica caratterizzata dall'alternanza di facies marine-transizionali e continentali che perlomeno sino al Langhiano sono ancora associate al vulcanismo (subacqueo e subaereo) a chimismo calco-alcalino.

Se la fase transpressiva della collisione nord appenninica favorisce l'insorgere del primo ciclo di sedimentazione dapprima continentale, evolutosi in transizionale e poi marina entro innumerevoli piccoli bacini che anticipano la formazione della "Fossa Sarda" vera e propria, nel Burdigaliano superiore la deposizione pertanto riprende (2° ciclo) con un complesso arenaceo-marnoso e marnoso (Formazione delle Marne di Gesturi e F. ne delle Argille di Fangario) che perdura sino al Miocene medio (Langhiano) e che trova continuità con i coevi depositi della Sardegna del nord (Sassarese). Limitatamente al settore meridionale dell'isola, la sedimentazione dentro il bacino miocenico sembra localmente interrompersi per poi riprendere nel Serravalliano con una successione detritica di ambiente fluvio-deltizio e marino-litorale (F.ne delle Arenarie di Pirri) che apre il terzo e ultimo ciclo deposizionale miocenico il quale trova conclusione nel Messiniano con la deposizione della serie carbonatica e evaporitica osservabile

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 18 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

nell'areale cagliaritano (F.ne dei Calcari di Cagliari) e nell'oristanese costiero ("Successione carbonatica del Sinis – Capo Frasca").

Nel Pliocene medio, si attiva una nuova importante fase distensiva conseguente all'apertura del Bacino sud-tirrenico che interessa principalmente la parte meridionale del bacino oligo-miocenico sardo riattivando le linee di debolezza NW-SE e N-S e determinando la formazione del "Graben del Campidano". La nuova depressione strutturale che riprende e in parte accentua la geometria del "rift sardo", si associa un intenso vulcanismo effusivo di tipo fissurale a chimismo da basico fino a subalcalino con contestuale emissione di lave basaltiche che portano alla formazione degli edifici vulcanici del Monte Arci e del Montiferro nonché agli spandimenti basaltici attualmente osservabili nel settore di Capo Frasca-Sinis, dell'alto Oristanese, del settore di Mogoro-Uras-Sardara e delle varie Giare della Marmilla.

La prosecuzione dell'attività tettonica distensiva anche nel Pliocene superiore – Pleistocene inferiore determina l'intensa erosione dei settori di bordo strutturalmente in rilievo e la progressiva colmata della depressione tettonica campidanese con prodotti clastici di ambiente continentale fluvio-torrentizio e lacustre. Durante il Quaternario, in conseguenza degli effetti del glacio-eustatismo, si instaurano inoltre processi morfogenetici di versante, che conseguentemente al ringiovanimento orografico determinato dalle variazioni del livello di base dei mari, accentuano la deposizione all'interno del "graben" del Campidano di potenti depositi detritico-alluvionali di conoide derivati dallo smantellamento dei rilievi impostati su rocce paleozoiche, mioceniche e plioceniche costituenti i margini della depressione campidanese.

La strutturazione tettonica conseguente alla fase distensiva plio-quadernaria e i successivi fenomeni di subsidenza attivi nei settori costieri dell'oristanese e cagliaritano, modificano quasi completamente l'originario schema della idrografia superficiale: sono da riportare infatti a questo periodo importanti fenomeni di cattura fluviale con spostamento dei principali assi drenanti di impostazione miocenica nonché la divisione dei bacini idrografici efferenti al Campidano di Oristano e Campidano di Cagliari in virtù della formazione di un nuovo spartiacque nel settore di San Gavino-Sardara.

Tale azione di modellamento morfodinamico del territorio della Sardegna sud-occidentale, perdura per tutto il Pleistocene superiore con depositi di versante e alluvionali che dalle conoidi bordiere migrano verso le aree depocentrali delle varie piane (Campidano, Cixerri, Sulcis, Pula-Sarroch) alternando fasi di terrazzamento a fasi di sovralluvionamento a causa del susseguirsi di fasi glaciali e interglaciali e relativi abbassamenti/innalzamenti del livello del mare.

Nell'Olocene, con l'ultima risalita eustatica del livello marino, prosegue l'attività di colmata alluvionale delle piane nonché fenomeni di terrazzamento determinati da oscillazioni eustatiche minori e la deposizione di discontinue coltri detritiche di versante, eluvio-colluviali e alluvionali attualmente in evoluzione. Sono da ricondurre all'Olocene pertanto le attuali configurazioni della piana costiera dei golfi di Oristano e di Cagliari con l'insieme di zone umide e di pertinenza dei grandi corsi d'acqua del Tirso e del Mannu-Cixerri.

5.2 Rappresentazione cartografica locale

Con riferimento alla cartografia geologica ufficiale in scala 1:25.000 (Carta Geologica di base della Sardegna) disponibile presso il Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali della R.A.S. – 2008, si riporta di seguito l'elenco

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 19 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

delle unità litostratigrafiche in qualche modo interagenti con il tracciato del metanodotto, suddivise per tipologia di deposito, genesi e intervallo temporale, partendo da quelle più recenti. Ciascuna unità viene altresì individuata attraverso la sigla ufficiale, così come riportato nello stralcio cartografico di Figura 5.2.

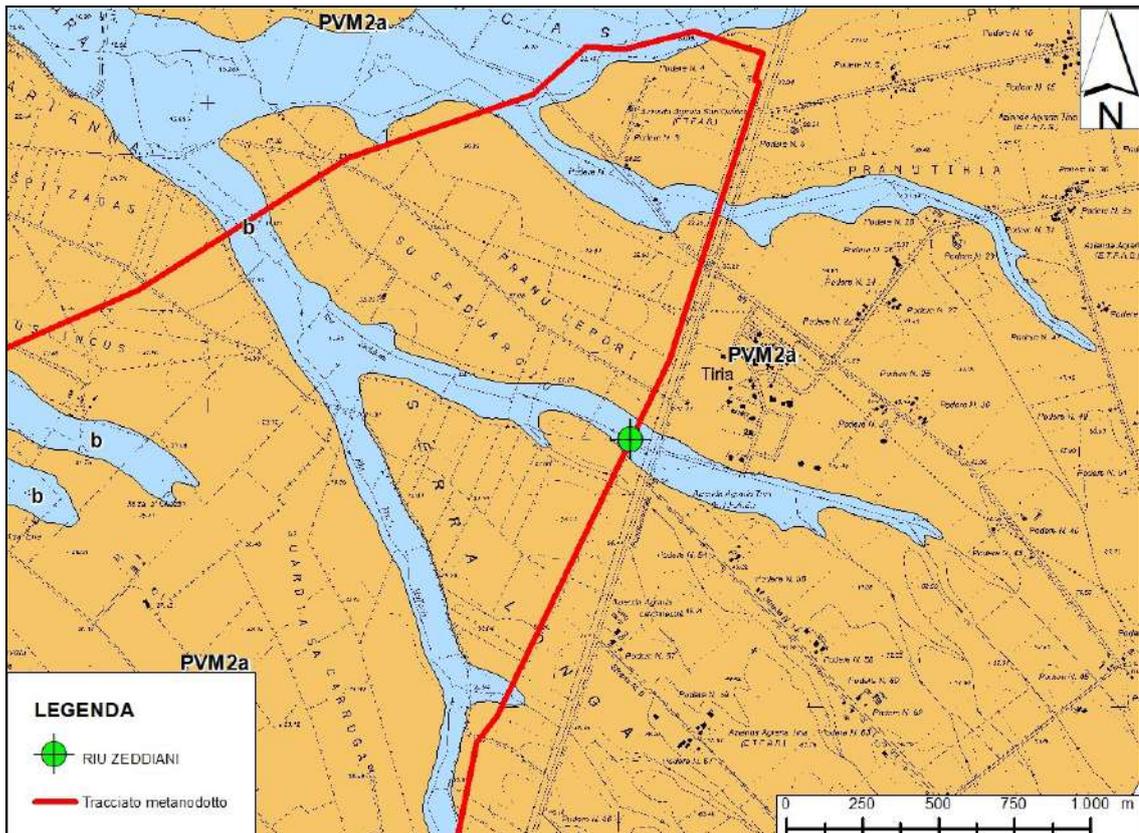


Figura 5.2: Stralcio della carta geologica della Sardegna in scala 1:25.000, con indicata l'area in esame.

Unità litostratigrafiche:

- Depositi alluvionali. (b) OLOCENE
- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso. (PVM2a) Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP

5.3 Caratteri litologici e geomorfologici locali

Il margine orientale del Campidano di Oristano è delimitato dal complesso vulcanico del Monte Arci (UCU), la cui genesi è legata alla tettonica distensiva plio-pleistocenica connessa all'apertura del Bacino Sud-Tirrenico, che riattivando le linee di debolezza oligo-mioceniche porta all'instaurarsi di un vulcanismo di tipo fissurale e alla contestuale emissione di lave basaltiche. Il rilievo vulcanico del Monte Arci alimenta una vasta area a conoidi detritico-alluvionali, con spessori che a tratti raggiungono i 150 m.

Nell'area in studio affiorano diffusamente i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici dell'area continentale (PVM2a) costituiti da ghiaie grossolane sino alla taglia dei

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 20 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

blocchi, a matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, con intercalate lenti e/o strati limoso-argillosi e ghiaie in matrice sabbiosa. Il grado di addensamento di questi depositi è generalmente elevato. Molto marcata è l'interazione con i depositi alluvionali trasportati dal reticolo idrografico attuale (b) costituiti da sedimenti eterometrici e poligenici di ambiente essenzialmente fluvio-torrentizio.

L'attraversamento del Riu Zeddiani, così come riportato nello stralcio della carta geologica di Figura 5.2, insiste sull'unità litostratigrafica rappresentata dai depositi alluvionali olocenici (b).

La porzione di tracciato interessata dall'attraversamento ricade all'interno dell'Unità Idrografica Omogenea del Mannu di Pabillonis – Mogoro che si estende su una superficie 1710,25 km² con un perimetro di 287,22 km. Il bacino del Riu Mogoro Diversivo si estende su un'area di 590,01 km². Si tratta di un bacino collinare compreso tra i rilievi rocciosi che culminano nella punta Trebina Longa a ovest e nella Giara di Gesturi. Il substrato è costituito essenzialmente da arenarie e conglomerati terziari, con locali affioramenti di lave basaltiche.

Il progressivo approfondimento del Graben del Campidano e il contestuale sviluppo dell'edificio vulcanico del Monte Arci portano al ringiovanimento del reticolo idrografico e alla formazione di potenti depositi di conoide alluvionale che si estendono per diversi chilometri nella piana del Golfo di Oristano dominata dai processi morfodinamici del Tirso e della sua foce. I versanti del Monte Arci sono dominati dalle conoidi detritico-alluvionali del Subsistema di Portovesme (PVM2a) caratterizzate nella parte apicale da pendenze comprese tra 11-35% e la parte distale tra i 5-10%.

L'area dell'attraversamento si caratterizza per una morfologia debolmente inclinata verso NW con pendenze comprese tra 0-10%. Nell'area, allo stato attuale, non si rileva la presenza di processi morfodinamici attivi.

5.4 Caratteri idrogeologici locali

Nel settore che contorna gli abitati di Oristano, Santa Giusta e Palmas l'assetto idrogeologico è caratterizzato dalla presenza di due acquiferi, uno superficiale e uno profondo. L'acquifero superficiale, di tipo freatico, è impostato sui depositi alluvionali attuali e nelle sabbie litorali oloceniche, per lo più alimentato dalle acque meteoriche oltre che dall'interazione con i corsi d'acqua che insistono sul territorio.

L'acquifero è delimitato alla base da uno strato di argille lagunari che raggiunge la superficie topografica in corrispondenza della Laguna di Sassu e si approfondisce verso la costa fino alla profondità di circa 25 m da p.c.; lo spessore dello strato impermeabile è di circa 25-30 m. L'andamento delle isofreatiche mostra nel settore nord-orientale della piana, un'alimentazione della falda ad opera del Tirso, mentre nel settore occidentale le isofreatiche evidenziano un drenaggio da parte del corso d'acqua. Il gradiente idraulico, mediamente del 1,2 ‰, conferma una buona omogeneità dell'acquifero anche se si registrano locali eccezioni.

L'acquifero profondo, di tipo multistrato, è impostato sui prodotti alluvionali pleistocenici ed ha una permeabilità più o meno bassa. Lo spessore massimo di questo acquifero può essere dedotto dalla stratigrafia del pozzo Oristano 1 che indica la profondità del basamento vulcanico a circa 300 m sotto la successione quaternaria. L'andamento dei deflussi profondi ha una direzione Sud-Est/Nord-Ovest in direzione dello Stagno di Santa Giusta.

Le prove di portata condotte indicano valori di permeabilità K dell'acquifero compresi

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 21 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

tra un minimo di $3,8 \times 10^{-4}$ e un massimo di $1,2 \times 10^{-5}$ m/s. Si ritiene che sia gli acquiferi superficiali che quelli profondi siano alimentati dall'area pedemontana del Monte Arci.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 22 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

6 ANALISI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI BASE

6.1 Caratterizzazione idrologica

Il Riu Zeddiani è un affluente del Rio Merd'è Cani in cui confluisce qualche centinaia di metri a valle dopo l'intersezione con il metanodotto in progetto.

Questo corso d'acqua è stato studiato idraulicamente durante la redazione dello studio di compatibilità idraulica e geologico geotecnica estesa a tutto il territorio comunale, effettuata dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle NA del PAI ed approvata in consiglio comunale con delibera n° 5 del 27/04/2016.

Il Riu Zeddiani fa parte del bacino idrografico del Riu Merd'è Cani, corpo ricettore di una serie di corsi d'acqua che si immettono su di esso in buona parte provenienti dal sistema del Monte Arci, in particolare oltre che tramite il *Riu Zeddiani* che a sua volta raccoglie le acque del *Riu Tumboi* (Arci parte Villaurbana) e prima ancora dei rii *Mellas*, *Mellas 2* e *Pisc'e mulleri* sul quale afferiscono *Roiedda Serralonga* e *Tiria 6*.

I corsi d'acqua in questione presentano medesime caratteristiche di fondo: l'origine montana, il percorso per lunghi tratti articolato nei caratteristici canali e le intersezioni con la rete viaria pedemontana oltre la quale cambia la pendenza del piano di scorrimento. Sono corsi d'acqua naturali, talvolta oggetto di interventi puntuali di sistemazione idraulica.

In base ai dati forniti dal citato studio, le caratteristiche morfologiche, fisiografiche e altimetriche del sub-bacino sotteso dalla sezione di interesse possono essere così sintetizzate:

Quota minima sezione di chiusura (m s.l.m.)	H_0	5,3
Quota media del bacino (m s.l.m.)	H_m	217,5
Quota massima del bacino (m s.l.m.)	H_m	700,00
Superficie bacino sotteso (km ²)	A	46,17
Pendenza media dell'asta (%)	i	18,19

6.2 Stima della portata di piena di riferimento

Dallo studio idraulico precedentemente citato sono stati ricavati i parametri idraulici di riferimento.

Il sito di attraversamento Rio Zeddiani da parte del Metanodotto Cagliari – Palmas Arborea risulta compreso tra le sezioni idrauliche denominate rispettivamente R.Zed A 4250 e R. Zed. A 4344 (Figura 6.1), le portate sono state calcolate tra 20,57 e 39,83 m³/s per i vari tempi di ritorno.



PROGETTISTA

COMMESSA
NR/14327/R-L10CODICE
TECNICO

LOCALITÀ

REGIONE SARDEGNA

Appendice 29 a
RE-PAI-001

PROGETTO / IMPIANTO

METANIZZAZIONE SARDEGNA

Pag. 23 di 30

Rev.
0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

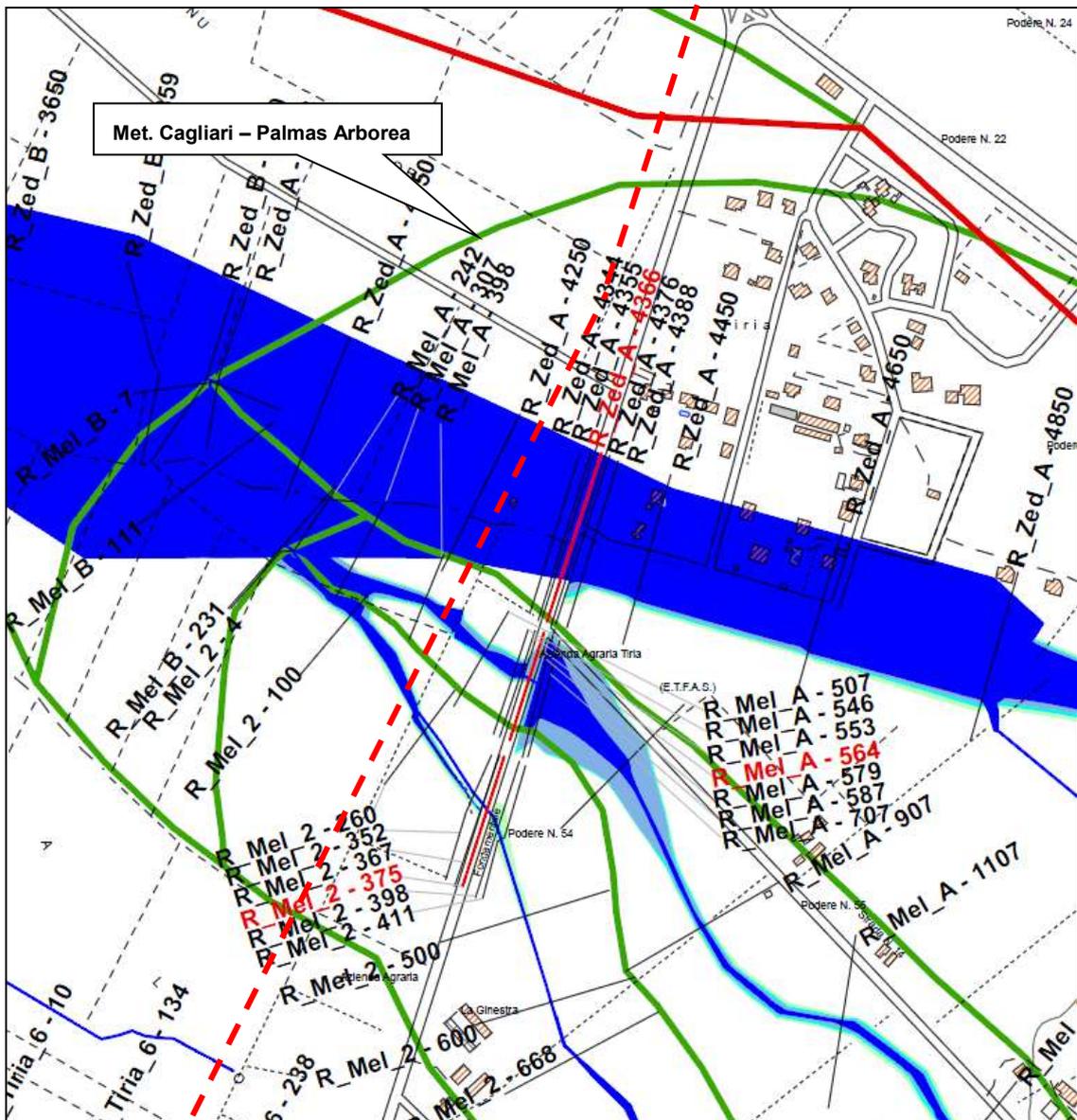


Figura 6.1: Stralcio della tavola I.4..1 (studio di Compatibilità Idraulica comune di Palmas Arborea), con indicato in rosso tratteggiato il metanodotto in progetto.

Le simulazioni idrauliche condotte evidenziano come la sezione idraulica non sia sufficiente a contenere portate di massima piena anche con tempi di ritorno T_r 50 anni, l'allagamento si estende al di fuori dell'alveo inciso per circa 80 metri in sinistra e 100 metri in destra idraulica

Le correnti di piena defluiscono con valori medi di velocità ridotti e comunque compresi tra 1,52 e 4,15 m/sec..

Al fine di eseguire alcune determinazioni progettuali riguardanti le modalità esecutive dell'attraversamento, per la stima della portata al colmo, utile per valutazioni idrauliche preliminari, sono state assunti i risultati delle elaborazioni riferibili alla sezione R.Zed A 4250 e R. Zed. A 4344 precedentemente descritte. Si è ritenuto significativo, in ragione della natura dell'intervento, porre a fondamento delle analisi tempo di ritorno T_r ,

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 24 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

= 200 anni.

Nella sezione di riferimento, in particolare, le condizioni di deflusso considerate sono associate a portata pari a 31,85 m³/s, i risultati della modellazione sono riassunti nella successiva tabella, estratta integralmente dal citato studio ai sensi dell'Art. 8 comma 2 del comune di Palmas Arborea, ove sono riportati i valori calcolati delle seguenti grandezze:

- Q, valore della portata al colmo (m³/s);
- "Fondo alveo", quota di fondo alveo (m s.l. m.);
- "Pelo Libero", Quota della massima piena per tempi di ritorno Tr = 200 anni;
- v, velocità media nella sezione di deflusso (m²/s);
- A, area della sezione bagnata (m²).

Riu Zeddiani Tr=200 anni					
ID Sezione [-]	Q (m ³ /s)	Fondo Alveo (m slm)	Pelo Libero (m slm)	Velocità media della corrente nella sezione (m/s)	Flow Area (m ²)
4344	31,85	24,47	25,75	3,87	13,59
4250	31,85	23,51	25,29	1,60	33,61

Non essendo disponibile il DTM passo 1 metro, per la zona di attraversamento, come quota fondo alveo è stata assunta quella corrispondente alla sezione idraulica R. Zed. A 4250 prossima alla sezione di attraversamento considerata.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 25 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

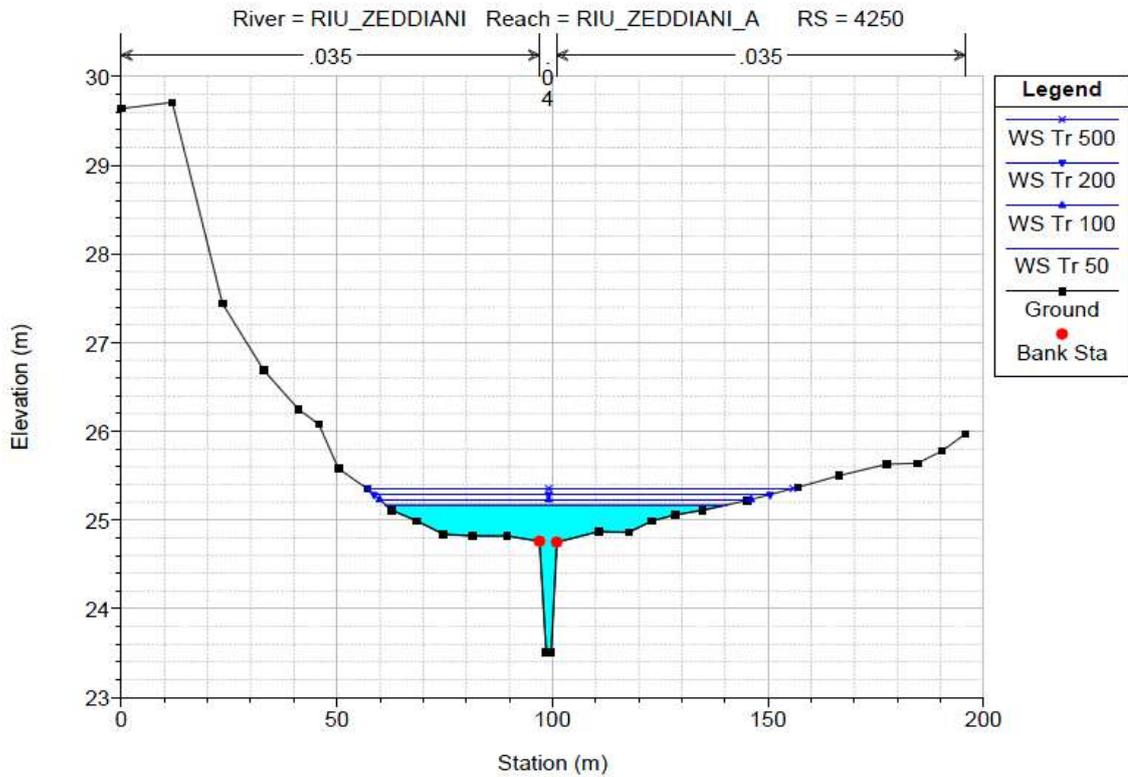


Figura 6.2: Stralcio sezione idraulica R. Zed. A 4250, fonte Art. 8 Comma 2 del comune di Palmas Arborea

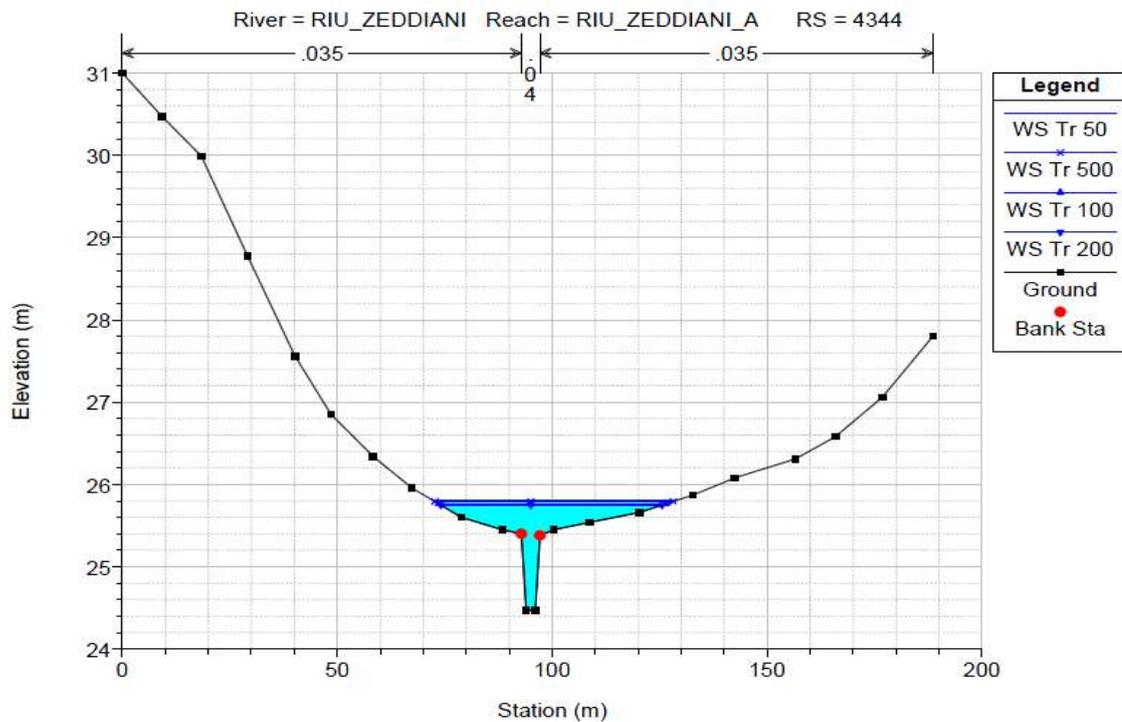


Figura 6.3: Stralcio sezione idraulica R. Zed. 4344, fonte Art. 8 Comma 2 del comune di Palmas Arborea

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 26 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

In base al valore di portata e tenuto conto dei principali parametri del deflusso di piena, le valutazioni idrauliche preliminari, tese a valutare i potenziali fenomeni erosivi, possono essere condotte ricorrendo a formulazioni cautelative che non tengono conto del fenomeno di esondazione, essendo fondate solo sulla effettiva geometria dell'alveo, delimitato entro i limiti di sponda e/o d'argine appositamente rilevati.

6.3 Valutazioni idrauliche preliminari

Ai fini di progettazione del metanodotto, occorre predeterminare le condizioni di approfondimento della tubazione interrata, fermi restando specifici valori minimi. Nel caso dell'attraversamento di corsi d'acqua, si ricorre a formulazioni estremamente cautelative, atte alla valutazione delle eventuali erosioni localizzate del letto e dei potenziali fenomeni di escavazione in alveo; in modo che un eventuale approfondimento, rispetto alla quota minima iniziale del fondo, non possa interessare la tubazione stessa. A tal fine, specificatamente in virtù dei modelli conservativi utilizzati², può non essere necessario determinare aspetti di dettaglio, quali la velocità e la tensione tangenziale della corrente al fondo alveo, e le caratteristiche del materiale che ne forma il letto.

Tali modelli permettono di valutare se lo spessore del materiale di rinterro, adeguatamente costipato, pur non alterando le originarie condizioni di permeabilità, risulta idoneo a garantire dai potenziali fenomeni erosivi. Quando risulta opportuno garantire una adeguata protezione dell'alveo interessato dagli scavi "a cielo aperto", può essere previsto l'utilizzo di massi o pietrame naturale, per costituire parte del rinterro e/o il rivestimento del fondo e delle sponde.

In quest'ottica di verifica preliminare degli effetti idraulici delle piene, ci si rifà agli studi³ di Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare alle possibili escavazioni un valore cautelativo, pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata (in particolare, venne dimostrato che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica). Una generalizzazione prudenziale, proposta in Italia, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena⁴. Pertanto, una stima del tutto cautelativa della profondità delle potenziali escavazioni del fondo (Z) è data, in corrispondenza di una assegnata sezione, in ragione del 50% del battente idrometrico di piena (h_o):

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

Nel caso in cui l'evento di piena implichi esondazioni oltre l'alveo inciso, sulla base di considerazioni proprie degli idrogrammi sperimentali correlati ai relativi modelli sperimentali e di considerazioni connesse alla morfologia delle aree di esondazione, il battente idraulico è assunto pari a 1,05 | 1,10 volte la profondità dell'alveo, rilevata nella geometria della sezione; ovvero $Z = 0,55 h_a$, con h_a dislivello tra la sommità di sponda o d'argine e la massima incisione.

² D'Alberto D. et Alii., "Crossing debris flow areas", in Pipeline technology journal, May 2016.

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

⁴ Vollo L., "L'aratura di fondo nell'alveo dei fiumi durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXIX; Milano, 1952. Zanovello A., "Sulle variazioni del fondo degli alvei durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXXV; Milano, 1959.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 27 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

Per quanto attiene alla formazione di buche ed approfondimenti locali, le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano il fenomeno stesso. In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5 cm, i valori raggiungibili dalle suddette erosioni sono generalmente indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5 cm, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la profondità dell'erosione. In termini "qualitativi", per determinare un valore cautelativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo, indipendentemente dal diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena, tra i modelli disponibili (Schoklitsch, Eggemberger, Adami), la formula di Schoklitsch⁵ è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici e determina un valore medio rappresentativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo:

$$S = 0,378 \cdot H^{1/2} \cdot q^{0.35} + 2,15 \cdot a$$

dove

- S è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota media del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- $H = h_0 + v^2/2 \cdot g$ rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- $q = Q_{Max} / L$ è la portata specifica per unità di larghezza L della corrente di piena in alveo;
- a è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca ed è assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base del dislivello locale del fondo alveo, in corrispondenza della massima incisione, relativo ad una lunghezza pari all'altezza idrica massima ivi determinata.

Il riferimento geografico dell'attraversamento è:

X UTM	Y UTM
474364,0304	4412880,0269

Non essendo disponibile il DTM passo 1 metro, per la zona di attraversamento, come quota fondo alveo in corrispondenza dell'attraversamento del metanodotto in progetto, è stata assunta la quota estratta dalla sezione 4250 prossima all'attraversamento del corso da parte del metanodotto, pari a .23,50 m slm.

In alvei di pianura, a bassa pendenza longitudinale ed a sezione larga, aventi condizioni di scabrezza ordinaria ed in assenza di ostruzioni, se l'altezza idrica della corrente di piena risulta più elevata dei margini sommitali della sezione geometrica d'alveo, si può assumere $H = 1,20 \cdot h_a$; con h_a in precedenza definito.

Nel caso di interesse è acclarato che la portata di massima piena assunta quale riferimento di calcolo, associata a tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, può non essere contenuta in alveo e generare fenomeni di esondazione; in tali circostanze i modelli descritti sono certamente applicabili, dando luogo a verifiche caratterizzate da adeguati margini di sicurezza, anche per portate superiori.

⁵ Schoklitsch A., „Stauraum Verlandung und kolkbewehr“; Springer ed., Wien, 1935.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 28 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

Pertanto, assumendo ai fini di calcolo $Q_{Max} = 31,85 \text{ m}^3/\text{s}$, in base alla geometria della sezione di attraversamento, si determina:

quota di contenimento nella sezione	24,75 m slm
quota della massima incisione	23,50 m slm
h_a	1,25 m
Z = 0,69 m	
pendenza locale in corrispondenza della sezione	1,02 %
H	1,5 m
a	0,03 m
larghezza idrica in sommità della sezione L	2,00 m
Q_{Max}	31,85 m^3/s
q	15,93 $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$
S = 1,28 m	

Pertanto si stimano approfondimenti potenziali pari a circa 1,28 m.

Sulla base delle valutazioni speditive condotte, con due distinti metodi di calcolo, valide in condizioni di fondo mobile, totalmente incoerente, e già comprendenti opportuni fattori di sicurezza, risulta ampiamente cautelativa la copertura minima di 1,5 metri progettualmente imposta per scavo su terreni.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 29 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

7 CONCLUSIONI

La realizzazione del metanodotto Cagliari – Palmas Arborea, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del Riu Zeddiani a monte della sua confluenza nel Rio Merd'e cani.

Il tronco del corso d'acqua interessato dell'intervento risulta perimetrato in base alle elaborazioni idrauliche dello studio di compatibilità idraulica effettuato dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art 8 comma 2 delle NA del PAI ed approvato in consiglio comunale con Delibera n. 5 del 27/04/2016 e per il quale vigono le norme di salvaguardia, e ad esso sono associate condizioni di pericolosità idraulica Hi4.

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, è stata determinata la soluzione di progetto idonea per la collocazione in sub-alveo della tubazione, mediante la tecnica esecutiva di posa con scavo a cielo aperto, con immediato ripristino della situazione dei luoghi.

Presupposti di compatibilità idraulica

Conformemente a quanto stabilito dagli strumenti di pianificazione territoriale, gli interventi previsti dal progetto del metanodotto sono tali da garantire la conservazione delle funzioni e del livello naturale del corso d'acqua.

- L'attraversamento dell'alveo e delle aree di pertinenza sarà eseguito mediante posa a profondità compatibile con la dinamica fluviale, ma comunque con un franco minimo di ricoprimento pari a 1,50 metri. Non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno delle perimetrazioni.
- La costruzione del metanodotto rientra nel quadro generale del programma di distribuzione del gas naturale nella Regione Sardegna. È opera di interesse pubblico, essenziale per la funzione ad essa deputata e non diversamente localizzabile nelle sue linee generali; ciò in quanto il relativo progetto scaturisce dal confronto tra tutti i fattori condizionanti che caratterizzano i possibili corridoi di posa del metanodotto, sia in termini ambientali sia in termini esecutivi e, di conseguenza, identifica i siti di attraversamento dei corsi d'acqua in funzione delle esigenze di ottimizzazione del tracciato, nel rispetto del complesso dei vincoli cui il progetto stesso è assoggettato.
- Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, la configurazione geometrica della pipeline nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è tale da non precluderne l'esecuzione.
- Con riferimento alle Norme di attuazione del PAI Sardegna, l'intervento è progettato in modo da corrispondere alla tipologia di opere consentite in aree classificate a rischio idraulico.

Modalità esecutive

I lavori consisteranno essenzialmente nella posa della tubazione mediante scavo di trincea a cielo aperto. Saranno eseguiti in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua; l'intervento non apporterà restringimenti,

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 29 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 30 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-35

deviazioni dell'asta e modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, infatti, previsti idonei ripristini degli elementi spondali interessati e tutte le profilature saranno ristabilite con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali. Apposite attività consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Nello specifico:

- dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del Riu Zeddiani, non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità;
- ovviamente, non si darà luogo ad alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle;
- anche durante le fasi lavorative, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori;
- la profondità di posa della tubazione in sub-alveo risulta pienamente commisurata all'esigenza di tutelare la tubazione stessa da eventuali fenomeni erosivi del fondo alveo, indotti dalla portata di massima piena duecentennale, e garantisce l'equilibrio del sistema di forze gravitative e idrauliche, permettendo di escludere qualsiasi interferenza tra tubazione e flusso della corrente.

Considerazioni conclusive

In ragione delle scelte progettuali e del sistema d'attraversamento, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni conclusive.

- *Assenza di modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo.* L'intervento non induce modifiche all'assetto morfologico dell'alveo inciso, sia dal punto di vista planimetrico sia altimetrico, garantendo il mantenimento delle caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.
- *Assenza di modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.* Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata con ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), non sarà determinato alcun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.
- *Assenza di riduzione della capacità d'invaso.* Le modalità esecutive previste non creeranno 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 sottrarranno capacità d'invaso.
- *Assenza di alterazione delle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.* Le modalità esecutive previste sono tali da non indurre effetti impattanti con il contesto naturale della regione fluviale, che possano pregiudicare in maniera "irreversibile" l'attuale assetto paesaggistico. Condizioni d'impatto sono limitate alle sole fasi di costruzione e per questo destinate a scomparire nel tempo, con la ricostituzione delle componenti naturalistiche ed ambientali.

In sintesi, l'intervento in progetto può ritenersi compatibile con le misure stabilite dagli strumenti di tutela dei corpi idrici e dal PAI Sardegna, sia per la natura dell'opera sia per gli accorgimenti esecutivi previsti.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 1 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

METANIZZAZIONE REGIONE SARDEGNA TRATTO SUD

METANODOTTO COLL.TERMINALE DI ORISTANO
DN 650 (26") - DP 75 bar

ATTRAVERSAMENTO RIU ZEDDIANI RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

0	Emissione	F. CALLAI F.FANELLI	M.FORNAROLI	V.FORLIVESI O.CORDA	29/06/2018
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 2 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Oggetto della relazione	3
1.2	Elaborati progettuali di riferimento	3
1.3	Definizioni	4
1.4	Normativa di Riferimento	5
2	PAI. DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA	6
3	AMMISSIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LE PREVISIONI DEL PAI	9
4	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	12
5	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	15
5.1	Lineamenti geologici e strutturali generali	15
5.2	Rappresentazione cartografica locale	18
5.3	Caratteri litologici e geomorfologici locali	19
5.4	Caratteri idrogeologici locali	20
6	ANALISI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI BASE	22
6.1	Caratterizzazione idrologica	22
6.2	Stima della portata di piena di riferimento	22
6.3	Valutazioni idrauliche preliminari	25
7	CONCLUSIONI	29

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 3 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto della relazione

La realizzazione del metanodotto Collegamento Terminale di Oristano, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del corso d'acqua "Riu Zeddiani", nel territorio del Comune di Palmas Arborea, nella provincia di Oristano.

L'identificazione nominale "Riu Zeddiani" è data in base al reticolo idrografico della Regione Autonoma della Sardegna disponibile nel Data Base Multiprecisione (DBMP).

L'ottimizzazione planimetrica del tracciato e il profilo di posa della tubazione attraverso l'alveo del corso d'acqua sono stati individuati in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico e idraulico. Tali valutazioni, basate su apposite indagini eseguite, hanno dato modo di acquisire le necessarie conoscenze sulle caratteristiche di dettaglio del corridoio individuato dal tracciato in progetto e sulle condizioni di stabilità delle aree da attraversare, ivi compreso il corso d'acqua di interesse. Gli aspetti idraulici e idrologici sono stati contemplati in conformità ai dati ed alle informazioni rese disponibili dagli strumenti di pianificazione territoriale di settore.

Nella presente relazione, in particolare, sono descritte le analisi condotte per la valutazione delle condizioni di compatibilità idraulica dell'attraversamento in sub-alveo e le relative conclusioni. Difatti, il tronco di diretto interesse del corso d'acqua ricade in zona perimetrata come area a pericolosità idraulica, nello specifico l'area è stata perimetrata successivamente all'evento alluvionale del 18/11/2013 denominato "Cleopatra", le stesse perimetrazioni sono state confermate dallo studio Idraulico eseguito dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle norme di attuazione del PAI¹. Tale strumento di pianificazione territoriale, all'art. 21, stabiliscono, in linea generale, che le attività di progettazione di infrastrutture a rete o puntuali siano tali da garantire che gli interventi "conservino le funzioni e il livello naturale dei corsi d'acqua; non creino in aree pianeggianti impedimenti al naturale deflusso delle acque; prevedano l'attraversamento degli alvei naturali ed artificiali e delle aree di pertinenza da parte di condotte in sotterraneo a profondità compatibile con la dinamica fluviale". Oltre ciò il citato strumento di pianificazione locale stabilisce norme specifiche per gli interventi ammessi nelle aree identificate come soggette a pericolosità idraulica. La presente relazione tende a fornire, pertanto, la verifica di tale complesso di prescrizioni.

In relazione alle analisi condotte, è stato anche possibile stimare, in via preliminare, la profondità minima di posa della tubazione affinché sia tale da garantirne la sicurezza nei riguardi degli effetti erosivi che potrebbero verificarsi sul fondo d'alveo.

1.2 Elaborati progettuali di riferimento

Per le caratteristiche progettuali dell'attraversamento, comprendenti le specifiche geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa della stessa, nonché gli elementi tipologici e dimensionali dell'intervento previsto, la presente relazione ha riferimento negli elaborati di seguito elencati:

¹ Regione Autonoma della Sardegna, Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna; "Piano assetto idrogeologico. Norme di attuazione"; Testo coordinato, Febbraio 2018.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 4 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

- MET. COLLEGAMENTO TERMINALE DI ORISTANO DN 650 (26") - PLANIMETRIA "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PERICOLOSITÀ IDRAULICA" 1:10.000, PG PAI 303.
- Schede attraversamenti corsi d'acqua e percorrenze fluviali, MI-301.

A tali elaborati si rimanda per quanto non espressamente descritto nella presente relazione e per ogni correlato approfondimento.

1.3 Definizioni

Metanodotto

Accezione convenzionale associata ad una specifica tipologia di gasdotto, che identifica una condotta di considerevole importanza per il trasporto del gas tra due punti di riferimento. È designato con i nomi dei comuni o delle località dove l'opera ha origine e fine, e in relazione alla finalità del trasporto.

Linea o Condotta

Insieme di tubi, curve, raccordi, valvole ed altri pezzi speciali, uniti tra loro per il trasporto del gas; a sviluppo interrato ma comprensiva di parti fuori terra.

Punti di intercettazione

In accordo alla normativa vigente (DM 17.04.08), la condotta sarà sezionabile in tronchi mediante apparecchiature di intercettazione (valvole) denominate:

- Punto di intercettazione di derivazione importante (PIDI) che, oltre a sezionare la condotta, ha la funzione di consentire sia l'interconnessione con altre condotte, sia l'alimentazione di condotte derivate dalla linea principale;
- Punto di intercettazione di linea (PIL), che ha la funzione di sezionare la condotta interrompendo il flusso del gas;

"Pig" di ispezione

Strumento costituito da affusto metallico, dischi di poliuretano, induttori e sensori, avente la funzione di rilevare, localizzare e dimensionare le caratteristiche della condotta.

Stazione di lancio e/o ricevimento "pig"

Area recintata contenente un complesso di dispositivi idonei al lancio e/o ricevimento dei "pig".

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 5 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

1.4 Normativa di Riferimento

Per quanto di seguito descritto, in relazione alla progettazione dell'opera ed alle analisi di compatibilità condotte, si ha riferimento negli strumenti normativi e documenti tecnici di seguito elencati.

Criteria generali di progettazione del metanodotto

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

Pianificazione territoriale di settore

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale, PAI Sardegna, redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge 180/1998, approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006. Norme di attuazione testo coordinato "Febbraio 2018";
- Piano di gestione del rischio di alluvioni, redatto in recepimento della direttiva 2007/60/CE e del relativo D.Lgs. 23/02/2010 n. 49, predisposto, revisionato e aggiornato dall'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016,
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) - adottato in via definitiva dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013;
- STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA E GEOLOGICA-GEOTECNICA DEL TERRITORIO AI SENSI DEGLI ARTICOLI 4, 8 E 26 DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL P.A.I., adottato con delibera del Consiglio Comunale di Palmas Arborea n. 5 del 27.04.2016.

Aspetti generali di carattere ambientale e idraulico

- D.Lgs. 03/04/2006 n.152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- D.Lgs. 23/02/2010 n. 49. Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- R.D. 11/12/1933, n. 1775 e ss.mm.ii. Testo unico delle disposizioni sulle acque e sugli impianti elettrici.
- L. 05/01/1994 n.37. Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche.
- D.Lgs. 22/01/2004 n. 42 e ss.mm.ii. Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n.137.

Aspetti geotecnici

- D.M. Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», emesse ai sensi delle leggi 05/11/1971, n. 1086, e 02/02/1974, n. 64, riunite nel "Testo Unico per l'Edilizia" di cui al D.P.R. 06/06/2001, n. 380, e dell'art. 5 del Decreto Legge 28/05/2004, n. 136, convertito in Legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004, n. 186 e ss.mm.ii.
- UNI EN 1997-1, Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 6 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

2 PAI. DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA

Con deliberazione n. 45/57 in data 30.10.1990, la Giunta Regionale suddivide il Bacino Unico Regionale in sette Sub-Bacini, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque) redatto nel 1987.

L'intero territorio della Sardegna è suddiviso in sette sub-bacini, ognuno dei quali, pur con forti differenze di estensione territoriale, è caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche.

Sulla base di questa suddivisione, il tracciato del Matanodotto tratto Sud interessa il Sub-Bacino 2 "Tirso", il Sub-Bacino 7 "Flumendosa – Campidano - Cixerri" ed il Sub-Bacino 1 "Sulcis". (Figura 2.1)

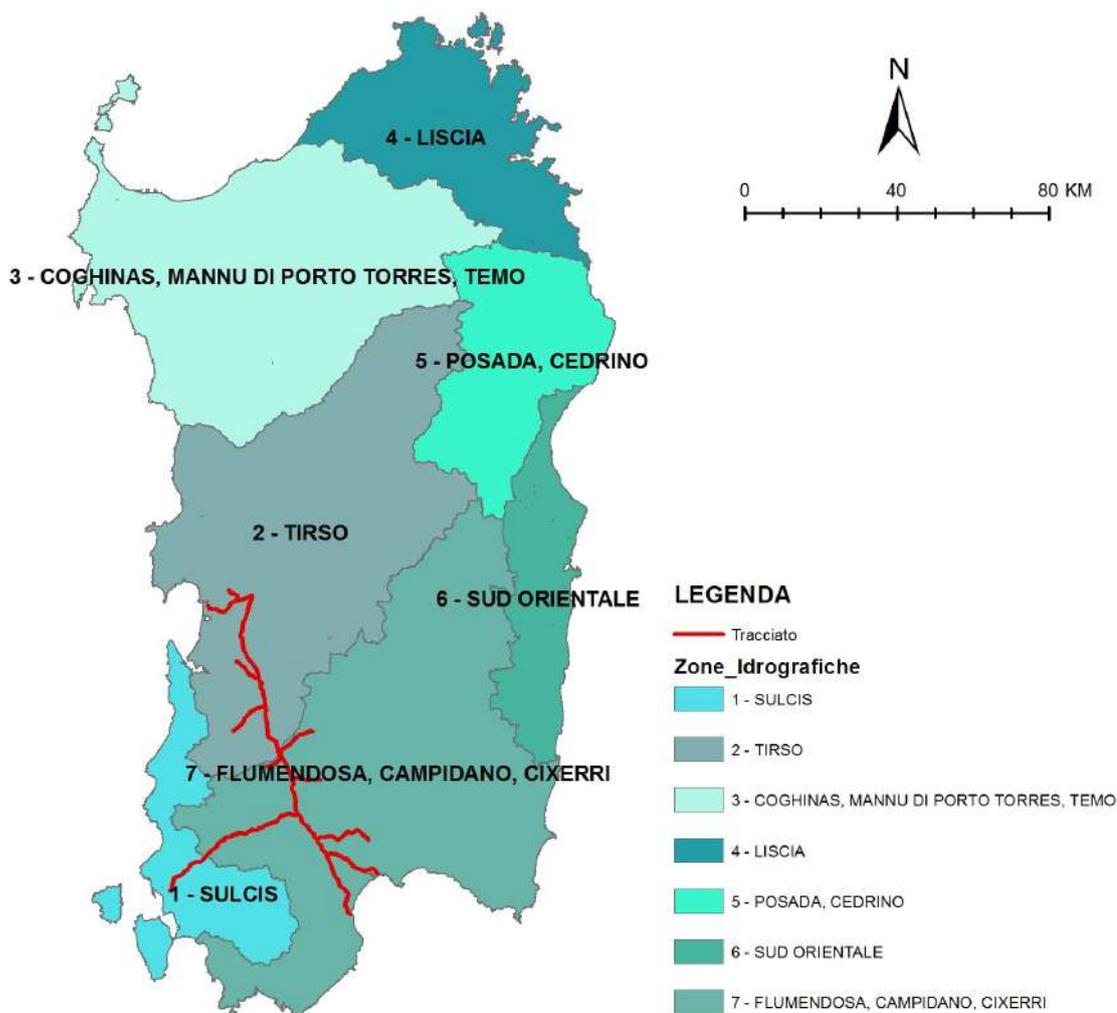


Figura 2.1: Suddivisione del territorio regionale nei 7 in Sub-Bacini, con inserito il tracciato dell'opera in progetto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 7 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

In data 11.03.2005 viene pubblicato sul B.U.R.A.S. il Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici n. 3 del 21.02.2005 con il quale è stata resa esecutiva la Deliberazione n. 54/33 assunta in data 30.12.2004 dalla Giunta Regionale, in qualità di Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino.

Con tale deliberazione cui è stato adottato il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (in seguito denominato P.A.I.), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998.

In conformità con quanto previsto dalle Norme di Attuazione del P.A.I., Titolo III "Controllo del Rischio nelle Aree di Pericolosità Idrogeologica", Capo I – "Norme Comuni per la disciplina degli Interventi nelle Aree di Pericolosità Idrogeologica", articolo 23 comma 6 lettera b, gli interventi e le opere ammissibili nelle aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media sono effettivamente realizzabili subordinatamente alla presentazione, alla valutazione positiva e all'approvazione dello Studio di Compatibilità Idraulica o Geologica e Geotecnica di cui agli articoli 24 e 25 delle stesse N.d.A. del P.A.I.

Con la pubblicazione del testo coordinato delle N.d.A. del P.A.I. edizione Febbraio 2018, le modifiche apportate all'articolo 21 e nello specifico al comma 2, lo studio di compatibilità idraulica per le opere di attraversamento degli alvei non è richiesto.

Ciò nonostante viene richiesto al soggetto attuatore di sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese le condotte qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico, ragion per cui con il presente studio si intende calcolare lo scalzamento massimo, ovvero, la minima profondità di interrimento del metanodotto in progetto al fine di evitare fenomeni di messa a giorno della condotta dovuti a diversi fenomeni di erosione del fondo alveo.

L'individuazione delle aree a pericolosità idraulica che interferiscono con il tracciato del metanodotto è stata condotta in riferimento alla cartografia del P.A.I. pubblicata dalla R.A.S. sul sito web "SardegnaGeoportale" da cui è possibile scaricare gli shapefile dei dati del DB Unico del S.I.T.R.. Gli shapefile consultati sono: "Pericolo Idraulico Rev.41" e "Art.8 Hi V.09" entrambi caricati sul portale in data 31.01.2018.

L'analisi è stata condotta anche in riferimento alla cartografia Piano di Gestione Rischio Alluvioni (di seguito P.G.R.A.) aggiornata al 2016 che, eseguendo un inviluppo delle perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate nell'ambito della predisposizione del PAI e sue varianti e di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, aggiornate alla data del 31.12.2016, armonizza è uniforme in un unico elaborato i dati suddetti.

Inoltre la cartografia sopra descritta è stata implementata con il reperimento delle carte di pericolosità idraulica redatte dai singoli comuni ai sensi dell'Art.8 c.2 delle N.d.A. del PAI, per le quali vigono le norme di salvaguardia.

Il risultato finale dell'analisi dei vari strumenti di pianificazione in campo idrogeologico è stata la redazione della cartografia di inviluppo delle varie pericolosità, considerando per le aree perimetrate da diversi strumenti di pianificazione il livello di pericolosità maggiore (Hi max).

Il corso d'acqua oggetto della presente relazione viene meglio inquadrato nella carta PG PAI 303 - MET. COLLEGAMENTO TERMINALE DI ORISTANO DN 650 (26") - PLANIMETRIA "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PERICOLOSITÀ IDRAULICA" 1:10.000, di cui si riporta di seguito uno stralcio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 8 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

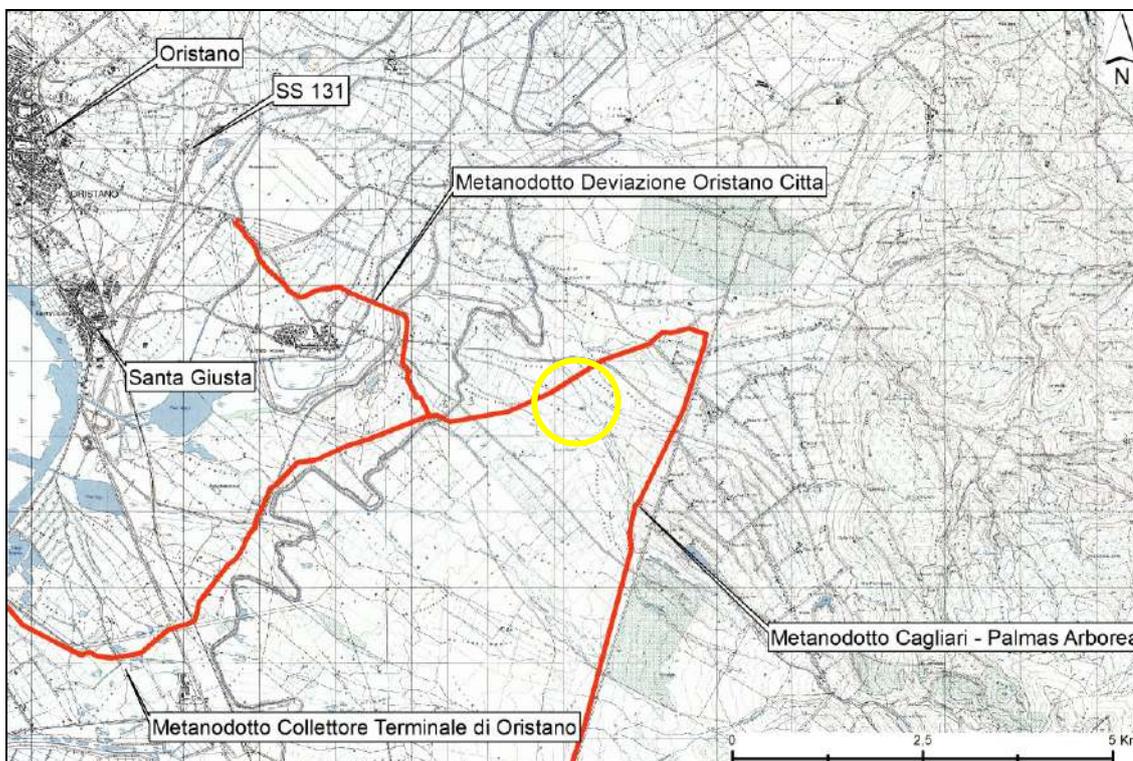


Figura 2.2: Inquadramento territoriale dell'area in cui avverrà l'attraversamento in sub alveo.

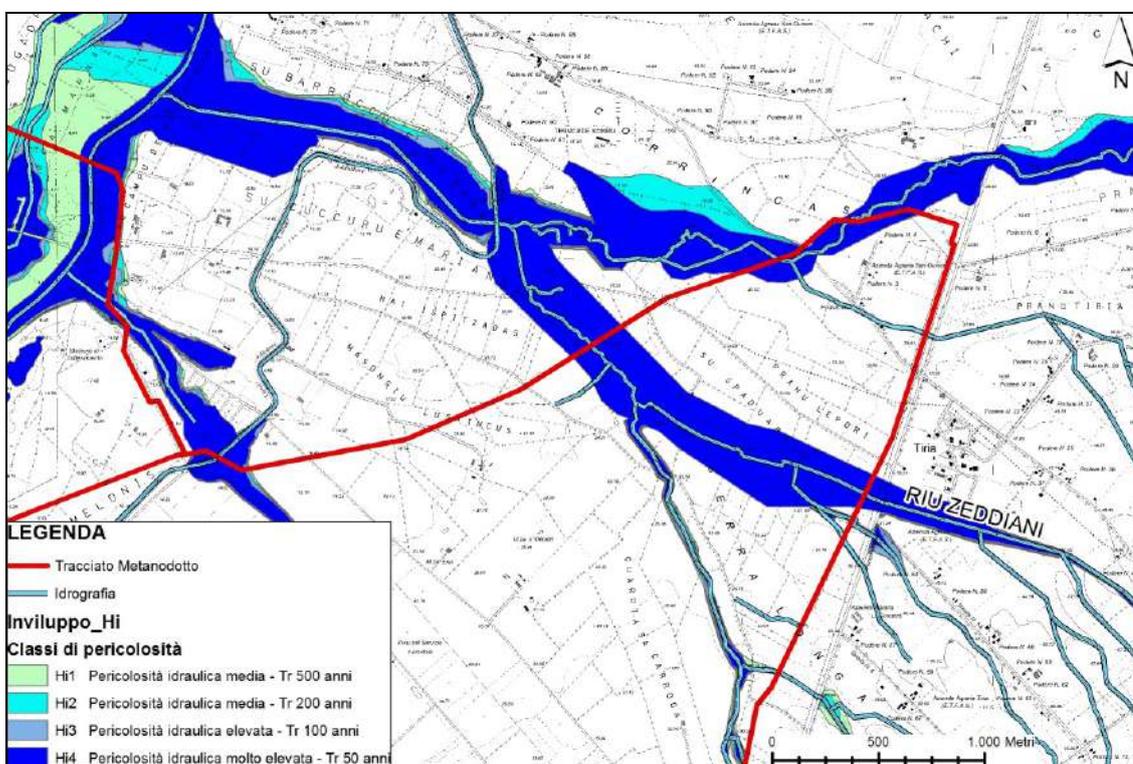


Figura 2.3: Inviluppo di pericolosità idraulica con evidenziata in giallo l'area in studio, per maggiori dettagli Tavola PG PAI 303.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 9 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

3 AMMISSIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LE PREVISIONI DEL PAI

L'intersezione tra il metanodotto Collegamento Terminale Di Oristano è il reticolo idrografico avviene in corrispondenza del Riu Zeddiani nel territorio comunale di Palmas Arborea, in corrispondenza di un'area a pericolosità idraulica Hi4, perimetrata successivamente all'evento alluvionale del 18/11/2013 denominato "Cleopatra", le perimetrazioni sono state confermate dall'Art. 8 comma 2 del comune di Palmas Arborea.

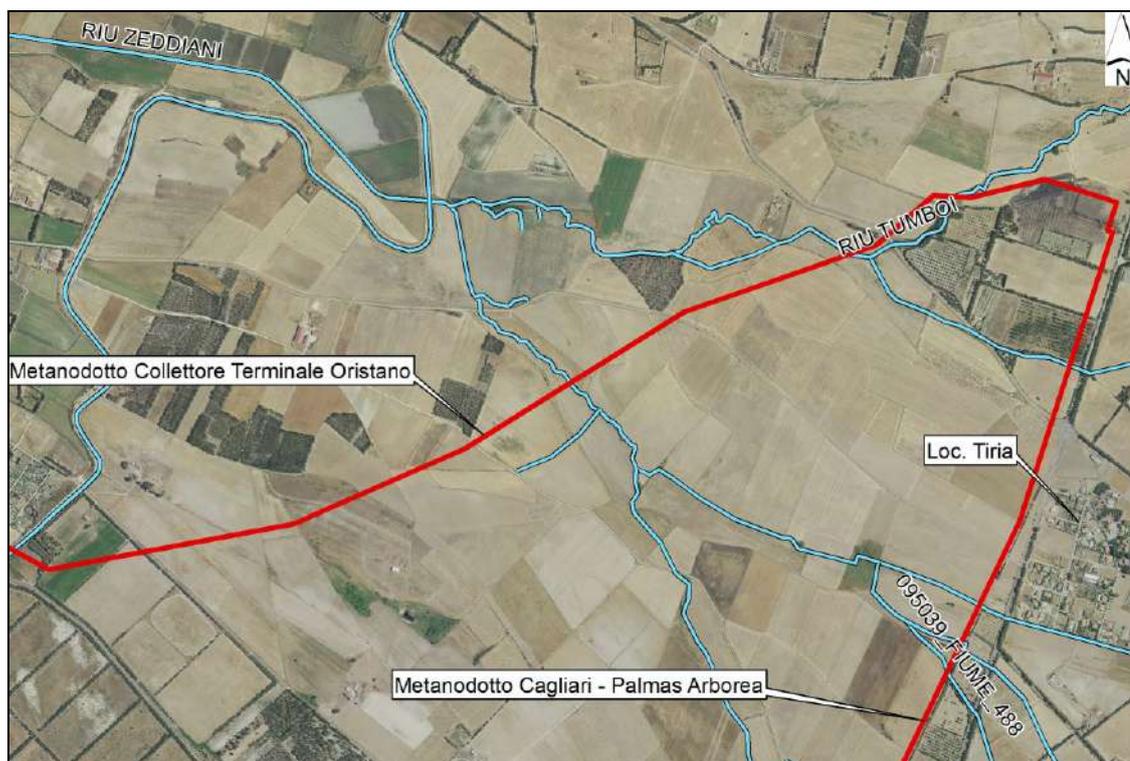


Figura 3.1: Rappresentazione dell'intervento su base ortofoto RAS 2016.

La sezione progettualmente definita per l'attraversamento in sub-alveo interessa "Riu Zeddiani" in un tronco vallivo, a monte dell'immissione della confluenza nel "Riu Merd'e Cani" al confine tra il territorio del comune di Palmas Arborea e Oristano; qui l'alveo inciso scorre in una zona pianeggiante, generalmente compresa tra 25÷20 m s.l.m., tra le località "Spaduargi e Nai Ispitzadas".

Il metanodotto Collegamento Terminale Di Oristano, rientra nel quadro generale dell'intervento di distribuzione del gas naturale nella Regione Sardegna. L'opera, nel cui quadro esecutivo generale ricade l'intervento qui descritto, è prevista dagli strumenti nazionali e regionali di pianificazione energetica. In particolare, il Piano Energetico Ambientale della Regione Sardegna 2015-2030 (P.E.A.R.S., obiettivo OS2.3, pag. 51 e cap. 12) individua la metanizzazione tra le scelte fondamentali, sulla base delle direttive e delle linee di indirizzo definite dalla programmazione comunitaria, nazionale e regionale, e identifica l'utilizzo del gas naturale, quale vettore energetico fossile di transizione, come strumento mirato alla sicurezza energetica della Regione. Inoltre, l'opera di metanizzazione della Sardegna è

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 10 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

esecutivamente definita, come tema centrale della politica energetica nazionale, nel documento che delinea la Strategia Energetica Nazionale (S.E.N. 2017, allegato II, Ministero dello Sviluppo Economico e Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare), che ne ha determinato gli aspetti concreti di fattibilità, in coerenza con il Piano energetico regionale. Il sistema delle risorse finanziarie, ordinarie ed aggiuntive, a tal fine identificate, è specificatamente delineato nel Patto per lo Sviluppo della Regione (Patto per lo sviluppo della regione Sardegna, Attuazione degli interventi prioritari e individuazione delle aree di intervento strategiche per il territorio, 29 luglio 2016), sottoscritto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri e dalla Presidenza della Regione Sardegna.

Come di seguito più dettagliatamente illustrato, il tracciato del metanodotto deriva da un accurato studio del territorio, come risultato finale di una serie di possibili corridoi tra loro alternativi. Il tracciato di progetto scaturisce, infatti, dal confronto tra tutti i fattori condizionanti che caratterizzano detti corridoi, sia in termini ambientali sia in termini esecutivi; costituendo la sintesi che permette di minimizzare ogni possibile impatto, garantendo, nel contempo, opportune condizioni di esercizio, di controllo e di manutenzione dell'opera.

Il progetto in questione rientra quindi tra quelle opere infrastrutturali non vincolate da prescrizioni che ne impediscono la realizzazione in senso assoluto, purché sia accertabile che gli effetti sull'assetto morfologico-idraulico del corso d'acqua non determinino modificazioni sostanziali rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche locali preesistenti, e l'opera non alteri i fenomeni idraulici naturali. Nella presente relazione un apposito capitolo descrive il dettaglio delle modalità esecutive previste per la posa della tubazione interrata, al fine di consentire un diretto riscontro con riferimento a dette condizioni.

Come esposto successivamente, in progetto non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno delle perimetrazioni.

Le opere in progetto consisteranno essenzialmente nella posa in sub-alveo della tubazione per il trasporto del gas, e saranno eseguite in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua. L'intervento non apporterà variazioni delle condizioni idrauliche dell'alveo, non si realizzeranno restringimenti, deviazioni dell'asta o modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, inoltre, previsti idonei ripristini degli elementi d'argine, interessati dai lavori di posa del metanodotto. In particolare, si ristabiliranno le condizioni di delimitazione dell'alveo attualmente esistenti; tutte le profilature saranno ripristinate con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali; apposite attività di ripristino vegetazionale consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Per quanto attiene all'eventuale diversa localizzabilità dell'intervento, come in precedenza introdotto, il tracciato del metanodotto, sia in base alle leggi vigenti sia in base a norme specifiche di qualità tecnica progettuale e costruttiva, è il risultato dell'analisi comparativa di diverse soluzioni e di diversi possibili corridoi di esecuzione. La scelta definitiva del tracciato dipende, infatti, da numerosi fattori:

- compatibilità con il contesto insediativo del territorio e con le previsioni di sviluppo urbanistico;
- interferenze con aree soggette a condizioni di salvaguardia ambientale o soggette

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 11 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

a specifiche forme di tutela e con aree ecologicamente sensibili;

- esigenza di parallelismo con altri gasdotti o con altre infrastrutture a sviluppo lineare, presenti nel territorio, quali oleodotti, elettrodotti, strade, canali, ecc., al fine di concentrare la presenza di infrastrutture lineari sul territorio;
- stabilità dell'opera in relazione a condizioni di pericolosità di natura geologica, geomorfologica e alla natura dei terreni;
- necessità di definire la posizione dei punti di linea, degli impianti, delle centrali e dei nodi di smistamento, tenendo presente le esigenze di accessibilità agli stessi, per il personale ed i mezzi necessari alla sorveglianza, all'esercizio ed alla manutenzione;
- distanze di sicurezza da nuclei abitati e da fabbricati destinati a collettività e a concentrazione di persone, distanze di sicurezza da singoli fabbricati ivi compresi quelli destinati a presenza di persone solo occasionale;
- distanze di rispetto da aree per le quali vigono limiti imposti a tutela di opere militari, di installazioni permanenti e semipermanenti di difesa, di campi di esperienze e poligoni di tiro;
- distanze di rispetto nei confronti di altre condotte interrate, di linee elettriche aeree e interrate, di officine elettriche, di sottostazioni di trazione elettrica, di linee ferroviarie e ferrotranviarie e delle relative opere d'arte;
- specifiche modalità di attraversamento delle infrastrutture stradali;
- distanze di rispetto da cave e da aree dedicate a scavi in genere, per ricerca o estrazione di sostanze minerali;
- idoneità dei siti di esecuzione in relazione alle condizioni di sicurezza nei confronti di terzi e degli operatori preposti alla esecuzione.

In base a quanto sinteticamente elencato (che non costituisce l'intero complesso di elementi condizionanti la scelta del tracciato), sono stati identificati i siti di attraversamento dei corsi d'acqua, la cui localizzazione risponde alle esigenze di ottimizzazione del tracciato, nel rispetto del complesso dei vincoli cui esso è assoggettato. La soluzione determinata progettualmente è comunque sempre strutturata in modo da evitare alterazioni della conformazione dei corsi d'acqua.

Nello specifico, dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del "Riu Zeddiani", non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità. Considerata inoltre la natura degli interventi, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle.

Come di seguito riportato, la profondità di posa in sub-alveo e i potenziali effetti delle massime portate al colmo, attestati dalle modellazioni numeriche condotte in fase di progettazione, risultano pienamente compatibili. Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, non è possibile che la realizzazione dell'attraversamento in sub-alveo, alla profondità di sicurezza determinata, possa in alcun modo esserne di ostacolo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 12 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, di seguito descritte, è stata determinata la soluzione di progetto idonea per la collocazione in sub-alveo della tubazione, mediante la tecnica esecutiva di scavo a cielo aperto della trincea di posa. Si specifica che, sia a tutela delle infrastrutture da realizzare sia per il rispetto dei criteri generali delle Norme di attuazione del PAI, non verranno realizzate infrastrutture (trappole e punti di linea) nelle aree inondabili ai margini dell'alveo ove risultano perimetrate specifiche condizioni di pericolosità idraulica, quindi saranno del tutto assenti opere fuori terra, che possano incidere sul deflusso di portate eccezionali.

L'attraversamento in sub-alveo è previsto in un tratto del "Riu Zeddiani" in cui l'alveo si presenta con tracciato rettilineo a monte dell'immissione dello stesso torrente nel Riu Merd'e Cani nel territorio comunale di Palmas Arborea e Oristano.

La condotta attraverserà il corso d'acqua con direzione NE-SW, in un tronco d'alveo a fondo sostanzialmente piatto, con larghezza pari a circa 3 metri. L'alveo è confinato tra scarpate lievemente acclivi ricoperte da vegetazione prevalente erbacea.

La metodologia esecutiva dell'attraversamento consisterà sostanzialmente

- nello scavo di una trincea lungo il profilo di progetto del metanodotto nella sezione prestabilita del corso d'acqua, fino al raggiungimento delle quote di posa,
- nell'assemblaggio, in prossimità del sito di intervento, delle barre di tubazione trasportate dallo stabilimento di produzione e nel successivo alloggiamento in fondo-scavo;
- nel rinterro degli scavi e nel contestuale ripristino morfologico dell'area, ivi comprese le eventuali opere di protezione idraulica ivi presenti.

Tale sistema di realizzazione è caratterizzato dalla adattabilità delle metodologie costruttive alle specifiche condizioni del corso d'acqua; soprattutto per quanto attiene all'utilizzo dei mezzi operativi ed alle sequenze delle fasi di scavo, posa e rinterro della tubazione.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 13 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035



Figura 4.1: Rappresentazione fotografica dell'alveo in prossimità del tronco sede di attraversamento.

Di norma, le attività preliminari prevedono il taglio della vegetazione presente nell'ambito dell'area da occupare temporaneamente con i lavori e nella asportazione del terreno vegetale lungo l'asse di posa fuori alveo. Quest'ultimo viene accantonato al bordo pista per essere riposizionato nelle fasi conclusive dei ripristini.

L'ampiezza della pista di lavoro, ottenuta, ove necessario, livellando il terreno ai lati del tracciato, è determinata in base al diametro della condotta, tenuto conto delle caratteristiche morfologiche dei terreni, del contesto ambientale e di eventuali particolarità inerenti le modalità esecutive dei lavori. Nell'ambito di quest'area sono eseguite le attività per il montaggio della tubazione e viene depositato il terreno di scavo.

In relazione alle specifiche caratteristiche idrauliche del corso d'acqua, al periodo climatico di esecuzione, ai volumi di deflusso attesi nel corso delle operazioni esecutive ed alla durata delle stesse, la sequenza operativa dei lavori può essere articolata con uno dei seguenti modi:

- lavori in continuità con quelli di linea; tale procedura riguarda l'attraversamento di corsi d'acqua "poco importanti" (in relazione all'aspetto idraulico, alla morfologia dei terreni e a rischi di tipo operativo) o caratterizzati da periodi di "secca" o di magra, anche se di breve durata; in tali condizioni i lavori di scavo, posa e rinterro della condotta vengono effettuati in continuità con quelli lungo la linea; in genere si tratta di torrenti, o canali, caratterizzati da modesti valori di portata, che pertanto non necessitano di una specifica struttura atta a consentirne il minimo deflusso, che può essere garantito mediante dispositivi ordinari;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 14 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

- lavori per “fasi chiuse”; tale procedura prevede che si completi ogni fase prima dell’inizio della successiva; eseguendo in progressione scavo, posa della condotta e rinterri; questa sequenza viene adottata ogni qualvolta è necessario garantire lo smaltimento di un’eventuale portata non trascurabile, che dovesse manifestarsi durante la costruzione.

Durante le fasi lavorative con le tecniche costruttive sopracitate, le caratteristiche idrauliche del corso d’acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori.

Le dimensioni delle sezioni di scavo sono progettualmente definite in base al diametro della condotta, alla profondità di posa, alle caratteristiche geotecniche del terreno. Per profondità piuttosto elevate e quando la configurazione idraulica lo consente, sono effettuati scavi di pre-sbancamento preliminari ma per profondità limitate, come nel caso di interesse, gli scavi a sezione obbligata sono in genere di sezione trapezia con angolo di inclinazione delle pareti subordinato, come detto, alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni attraversati.

In prossimità dell’alveo si rilevano i sedimenti della piana alluvionale in cui scorre il corso d’acqua, costituiti prevalentemente da sabbie e sabbie limose con ghiaie ad elementi poligenici ed eterometrici. Per il rinterro della tubazione posata in trincea, si prevede sia utilizzato totalmente il materiale di risulta, accantonato ai margini della pista di lavoro all’atto dello scavo; per cui non si darà luogo ad alterazioni della permeabilità in alveo e lungo l’asse di posa della tubazione.

Per il ripristino morfologico della sezione di attraversamento, il progetto prevede il rivestimento in pietrame dell’intera sezione e l’inerbimento delle superfici interessate dai lavori (Elaborato Dis. MI-301).

Al termine del complesso dei lavori necessari per dare l’opera finita si, ristabilirà l’originale conformazione plano-altimetrica delle aree interessate, senza alcuna modificazione della sezione idrica offerta al deflusso di piena. In tal modo, l’intervento in progetto non apporterà alterazioni alle condizioni geometriche ed idrauliche dell’alveo. Considerata inoltre la natura dei lavori, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza dei terreni e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della capacità di laminazione naturale dell’alveo e della portata naturalmente rilasciata a valle: l’opera risulta ininfluenza sulle condizioni di smaltimento delle portate del corso d’acqua

Apposito collaudo del tronco di attraversamento sarà effettuato riempiendo la tubazione con acqua, sottoposta, secondo predefinite specifiche tecniche, a pressione corrispondente al raggiungimento dei valori delle sollecitazioni ammissibili di progetto.

Le modalità esecutive, la profondità stabilita per la posa in trincea e gli specifici accorgimenti previsti consentiranno il ripristino morfologico dei luoghi senza alcuna condizione di rischio da potenziali fenomeni erosivi del deflusso di piena; cosicché, oltre a non potersi avere interferenza diretta tra la condotta ed i deflussi fluviali, si eviteranno anche alterazioni al naturale scorrimento delle acque meteoriche e nella circolazione idrica sotterranea.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 15 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Il progetto della rete di metanodotti e degli impianti ad esso connessi contempla lo studio geologico e morfologico del territorio d'interesse al fine di:

- fornire una descrizione dell'ambiente geologico nel quale saranno realizzate le opere in progetto;
- rappresentare le unità litostratigrafiche locali, con particolare riferimento ad una fascia di un chilometro entro cui si prevede il tracciato della tubazione e la localizzazione degli impianti;
- acquisire informazioni sulle condizioni generali di stabilità del territorio interessato dalle esecuzioni;
- caratterizzare le condizioni locali di pericolosità geologica ed idraulica.

Per tali scopi, è stato descritto l'assetto geologico-strutturale di insieme, analizzato in dettaglio l'assetto litostratigrafico locale e valutato le situazioni di potenziale criticità presenti nell'area di intervento oggetto della presente relazione.

5.1 Lineamenti geologici e strutturali generali

Nell'ambito degli obiettivi del presente lavoro viene sinteticamente illustrato l'insieme di avvenimenti che hanno portato all'attuale configurazione geo-strutturale del settore sud-occidentale della Sardegna, attraversato dal tracciato del gasdotto, comprendente il Sulcis-Iglesiente e l'intera area del Campidano.

Le successioni litologiche più antiche (Cambriano Inferiore - Carbonifero inferiore), costituenti il basamento metamorfico-cristallino dell'isola, fanno parte di un segmento della catena Varisca europea, oggetto di intense deformazioni plicative polifasiche, metamorfismo sin-cinematico e un importante magmatismo post-collisionale (Batolite Sardo-Corso).

Nell'ambito del settore di interesse, le rocce costituenti il basamento Paleozoico metamorfico affiorano estesamente lungo il margine occidentale della piana del Campidano, nelle regioni storico geografiche del Sulcis-Iglesiente e nell'ampia vallata del Rio Cixerri, mentre lungo il margine orientale del Campidano queste sono presenti solo in limitati settori (es: Sardara, Villagrega). Le unità intrusive tardo varisiche, che intrudono il basamento metamorfico dando origine al Batolite Sardo-Corso, affiorano diffusamente sia nel Sulcis sia nel Villacidrese-Arburese. Nel Carbonifero superiore e nel Permiano la Sardegna, trovandosi in prevalenti condizioni di continentalità e di relativa stabilità tettonica, si caratterizza per presupposti deposizionali favorevoli alla sedimentazione entro bacini lacustri e/o fluvio-lacustri, che nel settore SW dell'isola ha lasciato tracce soprattutto nell'Iglesiente (es: Campo Pisano, San Giorgio); nell'Arburese (settore di Scivu, Punta Acqua Durci) sono invece presenti testimonianze dell'intenso vulcanismo a carattere ignimbrítico e composizione riodacitica sempre del Permo-Carbonifero.

Nel Mesozoico, la Sardegna si presentava come una vasta area cratonica relativamente stabile e parzialmente sommersa dal mare, dove si instaurano le condizioni che portano alla formazione di potenti successioni sedimentarie carbonatiche di ambiente marino che nel sud dell'isola interessano in modo discontinuo solo limitati settori, attualmente individuabili nell'area costiera del Sulcis-Iglesiente (es: Isola di Sant'Antioco, zona di Porto Pino) e dell'Arburese in

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 16 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

rappresentanza di una originaria maggiore diffusione che trova la sua prosecuzione naturale della Nurra (es.: Capo Caccia e dintorni).

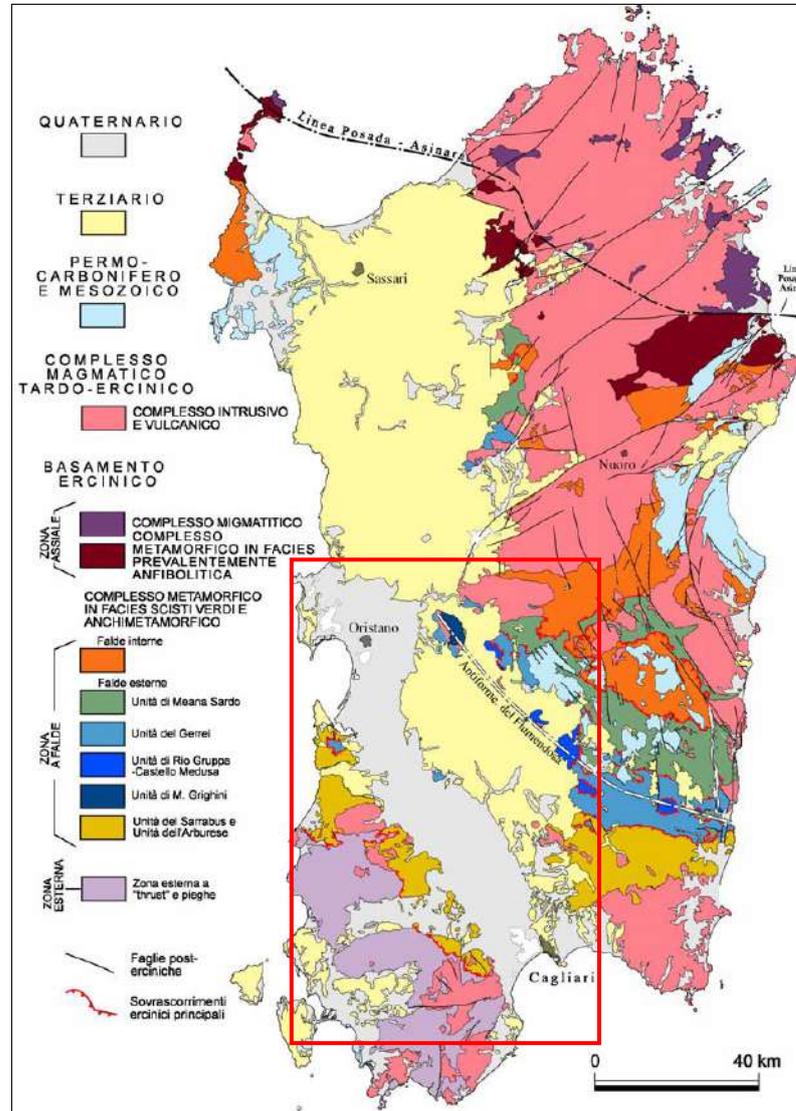


Figura 5.1: Schema geologico-strutturale della Sardegna, il rettangolo di colore rosso indica l'area di indagine.

Durante il Terziario, benché al di fuori della zona orogenica alpina in s.s., l'isola si trova ai margini di due aree caratterizzate da altrettanto importanti fenomeni orogenici che hanno portato alla formazione dei Pirenei e degli Appennini. Nell'Eocene medio infatti, la fase orogenica pirenaica induce nella Sardegna (che allora faceva ancora parte del margine continentale sud-europeo) deformazioni che pongono fine alla sedimentazione marino-paralica (F.ni del Miliolitico e del Lignifero) attivatisi nel settore sulcitano già a partire dal Paleocene e protrattasi per tutto l'Eocene inferiore determinando, conseguentemente, la messa in posto dei sedimenti detritici fluviali (F.ne del Cixerri) alimentati dal settore pirenaico che si spingono sino all'attuale bordo del Campidano orientale (Villagrecia- Monastir-Furtei). Durante la fase collisionale

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 17 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

nord-appenninica la Sardegna è interessata da una tettonica prevalentemente trascorrente (prima transpressiva e successivamente transtensiva) che nell'Oligocene superiore-Aquitano determina l'innesco di un intenso magmatismo a carattere calcoalcalino (sistema arco-fossa) e la formazione di bacini di sedimentazione dapprima continentale evolutasi poi in transizionale e marina, con una diversificazione di facies strettamente connessa con l'evoluzione sin tettonica del margine sud europeo. Nella Sardegna sud-occidentale i depositi corrispondenti, appartenenti al primo ciclo di sedimentazione del bacino oligo-miocenico e individuati con i nomi di F.ne di Ussana, F.ne di Nurallao, F.ne della Marmilla e F.ne dei Calcari di Villagrecia, sono osservabili soprattutto nelle sub-regioni della Marmilla, Trexenta, Parteolla e solo limitatamente nell'Arburese (Arcuentu) spesso associate o precedute da manifestazioni vulcaniche sia subaeree sia sottomarine, mancando del tutto nel Sulcis-Iglesiente.

I depositi magmatici risultano invece particolarmente diffusi nel distretto sulcitano, comprese le isole di San Pietro e San'Antioco e nel settore di Sarroch-Pula. Altre importanti manifestazioni vulcaniche legate a questa fase tettonica sono ben osservabili nel Guspinese-Arburese (Monte Arcuentu) nonché in prossimità dei bordi occidentali e orientali della piana del Campidano (Monastir-Furtei).

Un'interpretazione in chiave di riattivazione distensiva dei lineamenti trascorrenti più antichi (pirenaici?) può essere prospettata anche per la parte sud-occidentale (Iglesiente-Sulcis) della Sardegna. Gli elementi strutturali principali in quest'area sono costituiti da due bassi strutturali allungati in direzione E-W, che da S verso N sono: il Bacino di Narcao e la Fossa del Cixerri. I bassi strutturali sopra descritti, un tempo interpretati come propagazioni laterali della "Fossa sarda", sono attualmente considerati dagli Autori come sinclinali di crescita sviluppatesi all'interno di una zona compresa tra due faglie trascorrenti destre orientate NW che, come accennato in precedenza, non contengono testimonianze della sedimentazione oligo-miocenica.

Il collasso gravitativo dell'Orogene nord-appenninico durante la fine dell'Aquitano ed il Burdigaliano, porta all'instaurarsi di una tettonica estensionale che conduce ad un importante fase di rifting (già di impostazione oligocenica), che favorì la separazione e la migrazione verso Sud-Est del blocco Sardo-Corso dal Margine Sud-Europeo e la formazione della "Fossa Sarda" o "rift oligomiocenico sardo" degli Autori. Si tratta di un'estesa depressione tettonica, che dal golfo di Cagliari giunge sino a quello dell'Asinara, sede di una potente sedimentazione prevalentemente marina policiclica caratterizzata dall'alternanza di facies marine-transizionali e continentali che perlomeno sino al Langhiano sono ancora associate al vulcanismo (subacqueo e subaereo) a chimismo calco-alcalino.

Se la fase transpressiva della collisione nord appenninica favorisce l'innesco del primo ciclo di sedimentazione dapprima continentale, evolutosi in transizionale e poi marina entro innumerevoli piccoli bacini che anticipano la formazione della "Fossa Sarda" vera e propria, nel Burdigaliano superiore la deposizione pertanto riprende (2° ciclo) con un complesso arenaceo-marnoso e marnoso (Formazione delle Marne di Gesturi e F. ne delle Argille di Fangario) che perdura sino al Miocene medio (Langhiano) e che trova continuità con i coevi depositi della Sardegna del nord (Sassarese). Limitatamente al settore meridionale dell'isola, la sedimentazione dentro il bacino miocenico sembra localmente interrompersi per poi riprendere nel Serravalliano con una successione detritica di ambiente fluvio-deltizia e marino-litorale (F.ne delle Arenarie di Pirri) che apre il terzo e ultimo ciclo deposizionale miocenico il quale trova conclusione nel Messiniano con la deposizione della serie carbonatica e evaporitica osservabile

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 18 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

nell'areale cagliaritano (F.ne dei Calcari di Cagliari) e nell'oristanese costiero ("Successione carbonatica del Sinis – Capo Frasca").

Nel Pliocene medio, si attiva una nuova importante fase distensiva conseguente all'apertura del Bacino sud-tirrenico che interessa principalmente la parte meridionale del bacino oligo-miocenico sardo riattivando le linee di debolezza NW-SE e N-S e determinando la formazione del "Graben del Campidano". La nuova depressione strutturale che riprende e in parte accentua la geometria del "rift sardo", si associa un intenso vulcanismo effusivo di tipo fissurale a chimismo da basico fino a subalcalino con contestuale emissione di lave basaltiche che portano alla formazione degli edifici vulcanici del Monte Arci e del Montiferro nonché agli spandimenti basaltici attualmente osservabili nel settore di Capo Frasca-Sinis, dell'alto Oristanese, del settore di Mogoro-Uras-Sardara e delle varie Giare della Marmilla.

La prosecuzione dell'attività tettonica distensiva anche nel Pliocene superiore – Pleistocene inferiore determina l'intensa erosione dei settori di bordo strutturalmente in rilievo e la progressiva colmata della depressione tettonica campidanese con prodotti clastici di ambiente continentale fluvio-torrentizio e lacustre. Durante il Quaternario, in conseguenza degli effetti del glacio-eustatismo, si instaurano inoltre processi morfogenetici di versante, che conseguentemente al ringiovanimento orografico determinato dalle variazioni del livello di base dei mari, accentuano la deposizione all'interno del "graben" del Campidano di potenti depositi detritico-alluvionali di conoide derivati dallo smantellamento dei rilievi impostati su rocce paleozoiche, mioceniche e plioceniche costituenti i margini della depressione campidanese.

La strutturazione tettonica conseguente alla fase distensiva plio-quadernaria e i successivi fenomeni di subsidenza attivi nei settori costieri dell'oristanese e cagliaritano, modificano quasi completamente l'originario schema della idrografia superficiale: sono da riportare infatti a questo periodo importanti fenomeni di cattura fluviale con spostamento dei principali assi drenanti di impostazione miocenica nonché la divisione dei bacini idrografici efferenti al Campidano di Oristano e Campidano di Cagliari in virtù della formazione di un nuovo spartiacque nel settore di San Gavino-Sardara.

Tale azione di modellamento morfodinamico del territorio della Sardegna sud-occidentale, perdura per tutto il Pleistocene superiore con depositi di versante e alluvionali che dalle conoidi bordiere migrano verso le aree depocentrali delle varie piane (Campidano, Cixerri, Sulcis, Pula-Sarroch) alternando fasi di terrazzamento a fasi di sovralluvionamento a causa del susseguirsi di fasi glaciali e interglaciali e relativi abbassamenti/innalzamenti del livello del mare.

Nell'Olocene, con l'ultima risalita eustatica del livello marino, prosegue l'attività di colmata alluvionale delle piane nonché fenomeni di terrazzamento determinati da oscillazioni eustatiche minori e la deposizione di discontinue coltri detritiche di versante, eluvio-colluviali e alluvionali attualmente in evoluzione. Sono da ricondurre all'Olocene pertanto le attuali configurazioni della piana costiera dei golfi di Oristano e di Cagliari con l'insieme di zone umide e di pertinenza dei grandi corsi d'acqua del Tirso e del Mannu-Cixerri.

5.2 Rappresentazione cartografica locale

Con riferimento alla cartografia geologica ufficiale in scala 1:25.000 (Carta Geologica di base della Sardegna) disponibile presso il Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali della R.A.S. – 2008, si riporta di seguito l'elenco

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 19 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

delle unità litostratigrafiche in qualche modo interagenti con il tracciato del metanodotto, suddivise per tipologia di deposito, genesi e intervallo temporale, partendo da quelle più recenti. Ciascuna unità viene altresì individuata attraverso la sigla ufficiale, così come riportato nello stralcio cartografico di Figura 5.2.

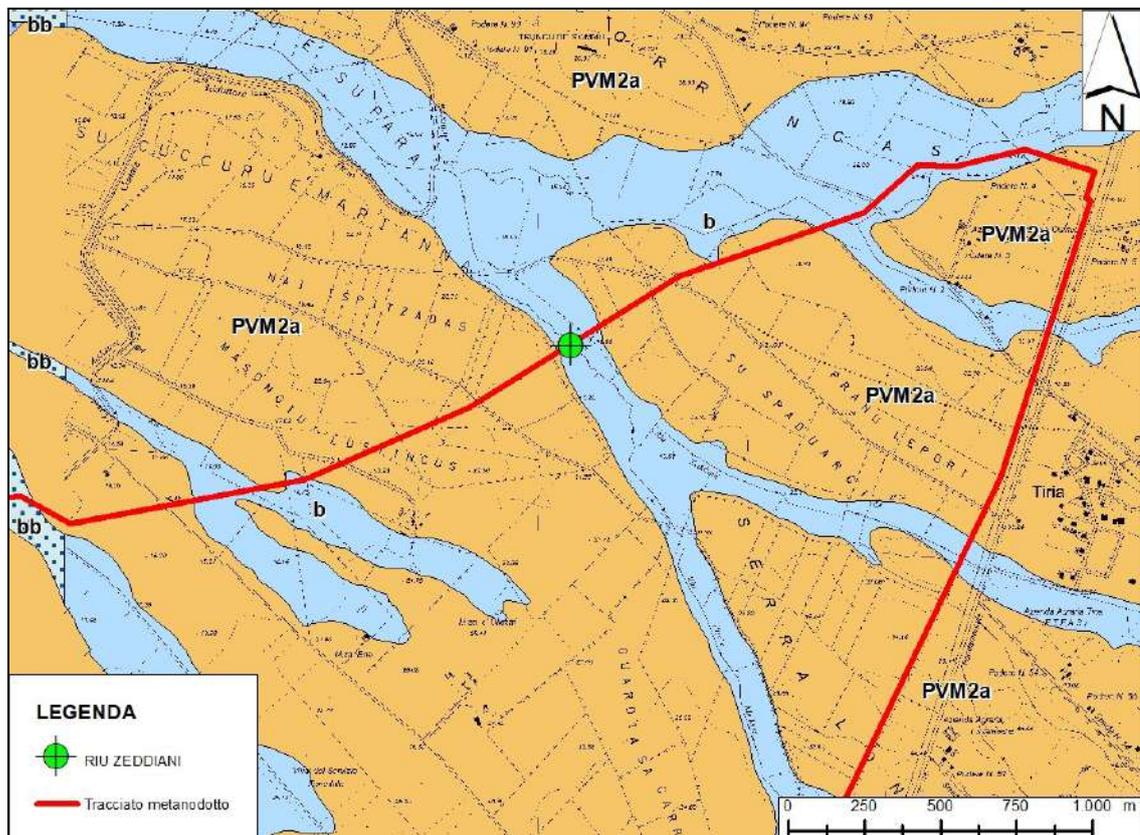


Figura 5.2: Stralcio della carta geologica della Sardegna in scala 1:25.000, con indicata l'area in esame.

Unità litostratigrafiche:

- Depositi alluvionali. (b) OLOCENE
- Depositi alluvionali. (bb) Sabbie con subordinati limi e argille. OLOCENE
- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso. (PVM2a) Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP

5.3 Caratteri litologici e geomorfologici locali

Il margine orientale del Campidano di Oristano è delimitato dal complesso vulcanico del Monte Arci (UCU), la cui genesi è legata alla tettonica distensiva plio-pleistocenica connessa all'apertura del Bacino Sud-Tirrenico, che riattivando le linee di debolezza oligo-mioceniche porta all'instaurarsi di un vulcanismo di tipo fissurale e alla contestuale emissione di lave basaltiche. Il rilievo vulcanico del Monte Arci alimenta una vasta area a conoidi detritico-alluvionali, con spessori che a tratti raggiungono i 150 m.

Nell'area in studio affiorano diffusamente i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici dell'area continentale (PVM2a) costituiti da ghiaie grossolane sino alla taglia dei blocchi, a matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, con intercalate lenti e/o strati limoso-

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 20 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

argillosi e ghiaie in matrice sabbiosa. Il grado di addensamento di questi depositi è generalmente elevato. In corrispondenza del reticolo idrografico attuale, la continuità delle conoidi pleistoceniche è interrotta dai depositi alluvionali di ambiente essenzialmente fluvio-torrentizio (b), costituiti da sedimenti eterometrici e poligenici.

L'attraversamento del Riu Zeddiani così come riportato nello stralcio della carta geologica di Figura 5.2, insiste sull'unità litostratigrafica rappresentata dai depositi alluvionali olocenici (b).

La porzione di tracciato interessata dall'attraversamento ricade all'interno dell'Unità Idrografica Omogenea del Mannu di Pabillonis – Mogoro che si estende su una superficie 1710,25 km² con un perimetro di 287,22 km. Il bacino del Riu Mogoro Diversivo si estende su un'area di 590,01 km². Si tratta di un bacino collinare compreso tra i rilievi rocciosi che culminano nella punta Trebina Longa a ovest e nella Giara di Gesturi. Il substrato è costituito essenzialmente da arenarie e conglomerati terziari, con locali affioramenti di lave basaltiche.

Il progressivo approfondimento del Graben del Campidano e il contestuale sviluppo dell'edificio vulcanico del Monte Arci portano al ringiovanimento del reticolo idrografico e alla formazione di potenti depositi di conoide alluvionale che si estendono per diversi chilometri nella piana del Golfo di Oristano dominata dai processi morfodinamici del Tirso e della sua foce. I versanti del Monte Arci sono dominati dalle conoidi detritico-alluvionali del Subsistema di Portovesme (PVM2a) caratterizzate nella parte apicale da pendenze comprese tra 11-35% e la parte distale tra i 5-10%.

L'area dell'attraversamento si caratterizza per una morfologia debolmente inclinata verso NW con pendenze comprese tra 0-10%. Nell'area, allo stato attuale, non si rileva la presenza di processi morfodinamici attivi.

5.4 Caratteri idrogeologici locali

Nel settore che contorna gli abitati di Oristano, Santa Giusta e Palmas Arborea l'assetto idrogeologico è caratterizzato dalla presenza di due acquiferi, uno superficiale e uno profondo. L'acquifero superficiale, di tipo freatico, è impostato sui depositi alluvionali attuali e nelle sabbie litorali oloceniche, per lo più alimentato dalle acque meteoriche oltre che dall'interazione con i corsi d'acqua che insistono sul territorio.

L'acquifero è delimitato alla base da uno strato di argille lagunari che raggiunge la superficie topografica in corrispondenza della Laguna di Sassu e si approfondisce verso la costa fino alla profondità di circa 25 m da p.c.; lo spessore dello strato impermeabile è di circa 25-30 m. L'andamento delle isofreatiche mostra nel settore nord-orientale della piana, un'alimentazione della falda ad opera del Tirso, mentre nel settore occidentale le isofreatiche evidenziano un drenaggio da parte del corso d'acqua. Il gradiente idraulico, mediamente del 1,2 ‰, conferma una buona omogeneità dell'acquifero anche se si registrano locali eccezioni.

L'acquifero profondo, di tipo multistrato, è impostato sui prodotti alluvionali pleistocenici ed ha una permeabilità più o meno bassa. Lo spessore massimo di questo acquifero può essere dedotto dalla stratigrafia del pozzo Oristano 1 che indica la profondità del basamento vulcanico a circa 300 m sotto la successione quaternaria. L'andamento dei deflussi profondi ha una direzione Sud-Est/Nord-Ovest in direzione dello Stagno di Santa Giusta.

Le prove di portata condotte indicano valori di permeabilità K dell'acquifero compresi tra un minimo di 3,8x10⁻⁴ e un massimo di 1,2x10⁻⁵ m/s. Si ritiene che sia gli acquiferi

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 21 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

superficiali che quelli profondi siano alimentati dall'area pedemontana del Monte Arci.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 22 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

6 ANALISI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI BASE

6.1 Caratterizzazione idrologica

Il Riu Zeddiani è un affluente del Rio Merd'è Cani in cui confluisce qualche centinaia di metri a valle dopo l'intersezione con il metanodotto in progetto.

Questo corso d'acqua è stato studiato idraulicamente durante la redazione dello studio di compatibilità idraulica e geologico geotecnica estesa a tutto il territorio comunale, effettuata dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle NA del PAI ed approvata in consiglio comunale con delibera n° 5 del 27/04/2016.

Il Riu Zeddiani fa parte del bacino idrografico del Riu Merd'è Cani, corpo ricettore di una serie di corsi d'acqua che si immettono su di esso in buona parte provenienti dal sistema del Monte Arci, in particolare oltre che tramite il *Riu Zeddiani* che a sua volta raccoglie le acque del *Riu Tumboi* (Arci parte Villaurbana) e prima ancora dei rii *Mellas*, *Mellas 2* e *Pisc'e mulleri* sul quale afferiscono *Roiedda Serralonga* e *Tiria 6*.

I corsi d'acqua in questione presentano medesime caratteristiche di fondo: l'origine montana, il percorso per lunghi tratti articolato nei caratteristici canali e le intersezioni con la rete viaria pedemontana oltre la quale cambia la pendenza del piano di scorrimento. Sono corsi d'acqua naturali, talvolta oggetto di interventi puntuali di sistemazione idraulica.

In base ai dati forniti dal citato studio, le caratteristiche morfologiche, fisiografiche e altimetriche del sub-bacino sotteso dalla sezione di interesse possono essere così sintetizzate:

Quota minima sezione di chiusura (m s.l.m.)	H_0	5,3
Quota media del bacino (m s.l.m.)	H_m	217,5
Quota massima del bacino (m s.l.m.)	H_m	700,00
Superficie bacino sotteso (km ²)	A	46,17
Pendenza media dell'asta (%)	i	18,19

6.2 Stima della portata di piena di riferimento

Dallo studio idraulico precedentemente citato sono stati ricavati i parametri idraulici di riferimento.

Il sito di attraversamento del Riu Zeddiani da parte del Metanodotto Collettore Terminale di Oristano risulta compreso tra le sezioni idrauliche denominate rispettivamente 2541 e 2687 (Figura 6.1), le portate sono state calcolate tra 30,78 e 60,48 m³/s per i vari tempi di ritorno.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 23 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

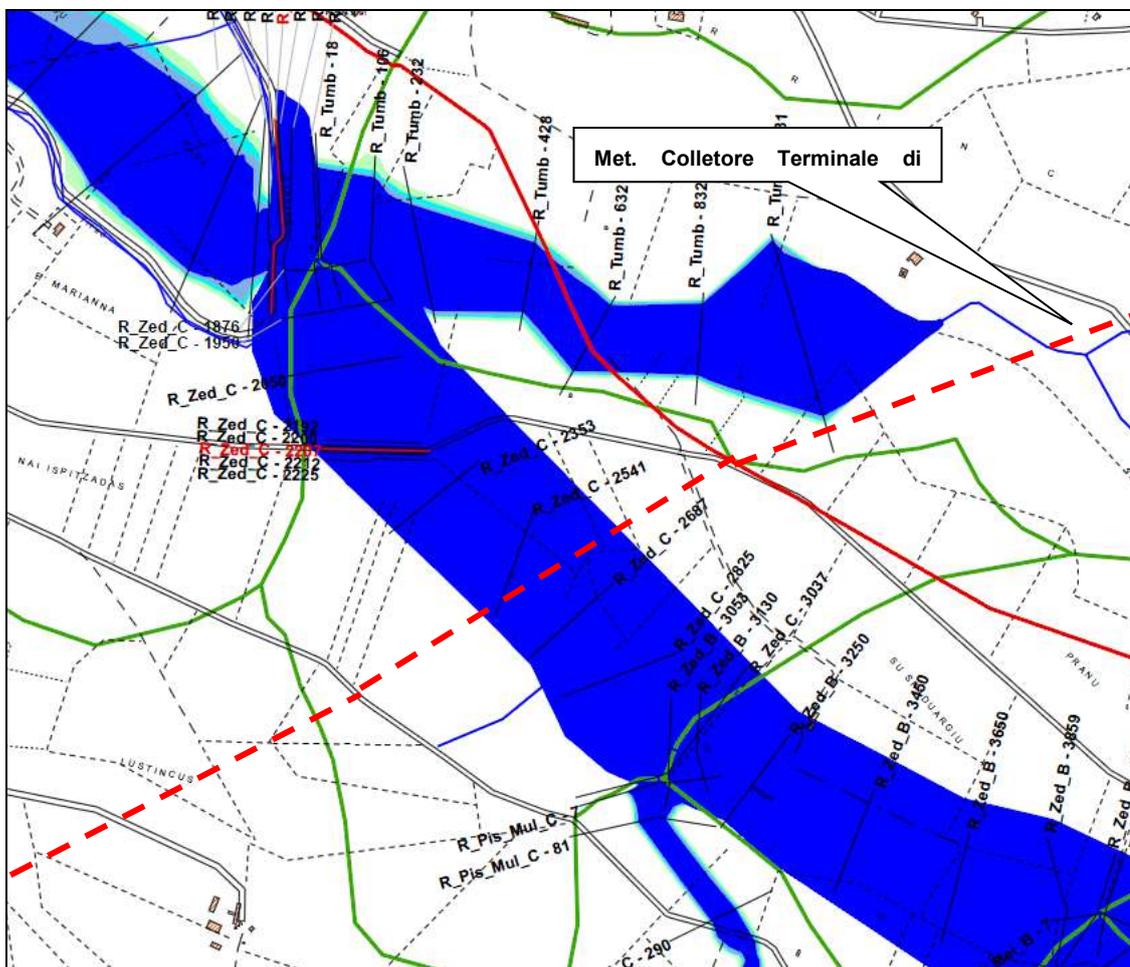


Figura 6.1: Stralcio della tavola I.4.1 (studio di Compatibilità Idraulica comune di Palmas Arborea), con indicato in rosso tratteggiato il metanodotto in progetto.

Le simulazioni idrauliche condotte evidenziano come la sezione idraulica non sia sufficiente a contenere portate di massima piena anche con tempi di ritorno T_r 50 anni, l'allagamento si estende al di fuori dell'alveo inciso per circa 100 metri in sinistra e 180 metri in destra idraulica

Le correnti di piena defluiscono con valori medi di velocità ridotti e comunque compresi tra 1,87 e 2,31 m/sec..

Al fine di eseguire alcune determinazioni progettuali riguardanti le modalità esecutive dell'attraversamento, per la stima della portata al colmo, utile per valutazioni idrauliche preliminari, sono state assunti i risultati delle elaborazioni riferibili alla sezione 2541 e 2687 precedentemente descritte. Si è ritenuto significativo, in ragione della natura dell'intervento, porre a fondamento delle analisi tempo di ritorno $T_r = 200$ anni.

Nella sezione di riferimento, in particolare, le condizioni di deflusso considerate sono associate a portata pari a $48,16 \text{ m}^3/\text{s}$, i risultati della modellazione sono riassunti nella successiva tabella, estratta integralmente dal citato studio ai sensi dell'Art. 8 comma 2 del comune di Palmas Arborea, ove sono riportati i valori calcolati delle seguenti grandezze:

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 24 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

- Q, valore della portata al colmo (m³/s);
- “Fondo alveo”, quota di fondo alveo (m s.l. m.);
- “Pelo Libero”, Quota della massima piena per tempi di ritorno Tr = 200 anni;
- v, velocità media nella sezione di deflusso (m²/s);
- A, area della sezione bagnata (m²).

Riu Zeddiani Tr=200 anni					
ID Sezione [-]	Q (m ³ /s)	Fondo Alveo (m slm)	Pelo Libero (m slm)	Velocità media della corrente nella sezione (m/s)	Flow Area (m ²)
2541	48,16	14,13	16,27	2,22	35,57
2687	48,16	14,95	17,10	1,96	39,65

Non essendo disponibile il DTM passo 1 metro, per la zona di attraversamento, come quota fondo alveo in corrispondenza dell’attraversamento del metanodotto in progetto, è stata assunta la media dei valori riportati nelle due sezioni idrauliche considerate.

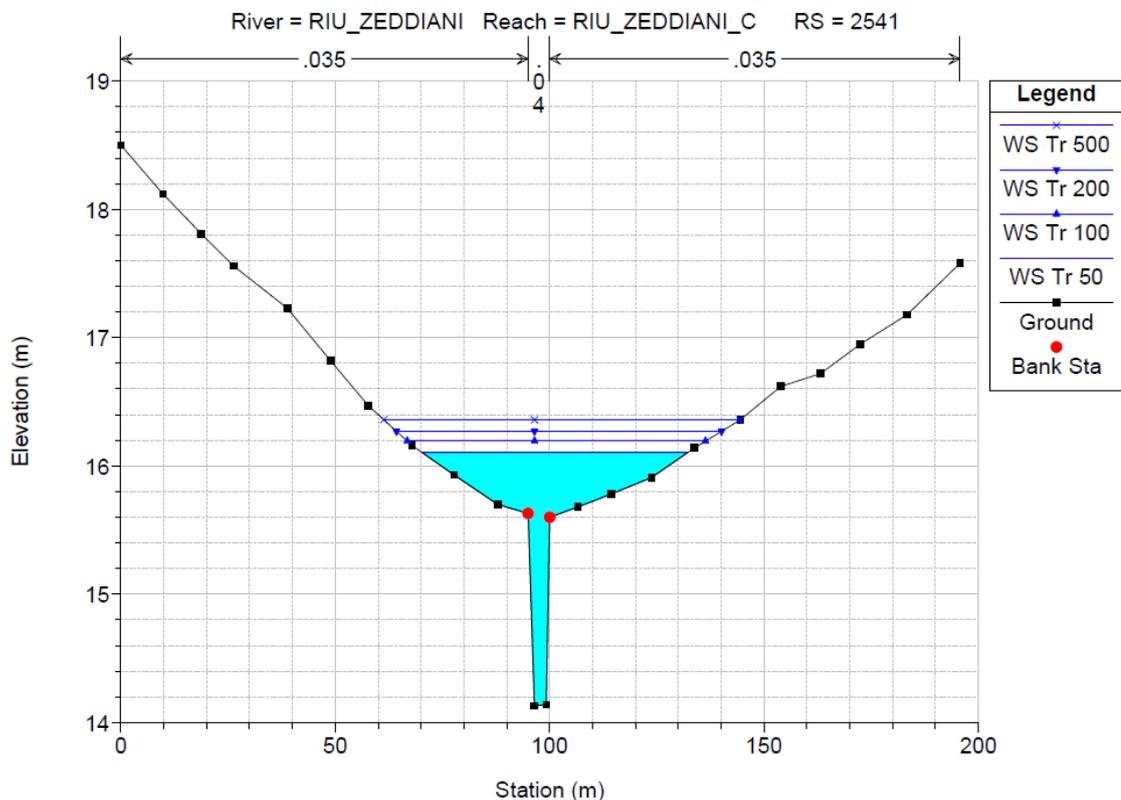


Figura 6.2: Stralcio sezione idraulica 2541 sul Riu Zeddiani, fonte Art. 8 Comma 2 del comune di Palmas Arborea

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 25 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

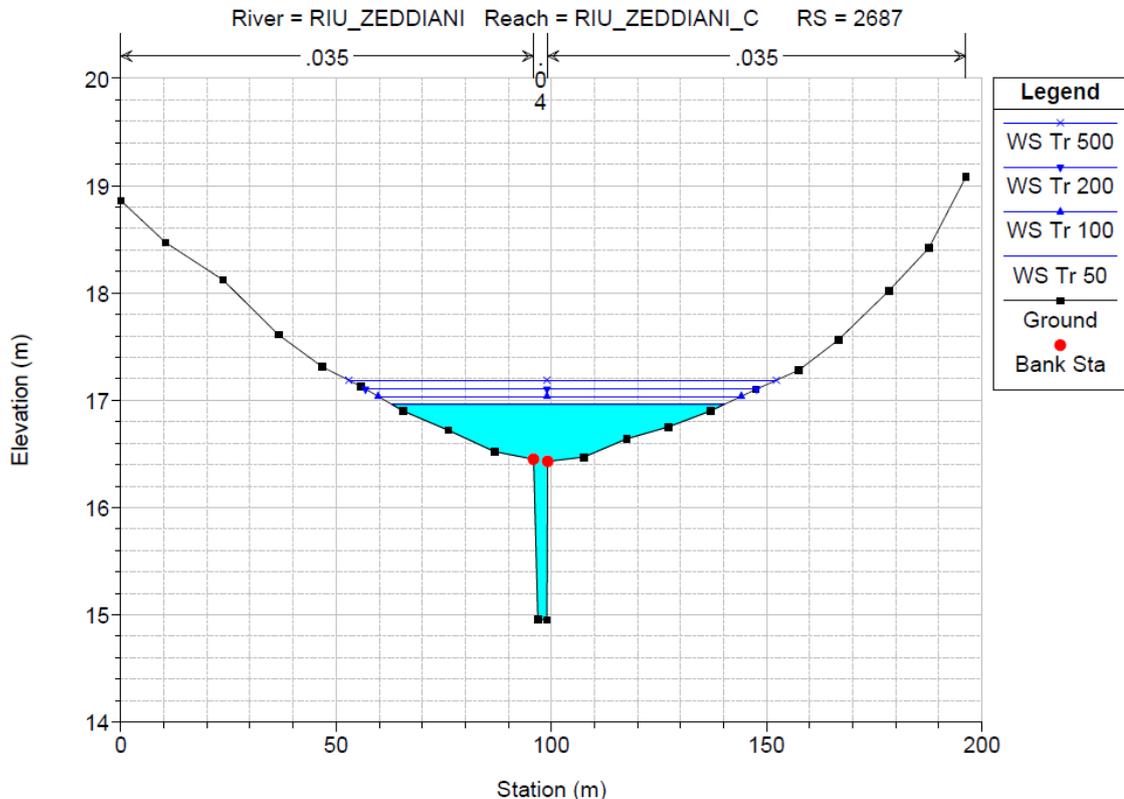


Figura 6.3: Stralcio sezione idraulica 2684 sul Riu Zeddiani, fonte Art. 8 Comma 2 del comune di Palmas Arborea

In base al valore di portata e tenuto conto dei principali parametri del deflusso di piena, le valutazioni idrauliche preliminari, tese a valutare i potenziali fenomeni erosivi, possono essere condotte ricorrendo a formulazioni cautelative che non tengono conto del fenomeno di esondazione, essendo fondate solo sulla effettiva geometria dell'alveo, delimitato entro i limiti di sponda e/o d'argine appositamente rilevati.

6.3 Valutazioni idrauliche preliminari

Ai fini di progettazione del metanodotto, occorre predeterminare le condizioni di approfondimento della tubazione interrata, fermi restando specifici valori minimi. Nel caso dell'attraversamento di corsi d'acqua, si ricorre a formulazioni estremamente cautelative, atte alla valutazione delle eventuali erosioni localizzate del letto e dei potenziali fenomeni di escavazione in alveo; in modo che un eventuale approfondimento, rispetto alla quota minima iniziale del fondo, non possa interessare la tubazione stessa. A tal fine, specificatamente in virtù dei modelli conservativi utilizzati², può non essere necessario determinare aspetti di dettaglio, quali la velocità e la tensione tangenziale della corrente al fondo alveo, e le caratteristiche del materiale che ne forma il letto.

Tali modelli permettono di valutare se lo spessore del materiale di rinterro,

² D'Alberto D. et Alii., "Crossing debris flow areas", in Pipeline technology journal, May 2016.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 26 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

adeguatamente costipato, pur non alterando le originarie condizioni di permeabilità, risulta idoneo a garantire dai potenziali fenomeni erosivi. Quando risulta opportuno garantire una adeguata protezione dell'alveo interessato dagli scavi "a cielo aperto", può essere previsto l'utilizzo di massi o pietrame naturale, per costituire parte del rinterro e/o il rivestimento del fondo e delle sponde.

In quest'ottica di verifica preliminare degli effetti idraulici delle piene, ci si rifà agli studi³ di Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare alle possibili escavazioni un valore cautelativo, pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata (in particolare, venne dimostrato che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica). Una generalizzazione prudenziale, proposta in Italia, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena⁴. Pertanto, una stima del tutto cautelativa della profondità delle potenziali escavazioni del fondo (Z) è data, in corrispondenza di una assegnata sezione, in ragione del 50% del battente idrometrico di piena (h_o):

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

Nel caso in cui l'evento di piena implichi esondazioni oltre l'alveo inciso, sulla base di considerazioni proprie degli idrogrammi sperimentali correlati ai relativi modelli sperimentali e di considerazioni connesse alla morfologia delle aree di esondazione, il battente idraulico è assunto pari a 1,05 | 1,10 volte la profondità dell'alveo, rilevata nella geometria della sezione; ovvero $Z = 0,55 h_a$, con h_a dislivello tra la sommità di sponda o d'argine e la massima incisione.

Per quanto attiene alla formazione di buche ed approfondimenti locali, le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano il fenomeno stesso. In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5 cm, i valori raggiungibili dalle suddette erosioni sono generalmente indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5 cm, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la profondità dell'erosione. In termini "qualitativi", per determinare un valore cautelativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo, indipendentemente dal diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena, tra i modelli disponibili (Schoklitsch, Eggemberger, Adami), la formula di Schoklitsch⁵ è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici e determina un valore medio rappresentativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo:

$$S = 0,378 \cdot H^{1/2} \cdot q^{0.35} + 2,15 \cdot a$$

dove

- S è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota media del fondo, nella sezione d'alveo considerata;

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

⁴ Vollo L., "L'aratura di fondo nell'alveo dei fiumi durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXIX; Milano, 1952. Zanollo A., "Sulle variazioni del fondo degli alvei durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXXV; Milano, 1959.

⁵ Schoklitsch A., „Stauraum Verlandung und kolkbewehr“; Springer ed., Wien, 1935.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 27 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

- $H = h_o + v^2/2 \cdot g$ rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- $q = Q_{Max} / L$ è la portata specifica per unità di larghezza L della corrente di piena in alveo;
- a è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca ed è assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base del dislivello locale del fondo alveo, in corrispondenza della massima incisione, relativo ad una lunghezza pari all'altezza idrica massima ivi determinata.

Il riferimento geografico dell'attraversamento è:

X UTM	Y UTM
473072,27	4413584,7426

Non essendo disponibile il DTM passo 1 metro, per la zona di attraversamento, come quota fondo alveo in corrispondenza dell'attraversamento del metanodotto in progetto, è stata assunta la media dei valori riportati nelle due sezioni idrauliche considerate, ovvero 14,54 metri.

In alvei di pianura, a bassa pendenza longitudinale ed a sezione larga, aventi condizioni di scabrezza ordinaria ed in assenza di ostruzioni, se l'altezza idrica della corrente di piena risulta più elevata dei margini sommitali della sezione geometrica d'alveo, si può assumere $H = 1,20 \cdot h_a$; con h_a in precedenza definito.

Nel caso di interesse è acclarato che la portata di massima piena assunta quale riferimento di calcolo, associata a tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, può non essere contenuta in alveo e generare fenomeni di esondazione; in tali circostanze i modelli descritti sono certamente applicabili, dando luogo a verifiche caratterizzate da adeguati margini di sicurezza, anche per portate superiori.

Pertanto, assumendo ai fini di calcolo $Q_{Max} = 48,16 \text{ m}^3/\text{s}$, in base alla geometria della sezione di attraversamento, si determina:

quota di contenimento nella sezione	16,05 m slm
quota della massima incisione	14,54 m slm
h_a	1,51 m
Z =	0,83 m
pendenza locale in corrispondenza della sezione	0,56 %
H	1,812 m
a	0,03 m
larghezza idrica in sommità della sezione L	3,00 m
Q_{Max}	48,16 m^3/s
q	16,05 $\text{m}^3/\text{s/m}$
S =	1,41 m

Pertanto si stimano approfondimenti potenziali pari a circa 1,41 m.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 28 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

Sulla base delle valutazioni speditive condotte, con due distinti metodi di calcolo, valide in condizioni di fondo mobile, totalmente incoerente, e già comprendenti opportuni fattori di sicurezza, risulta ampiamente cautelativa la copertura minima di 1,5 metri progettualmente imposta per scavo su terreni.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 29 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

7 CONCLUSIONI

La realizzazione del metanodotto Collettore Terminale di Oristano, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del Riu Zeddiani, a monte della sua confluenza nel Rio Merd'e Cani.

Il tronco del corso d'acqua interessato dell'intervento risulta perimetrato in base alle elaborazioni idrauliche dello studio di compatibilità idraulica effettuato dal comune di Palmas Arborea ai sensi dell'Art 8 comma 2 delle NA del PAI ed approvato in consiglio comunale con Delibera n. 5 del 27/04/2016 e per il quale vigono le norme di salvaguardia, e ad esso sono associate condizioni di pericolosità idraulica Hi4.

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, è stata determinata la soluzione di progetto idonea per la collocazione in sub-alveo della tubazione, mediante la tecnica esecutiva di posa con scavo a cielo aperto, con immediato ripristino della situazione dei luoghi.

Presupposti di compatibilità idraulica

Conformemente a quanto stabilito dagli strumenti di pianificazione territoriale, gli interventi previsti dal progetto del metanodotto sono tali da garantire la conservazione delle funzioni e del livello naturale del corso d'acqua.

- L'attraversamento dell'alveo e delle aree di pertinenza sarà eseguito mediante posa a profondità compatibile con la dinamica fluviale, ma comunque con un franco minimo di ricoprimento pari a 1,50 metri. Non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno delle perimetrazioni.
- La costruzione del metanodotto rientra nel quadro generale del programma di distribuzione del gas naturale nella Regione Sardegna. È opera di interesse pubblico, essenziale per la funzione ad essa deputata e non diversamente localizzabile nelle sue linee generali; ciò in quanto il relativo progetto scaturisce dal confronto tra tutti i fattori condizionanti che caratterizzano i possibili corridoi di posa del metanodotto, sia in termini ambientali sia in termini esecutivi e, di conseguenza, identifica i siti di attraversamento dei corsi d'acqua in funzione delle esigenze di ottimizzazione del tracciato, nel rispetto del complesso dei vincoli cui il progetto stesso è assoggettato.
- Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, la configurazione geometrica della pipeline nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è tale da non precluderne l'esecuzione.
- Con riferimento alle Norme di attuazione del PAI Sardegna, l'intervento è progettato in modo da corrispondere alla tipologia di opere consentite in aree classificate a rischio idraulico.

Modalità esecutive

I lavori consisteranno essenzialmente nella posa della tubazione mediante scavo di trincea a cielo aperto. Saranno eseguiti in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua; l'intervento non apporterà restringimenti,

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 36 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 30 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

deviazioni dell'asta e modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, infatti, previsti idonei ripristini degli elementi spondali interessati e tutte le profilature saranno ristabilite con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali. Apposite attività consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Nello specifico:

- dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del Riu Zeddiani, non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità;
- ovviamente, non si darà luogo ad alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle;
- anche durante le fasi lavorative, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori;
- la profondità di posa della tubazione in sub-alveo risulta pienamente commisurata all'esigenza di tutelare la tubazione stessa da eventuali fenomeni erosivi del fondo alveo, indotti dalla portata di massima piena duecentennale, e garantisce l'equilibrio del sistema di forze gravitative e idrauliche, permettendo di escludere qualsiasi interferenza tra tubazione e flusso della corrente.

Considerazioni conclusive

In ragione delle scelte progettuali e del sistema d'attraversamento, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni conclusive.

- *Assenza di modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo.* L'intervento non induce modifiche all'assetto morfologico dell'alveo inciso, sia dal punto di vista planimetrico sia altimetrico, garantendo il mantenimento delle caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.
- *Assenza di modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.* Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata con ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), non sarà determinato alcun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.
- *Assenza di riduzione della capacità d'invaso.* Le modalità esecutive previste non creeranno 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 sottrarranno capacità d'invaso.
- *Assenza di alterazione delle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.* Le modalità esecutive previste sono tali da non indurre effetti impattanti con il contesto naturale della regione fluviale, che possano pregiudicare in maniera "irreversibile" l'attuale assetto paesaggistico. Condizioni d'impatto sono limitate alle sole fasi di costruzione e per questo destinate a scomparire nel tempo, con la ricostituzione delle componenti naturalistiche ed ambientali.

In sintesi, l'intervento in progetto può ritenersi compatibile con le misure stabilite dagli strumenti di tutela dei corpi idrici e dal PAI Sardegna, sia per la natura dell'opera sia per gli accorgimenti esecutivi previsti.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 1 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

METANIZZAZIONE REGIONE SARDEGNA TRATTO SUD

**METANODOTTO COLL.TERMINALE DI ORISTANO
DN 650 (26") - DP 75 bar**

ATTRAVERSAMENTO FIUME_24869 (Localmente noto come Riu Roia Sa Murta)

RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

0	Emissione	F. CALLAI F.FANELLI	M.FORNAROLI	V.FORLIVESI O.CORDA	29/06/2018
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 2 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Oggetto della relazione	3
1.2	Elaborati progettuali di riferimento	3
1.3	Definizioni	4
1.4	Normativa di Riferimento	5
2	PAI. DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA	6
3	AMMISSIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LE PREVISIONI DEL PAI	9
4	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	12
5	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	15
5.1	Lineamenti geologici e strutturali generali	15
5.2	Rappresentazione cartografica locale	18
5.3	Caratteri litologici e geomorfologici locali	19
5.4	Caratteri idrogeologici locali	20
6	ANALISI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI BASE	21
6.1	Caratterizzazione idrologica	21
6.2	Stima della portata di piena di riferimento	23
6.3	Valutazioni idrauliche preliminari	25
7	CONCLUSIONI	28

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 3 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto della relazione

La realizzazione del metanodotto Collegamento Terminale di Oristano, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del corso d'acqua "Fiume 24869", nel territorio del Comune di Oristano, nella provincia di Oristano.

L'identificazione nominale " Fiume 24869" è data in base al reticolo idrografico della Regione Autonoma della Sardegna disponibile nel Data Base Multiprecisione (DBMP).

L'ottimizzazione planimetrica del tracciato e il profilo di posa della tubazione attraverso l'alveo del corso d'acqua sono stati individuati in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico e idraulico. Tali valutazioni, basate su apposite indagini eseguite, hanno dato modo di acquisire le necessarie conoscenze sulle caratteristiche di dettaglio del corridoio individuato dal tracciato in progetto e sulle condizioni di stabilità delle aree da attraversare, ivi compreso il corso d'acqua di interesse. Gli aspetti idraulici e idrologici sono stati contemplati in conformità ai dati ed alle informazioni rese disponibili dagli strumenti di pianificazione territoriale di settore.

Nella presente relazione, in particolare, sono descritte le analisi condotte per la valutazione delle condizioni di compatibilità idraulica dell'attraversamento in sub-alveo e le relative conclusioni. Difatti, il tronco di diretto interesse del corso d'acqua ricade in zona perimetrata come area a pericolosità idraulica, secondo il PAI Sardegna; nello specifico la perimetrazione è indotta dall'analisi dell'assetto idraulico e geomorfologico esteso a tutto il territorio comunale eseguita dal comune di Oristano ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle NA del PAI, le norme di attuazione¹ di tale strumento di pianificazione territoriale, all'art. 21, stabiliscono, in linea generale, che le attività di progettazione di infrastrutture a rete o puntuali siano tali da garantire che gli interventi "conservino le funzioni e il livello naturale dei corsi d'acqua; non creino in aree pianeggianti impedimenti al naturale deflusso delle acque; prevedano l'attraversamento degli alvei naturali ed artificiali e delle aree di pertinenza da parte di condotte in sotterraneo a profondità compatibile con la dinamica fluviale". Oltre ciò il citato strumento di pianificazione locale stabilisce norme specifiche per gli interventi ammessi nelle aree identificate come soggette a pericolosità idraulica. La presente relazione tende a fornire, pertanto, la verifica di tale complesso di prescrizioni.

In relazione alle analisi condotte, è stato anche possibile stimare, in via preliminare, la profondità minima di posa della tubazione affinché sia tale da garantirne la sicurezza nei riguardi degli effetti erosivi che potrebbero verificarsi sul fondo d'alveo.

In relazione alle analisi condotte, è stato anche possibile stimare, in via preliminare, la profondità minima di posa della tubazione affinché sia tale da garantirne la sicurezza nei riguardi degli effetti erosivi che potrebbero verificarsi sul fondo d'alveo.

1.2 Elaborati progettuali di riferimento

Per le caratteristiche progettuali dell'attraversamento, comprendenti le specifiche geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa della stessa, nonché gli elementi tipologici e dimensionali dell'intervento previsto, la presente relazione ha

¹ Regione Autonoma della Sardegna, Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna; "Piano assetto idrogeologico. Norme di attuazione"; Testo coordinato, Febbraio 2018.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 4 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

riferimento negli elaborati di seguito elencati:

- MET. COLLEGAMENTO TERMINALE DI ORISTANO DN 650 (26") - PLANIMETRIA "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PERICOLOSITÀ IDRAULICA" 1:10.000, PG PAI 303.

A tali elaborati si rimanda per quanto non espressamente descritto nella presente relazione e per ogni correlato approfondimento.

1.3 Definizioni

Metanodotto

Accezione convenzionale associata ad una specifica tipologia di gasdotto, che identifica una condotta di considerevole importanza per il trasporto del gas tra due punti di riferimento. È designato con i nomi dei comuni o delle località dove l'opera ha origine e fine, e in relazione alla finalità del trasporto.

Linea o Condotta

Insieme di tubi, curve, raccordi, valvole ed altri pezzi speciali, uniti tra loro per il trasporto del gas; a sviluppo interrato ma comprensiva di parti fuori terra.

Punti di intercettazione

In accordo alla normativa vigente (DM 17.04.08), la condotta sarà sezionabile in tronchi mediante apparecchiature di intercettazione (valvole) denominate:

- Punto di intercettazione di derivazione importante (PIDI) che, oltre a sezionare la condotta, ha la funzione di consentire sia l'interconnessione con altre condotte, sia l'alimentazione di condotte derivate dalla linea principale;
- Punto di intercettazione di linea (PIL), che ha la funzione di sezionare la condotta interrompendo il flusso del gas;

"Pig" di ispezione

Strumento costituito da affusto metallico, dischi di poliuretano, induttori e sensori, avente la funzione di rilevare, localizzare e dimensionare le caratteristiche della condotta.

Stazione di lancio e/o ricevimento "pig"

Area recintata contenente un complesso di dispositivi idonei al lancio e/o ricevimento dei "pig".

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 5 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

1.4 Normativa di Riferimento

Per quanto di seguito descritto, in relazione alla progettazione dell'opera ed alle analisi di compatibilità condotte, si ha riferimento negli strumenti normativi e documenti tecnici di seguito elencati.

Criteria generali di progettazione del metanodotto

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

Pianificazione territoriale di settore

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale, PAI Sardegna, redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge 180/1998, approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006. Norme di attuazione testo coordinato "Febbraio 2018";
- Piano di gestione del rischio di alluvioni, redatto in recepimento della direttiva 2007/60/CE e del relativo D.Lgs. 23/02/2010 n. 49, predisposto, revisionato e aggiornato dall'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016,
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) - adottato in via definitiva dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013;
- Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica dell'intero territorio comunale, ai sensi dell'art. 8 c. 2 delle norme di attuazione del PAI, finalizzata al PUC, adottato con delibera del consiglio comunale di Oristano n. 29 del 22.03.2016.

Aspetti generali di carattere ambientale e idraulico

- D.Lgs. 03/04/2006 n.152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- D.Lgs. 23/02/2010 n. 49. Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- R.D. 11/12/1933, n. 1775 e ss.mm.ii. Testo unico delle disposizioni sulle acque e sugli impianti elettrici.
- L. 05/01/1994 n.37. Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche.
- D.Lgs. 22/01/2004 n. 42 e ss.mm.ii. Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n.137.

Aspetti geotecnici

- D.M. Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», emesse ai sensi delle leggi 05/11/1971, n. 1086, e 02/02/1974, n. 64, riunite nel "Testo Unico per l'Edilizia" di cui al D.P.R. 06/06/2001, n. 380, e dell'art. 5 del Decreto Legge 28/05/2004, n. 136, convertito in Legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004, n. 186 e ss.mm.ii.
- UNI EN 1997-1, Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 6 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

2 PAI. DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA

Con deliberazione n. 45/57 in data 30.10.1990, la Giunta Regionale suddivide il Bacino Unico Regionale in sette Sub-Bacini, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque) redatto nel 1987.

L'intero territorio della Sardegna è suddiviso in sette sub-bacini, ognuno dei quali, pur con forti differenze di estensione territoriale, è caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche.

Sulla base di questa suddivisione, il tracciato del Matanodotto tratto Sud interessa il Sub-Bacino 2 "Tirso", il Sub-Bacino 7 "Flumendosa – Campidano - Cixerri" ed il Sub-Bacino 1 "Sulcis". (Figura 2.1)

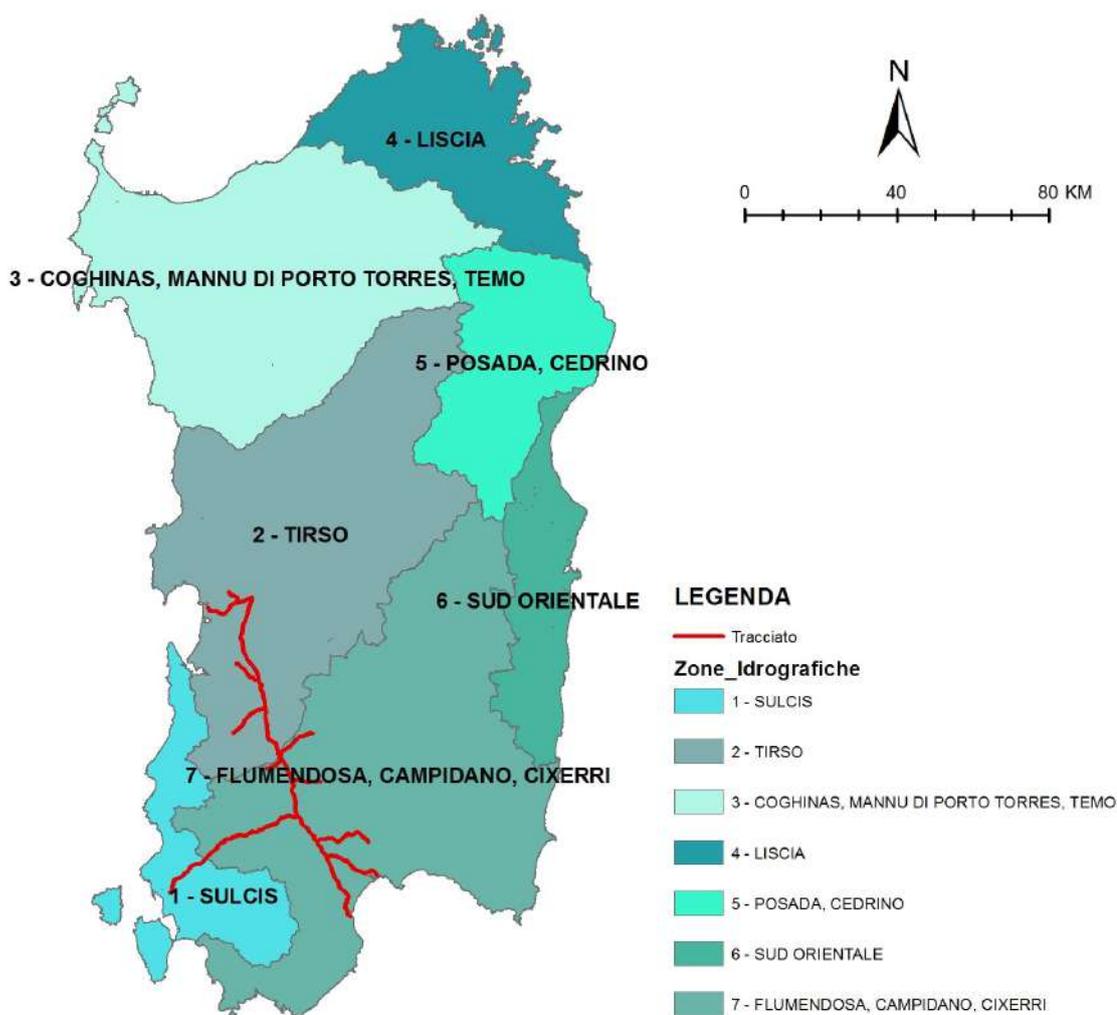


Figura 2.1: Suddivisione del territorio regionale nei 7 in Sub-Bacini, con inserito il tracciato dell'opera in progetto.

In data 11.03.2005 viene pubblicato sul B.U.R.A.S. il Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici n. 3 del 21.02.2005 con il quale è stata resa esecutiva la Deliberazione n.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 7 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

54/33 assunta in data 30.12.2004 dalla Giunta Regionale, in qualità di Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino.

Con tale deliberazione cui è stato adottato il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (in seguito denominato P.A.I.), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998.

In conformità con quanto previsto dalle Norme di Attuazione del P.A.I., Titolo III "Controllo del Rischio nelle Aree di Pericolosità Idrogeologica", Capo I – "Norme Comuni per la disciplina degli Interventi nelle Aree di Pericolosità Idrogeologica", articolo 23 comma 6 lettera b, gli interventi e le opere ammissibili nelle aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media sono effettivamente realizzabili subordinatamente alla presentazione, alla valutazione positiva e all'approvazione dello Studio di Compatibilità Idraulica o Geologica e Geotecnica di cui agli articoli 24 e 25 delle stesse N.d.A. del P.A.I.

Con la pubblicazione del testo coordinato delle N.d.A. del P.A.I. edizione Febbraio 2018, le modifiche apportate all'articolo 21 e nello specifico al comma 2, lo studio di compatibilità idraulica per le opere di attraversamento degli alvei non è richiesto.

Ciò nonostante viene richiesto al soggetto attuatore di sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese le condotte qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico, ragion per cui con il presente studio si intende calcolare lo scalzamento massimo, ovvero, la minima profondità di interrimento del metanodotto in progetto al fine di evitare fenomeni di messa a giorno della condotta dovuti a diversi fenomeni di erosione del fondo alveo.

L'individuazione delle aree a pericolosità idraulica che interferiscono con il tracciato del metanodotto è stata condotta in riferimento alla cartografia del P.A.I. pubblicata dalla R.A.S. sul sito web "SardegnaGeoportale" da cui è possibile scaricare gli shapefile dei dati del DB Unico del S.I.T.R.. Gli shapefile consultati sono: "Pericolo Idraulico Rev.41" e "Art.8 Hi V.09" entrambi caricati sul portale in data 31.01.2018.

L'analisi è stata condotta anche in riferimento alla cartografia Piano di Gestione Rischio Alluvioni (di seguito P.G.R.A.) aggiornata al 2016 che, eseguendo un involucro delle perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate nell'ambito della predisposizione del PAI e sue varianti e di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, aggiornate alla data del 31.12.2016, armonizza è uniforme in un unico elaborato i dati suddetti.

Inoltre la cartografia sopra descritta è stata implementata con il reperimento delle carte di pericolosità idraulica redatte dai singoli comuni ai sensi dell'Art.8 c.2 delle N.d.A. del PAI, per le quali vigono le norme di salvaguardia.

Il risultato finale dell'analisi dei vari strumenti di pianificazione in campo idrogeologico è stata la redazione della cartografia di involucro delle varie pericolosità, considerando per le aree perimetrate da diversi strumenti di pianificazione il livello di pericolosità maggiore (Hi max).

Il corso d'acqua oggetto della presente relazione viene meglio inquadrato nella carta PG PAI 303 - MET. COLLEGAMENTO TERMINALE DI ORISTANO DN 650 (26") - PLANIMETRIA "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PERICOLOSITÀ IDRAULICA" 1:10.000, di cui si riporta di seguito uno stralcio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 8 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

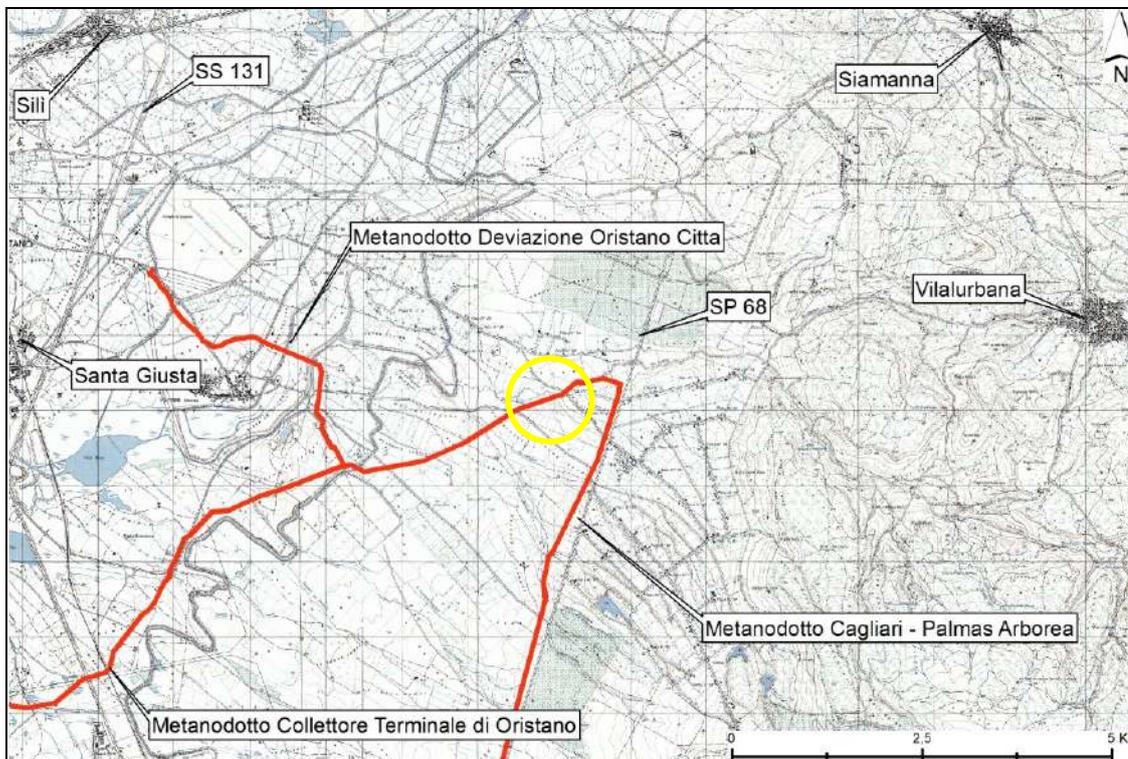


Figura 2.2 : Inquadramento territoriale dell'area in cui avverrà l'attraversamento in sub alveo.

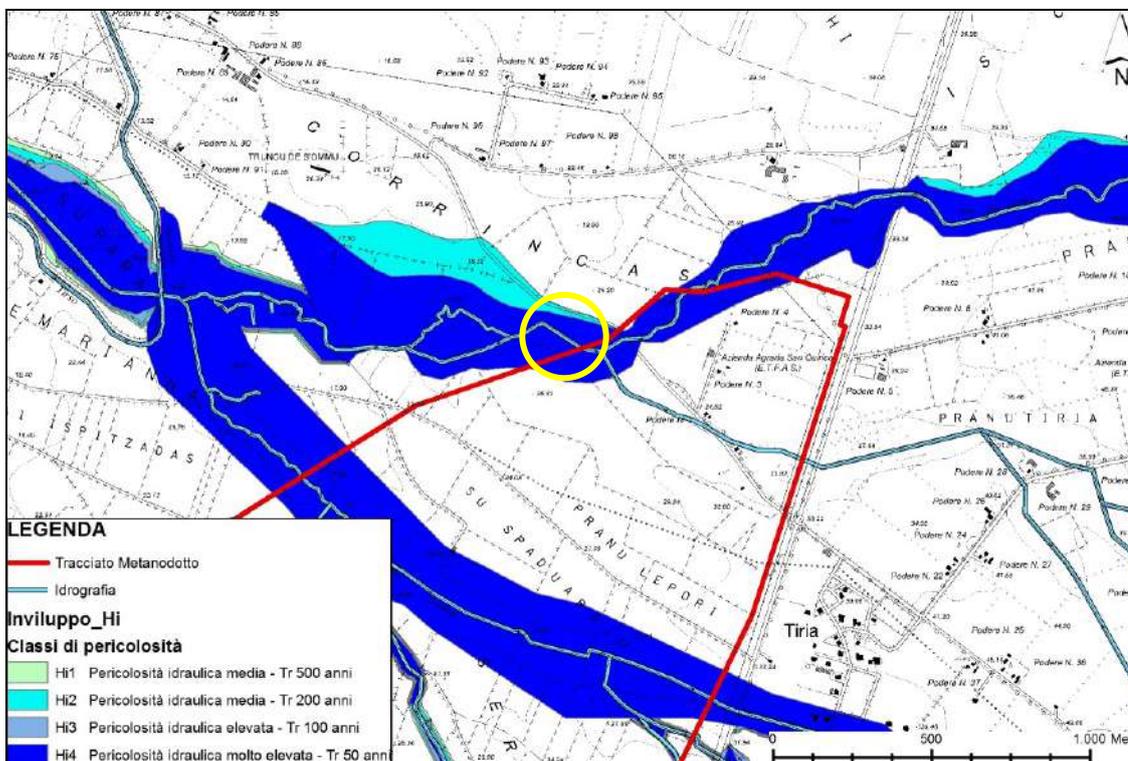


Figura 2.3 : Involuppo di pericolosità idraulica con evidenziata in giallo l'area in studio, per maggiori dettagli Tavola PG PAI 103.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 9 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

3 AMMISSIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LE PREVISIONI DEL PAI

L'intersezione tra il metanodotto Collegamento Terminale Di Oristano è il reticolo idrografico avviene in corrispondenza del Fiume 24869 nel territorio comunale di Oristano, in corrispondenza di un'area a pericolosità idraulica Hi4, perimetrata successivamente allo studio idraulico redatto dal comune di Oristano, esteso a tutto il territorio comunale, ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle NA del PAI.

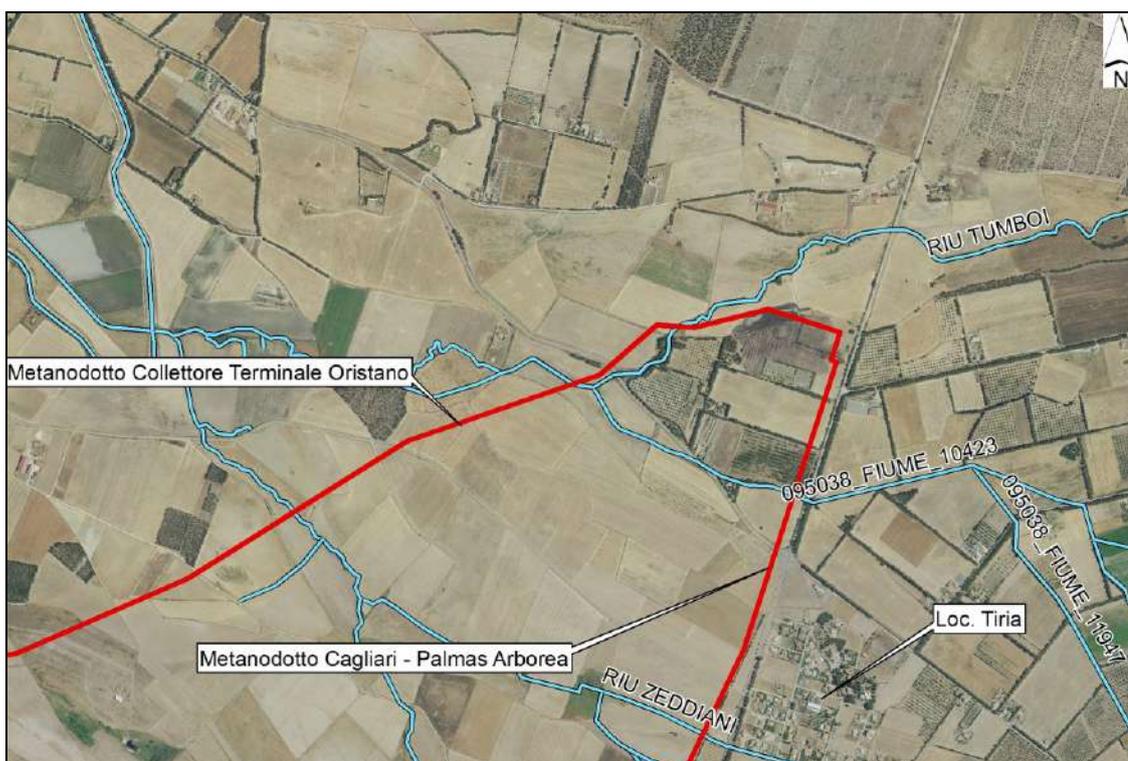


Fig. 3.1 - Rappresentazione dell'intervento su base ortofoto RAS 2016

La sezione progettualmente definita per l'attraversamento in sub-alveo interessa "Fiume 24869" (localmente noto come Riu Roia Sa Murta), in un tronco vallivo, a monte dell'immissione dello stesso nel "Riu Zeddiani" in Loc. Su Cuccuriu e Marianna; qui l'alveo inciso scorre in una zona pianeggiante, generalmente compresa tra 25÷20 m s.l.m., tra le località "Spaduargi e Nai Ispitzadas".

Il metanodotto Collegamento Terminale Di Oristano, rientra nel quadro generale dell'intervento di distribuzione del gas naturale nella Regione Sardegna. L'opera, nel cui quadro esecutivo generale ricade l'intervento qui descritto, è prevista dagli strumenti nazionali e regionali di pianificazione energetica. In particolare, il Piano Energetico Ambientale della Regione Sardegna 2015-2030 (P.E.A.R.S., obiettivo OS2.3, pag. 51 e cap. 12) individua la metanizzazione tra le scelte fondamentali, sulla base delle direttive e delle linee di indirizzo definite dalla programmazione comunitaria, nazionale e regionale, e identifica l'utilizzo del gas naturale, quale vettore energetico fossile di transizione, come strumento mirato alla sicurezza energetica della Regione. Inoltre, l'opera di metanizzazione della Sardegna è esecutivamente definita, come tema centrale della politica energetica nazionale, nel documento che delinea la Strategia Energetica Nazionale (S.E.N. 2017, allegato II, Ministero dello Sviluppo Economico e Ministero dell'ambiente e della tutela del

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 10 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

territorio e del mare), che ne ha determinato gli aspetti concreti di fattibilità, in coerenza con il Piano energetico regionale. Il sistema delle risorse finanziarie, ordinarie ed aggiuntive, a tal fine identificate, è specificatamente delineato nel Patto per lo Sviluppo della Regione (Patto per lo sviluppo della regione Sardegna, Attuazione degli interventi prioritari e individuazione delle aree di intervento strategiche per il territorio, 29 luglio 2016), sottoscritto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri e dalla Presidenza della Regione Sardegna.

Come di seguito più dettagliatamente illustrato, il tracciato del metanodotto deriva da un accurato studio del territorio, come risultato finale di una serie di possibili corridoi tra loro alternativi. Il tracciato di progetto scaturisce, infatti, dal confronto tra tutti i fattori condizionanti che caratterizzano detti corridoi, sia in termini ambientali sia in termini esecutivi; costituendo la sintesi che permette di minimizzare ogni possibile impatto, garantendo, nel contempo, opportune condizioni di esercizio, di controllo e di manutenzione dell'opera.

Il progetto in questione rientra quindi tra quelle opere infrastrutturali non vincolate da prescrizioni che ne impediscono la realizzazione in senso assoluto, purché sia accertabile che gli effetti sull'assetto morfologico-idraulico del corso d'acqua non determinino modificazioni sostanziali rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche locali preesistenti, e l'opera non alteri i fenomeni idraulici naturali. Nella presente relazione un apposito capitolo descrive il dettaglio delle modalità esecutive previste per la posa della tubazione interrata, al fine di consentire un diretto riscontro con riferimento a dette condizioni.

Come esposto successivamente, in progetto non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno delle perimetrazioni.

Le opere in progetto consisteranno essenzialmente nella posa in sub-alveo della tubazione per il trasporto del gas, e saranno eseguite in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua. L'intervento non apporterà variazioni delle condizioni idrauliche dell'alveo, non si realizzeranno restringimenti, deviazioni dell'asta o modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, inoltre, previsti idonei ripristini degli elementi d'argine, interessati dai lavori di posa del metanodotto. In particolare, si ristabiliranno le condizioni di delimitazione dell'alveo attualmente esistenti; tutte le profilature saranno ripristinate con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali; apposite attività di ripristino vegetazionale consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Per quanto attiene all'eventuale diversa localizzabilità dell'intervento, come in precedenza introdotto, il tracciato del metanodotto, sia in base alle leggi vigenti sia in base a norme specifiche di qualità tecnica progettuale e costruttiva, è il risultato dell'analisi comparativa di diverse soluzioni e di diversi possibili corridoi di esecuzione. La scelta definitiva del tracciato dipende, infatti, da numerosi fattori:

- compatibilità con il contesto insediativo del territorio e con le previsioni di sviluppo urbanistico;
- interferenze con aree soggette a condizioni di salvaguardia ambientale o soggette a specifiche forme di tutela e con aree ecologicamente sensibili;
- esigenza di parallelismo con altri gasdotti o con altre infrastrutture a sviluppo lineare, presenti nel territorio, quali oleodotti, elettrodotti, strade, canali, ecc., al

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 11 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

fine di concentrare la presenza di infrastrutture lineari sul territorio;

- stabilità dell'opera in relazione a condizioni di pericolosità di natura geologica, geomorfologica e alla natura dei terreni;
- necessità di definire la posizione dei punti di linea, degli impianti, delle centrali e dei nodi di smistamento, tenendo presente le esigenze di accessibilità agli stessi, per il personale ed i mezzi necessari alla sorveglianza, all'esercizio ed alla manutenzione;
- distanze di sicurezza da nuclei abitati e da fabbricati destinati a collettività e a concentrazione di persone, distanze di sicurezza da singoli fabbricati ivi compresi quelli destinati a presenza di persone solo occasionale;
- distanze di rispetto da aree per le quali vigono limiti imposti a tutela di opere militari, di installazioni permanenti e semipermanenti di difesa, di campi di esperienze e poligoni di tiro;
- distanze di rispetto nei confronti di altre condotte interrate, di linee elettriche aeree e interrate, di officine elettriche, di sottostazioni di trazione elettrica, di linee ferroviarie e ferrotranviarie e delle relative opere d'arte;
- specifiche modalità di attraversamento delle infrastrutture stradali;
- distanze di rispetto da cave e da aree dedicate a scavi in genere, per ricerca o estrazione di sostanze minerali;
- idoneità dei siti di esecuzione in relazione alle condizioni di sicurezza nei confronti di terzi e degli operatori preposti alla esecuzione.

In base a quanto sinteticamente elencato (che non costituisce l'intero complesso di elementi condizionanti la scelta del tracciato), sono stati identificati i siti di attraversamento dei corsi d'acqua, la cui localizzazione risponde alle esigenze di ottimizzazione del tracciato, nel rispetto del complesso dei vincoli cui esso è assoggettato. La soluzione determinata progettualmente è comunque sempre strutturata in modo da evitare alterazioni della conformazione dei corsi d'acqua.

Nello specifico, dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del "FIUME_24869", non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità. Considerata inoltre la natura degli interventi, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle.

Come di seguito riportato, la profondità di posa in sub-alveo e i potenziali effetti delle massime portate al colmo, attestati dalle modellazioni numeriche condotte in fase di progettazione, risultano pienamente compatibili.

Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, non è possibile che la realizzazione dell'attraversamento in sub-alveo, alla profondità di sicurezza determinata, possa in alcun modo esserne di ostacolo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 12 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, di seguito descritte, è stata determinata la soluzione di progetto idonea per la collocazione in sub-alveo della tubazione, mediante la tecnica esecutiva di scavo a cielo aperto della trincea di posa. Si specifica che, sia a tutela delle infrastrutture da realizzare sia per il rispetto dei criteri generali delle Norme di attuazione del PAI, non verranno realizzate infrastrutture (trappole e punti di linea) nelle aree inondabili ai margini dell'alveo ove risultano perimetrate specifiche condizioni di pericolosità idraulica, quindi saranno del tutto assenti opere fuori terra, che possano incidere sul deflusso di portate eccezionali.

L'attraversamento in sub-alveo è previsto in un tratto del "Fiume 24869" (localmente noto come Rio Roia Sa Murta), in cui l'alveo si presenta con tracciato rettilineo a monte dell'immissione dello stesso torrente nel Riu Zeddiani nel territorio comunale di Palmas Arborea.

La condotta attraverserà il corso d'acqua con direzione NE-SW, in un tronco d'alveo a fondo sostanzialmente piatto, con larghezza pari a circa 5 metri. L'alveo è confinato tra scarpate lievemente acclivi ricoperte da vegetazione prevalente erbacea.

La metodologia esecutiva dell'attraversamento consisterà sostanzialmente

- nello scavo di una trincea lungo il profilo di progetto del metanodotto nella sezione prestabilita del corso d'acqua, fino al raggiungimento delle quote di posa,
- nell'assemblaggio, in prossimità del sito di intervento, delle barre di tubazione trasportate dallo stabilimento di produzione e nel successivo alloggiamento in fondo-scavo;
- nel rinterro degli scavi e nel contestuale ripristino morfologico dell'area, ivi comprese le eventuali opere di protezione idraulica ivi presenti.

Tale sistema di realizzazione è caratterizzato dalla adattabilità delle metodologie costruttive alle specifiche condizioni del corso d'acqua; soprattutto per quanto attiene all'utilizzo dei mezzi operativi ed alle sequenze delle fasi di scavo, posa e rinterro della tubazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 13 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035



Fig. 4.1- Rappresentazione fotografica dell'alveo in prossimità del tronco sede di attraversamento

Di norma, le attività preliminari prevedono il taglio della vegetazione presente nell'ambito dell'area da occupare temporaneamente con i lavori e nella asportazione del terreno vegetale lungo l'asse di posa fuori alveo. Quest'ultimo viene accantonato al bordo pista per essere riposizionato nelle fasi conclusive dei ripristini.

L'ampiezza della pista di lavoro, ottenuta, ove necessario, livellando il terreno ai lati del tracciato, è determinata in base al diametro della condotta, tenuto conto delle caratteristiche morfologiche dei terreni, del contesto ambientale e di eventuali particolarità inerenti le modalità esecutive dei lavori. Nell'ambito di quest'area sono eseguite le attività per il montaggio della tubazione e viene depositato il terreno di scavo.

In relazione alle specifiche caratteristiche idrauliche del corso d'acqua, al periodo climatico di esecuzione, ai volumi di deflusso attesi nel corso delle operazioni esecutive ed alla durata delle stesse, la sequenza operativa dei lavori può essere articolata con uno dei seguenti modi:

- lavori in continuità con quelli di linea; tale procedura riguarda l'attraversamento di corsi d'acqua "poco importanti" (in relazione all'aspetto idraulico, alla morfologia dei terreni e a rischi di tipo operativo) o caratterizzati da periodi di "secca" o di magra, anche se di breve durata; in tali condizioni i lavori di scavo, posa e rinterro della condotta vengono effettuati in continuità con quelli lungo la linea; in genere si tratta di torrenti, o canali, caratterizzati da modesti valori di portata, che pertanto non necessitano di una specifica struttura atta a consentirne il minimo deflusso, che può essere garantito mediante dispositivi ordinari;
- lavori per "fasi chiuse"; tale procedura prevede che si completi ogni fase prima dell'inizio della successiva; eseguendo in progressione scavo, posa della condotta e rinterri; questa sequenza viene adottata ogni qualvolta è necessario garantire lo

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 14 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

smaltimento di un'eventuale portata non trascurabile, che dovesse manifestarsi durante la costruzione.

Durante le fasi lavorative con le tecniche costruttive sopracitate, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori.

Le dimensioni delle sezioni di scavo sono progettualmente definite in base al diametro della condotta, alla profondità di posa, alle caratteristiche geotecniche del terreno. Per profondità piuttosto elevate e quando la configurazione idraulica lo consente, sono effettuati scavi di pre-sbancamento preliminari ma per profondità limitate, come nel caso di interesse, gli scavi a sezione obbligata sono in genere di sezione trapezia con angolo di inclinazione delle pareti subordinato, come detto, alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni attraversati.

In prossimità dell'alveo si rilevano i sedimenti della piana alluvionale in cui scorre il corso d'acqua, costituiti prevalentemente da sabbie e sabbie limose con ghiaie e ciottoli poligenici ed eterometrici. Per il rinterro della tubazione posata in trincea, si prevede sia utilizzato totalmente il materiale di risulta, accantonato ai margini della pista di lavoro all'atto dello scavo; per cui non si darà luogo ad alterazioni della permeabilità in alveo e lungo l'asse di posa della tubazione.

Al termine del complesso dei lavori necessari per dare l'opera finita si, ristabilirà l'originale conformazione plano-altimetrica delle aree interessate, senza alcuna modificazione della sezione idrica offerta al deflusso di piena. In tal modo, l'intervento in progetto non apporterà alterazioni alle condizioni geometriche ed idrauliche dell'alveo. Considerata inoltre la natura dei lavori, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza dei terreni e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della capacità di laminazione naturale dell'alveo e della portata naturalmente rilasciata a valle: l'opera risulta ininfluenza sulle condizioni di smaltimento delle portate del corso d'acqua.

Apposito collaudo del tronco di attraversamento sarà effettuato riempiendo la tubazione con acqua, sottoposta, secondo predefinite specifiche tecniche, a pressione corrispondente al raggiungimento dei valori delle sollecitazioni ammissibili di progetto.

Le modalità esecutive, la profondità stabilita per la posa in trincea e gli specifici accorgimenti previsti consentiranno il ripristino morfologico dei luoghi senza alcuna condizione di rischio da potenziali fenomeni erosivi del deflusso di piena; cosicché, oltre a non potersi avere interferenza diretta tra la condotta ed i deflussi fluviali, si eviteranno anche alterazioni al naturale scorrimento delle acque meteoriche e nella circolazione idrica sotterranea.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 15 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Il progetto della rete di metanodotti e degli impianti ad esso connessi contempla lo studio geologico e morfologico del territorio d'interesse al fine di:

- fornire una descrizione dell'ambiente geologico nel quale saranno realizzate le opere in progetto;
- rappresentare le unità litostratigrafiche locali, con particolare riferimento ad una fascia di un chilometro entro cui si prevede il tracciato della tubazione e la localizzazione degli impianti;
- acquisire informazioni sulle condizioni generali di stabilità del territorio interessato dalle esecuzioni;
- caratterizzare le condizioni locali di pericolosità geologica ed idraulica.

Per tali scopi, è stato descritto l'assetto geologico-strutturale di insieme, analizzato in dettaglio l'assetto litostratigrafico locale e valutato le situazioni di potenziale criticità presenti nell'area di intervento oggetto della presente relazione.

5.1 Lineamenti geologici e strutturali generali

Nell'ambito degli obiettivi del presente lavoro viene sinteticamente illustrato l'insieme di avvenimenti che hanno portato all'attuale configurazione geo-strutturale del settore sud-occidentale della Sardegna, attraversato dal tracciato del gasdotto, comprendente il Sulcis-Iglesiente e l'intera area del Campidano.

Le successioni litologiche più antiche (Cambriano Inferiore - Carbonifero inferiore), costituenti il basamento metamorfico-cristallino dell'isola, fanno parte di un segmento della catena Varisca europea, oggetto di intense deformazioni plicative polifasiche, metamorfismo sin-cinematico e un importante magmatismo post-collisionale (Batolite Sardo-Corso).

Nell'ambito del settore di interesse, le rocce costituenti il basamento Paleozoico metamorfico affiorano estesamente lungo il margine occidentale della piana del Campidano, nelle regioni storico geografiche del Sulcis-Iglesiente e nell'ampia vallata del Rio Cixerri, mentre lungo il margine orientale del Campidano queste sono presenti solo in limitati settori (es: Sardara, Villagrega). Le unità intrusive tardo varisiche, che intrudono il basamento metamorfico dando origine al Batolite Sardo-Corso, affiorano diffusamente sia nel Sulcis sia nel Villacidrese-Arburese. Nel Carbonifero superiore e nel Permiano la Sardegna, trovandosi in prevalenti condizioni di continentalità e di relativa stabilità tettonica, si caratterizza per presupposti deposizionali favorevoli alla sedimentazione entro bacini lacustri e/o fluvio-lacustri, che nel settore SW dell'isola ha lasciato tracce soprattutto nell'Iglesiente (es: Campo Pisano, San Giorgio); nell'Arburese (settore di Scivu, Punta Acqua Durci) sono invece presenti testimonianze dell'intenso vulcanismo a carattere ignimbrítico e composizione riodacitica sempre del Permo-Carbonifero.

Nel Mesozoico, la Sardegna si presentava come una vasta area cratonica relativamente stabile e parzialmente sommersa dal mare, dove si instaurano le condizioni che portano alla formazione di potenti successioni sedimentarie carbonatiche di ambiente marino che nel sud dell'isola interessano in modo discontinuo solo limitati settori, attualmente individuabili nell'area costiera del Sulcis-Iglesiente (es: Isola di Sant'Antioco, zona di Porto Pino) e dell'Arburese in

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 16 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

rappresentanza di una originaria maggiore diffusione che trova la sua prosecuzione naturale della Nurra (es.: Capo Caccia e dintorni).

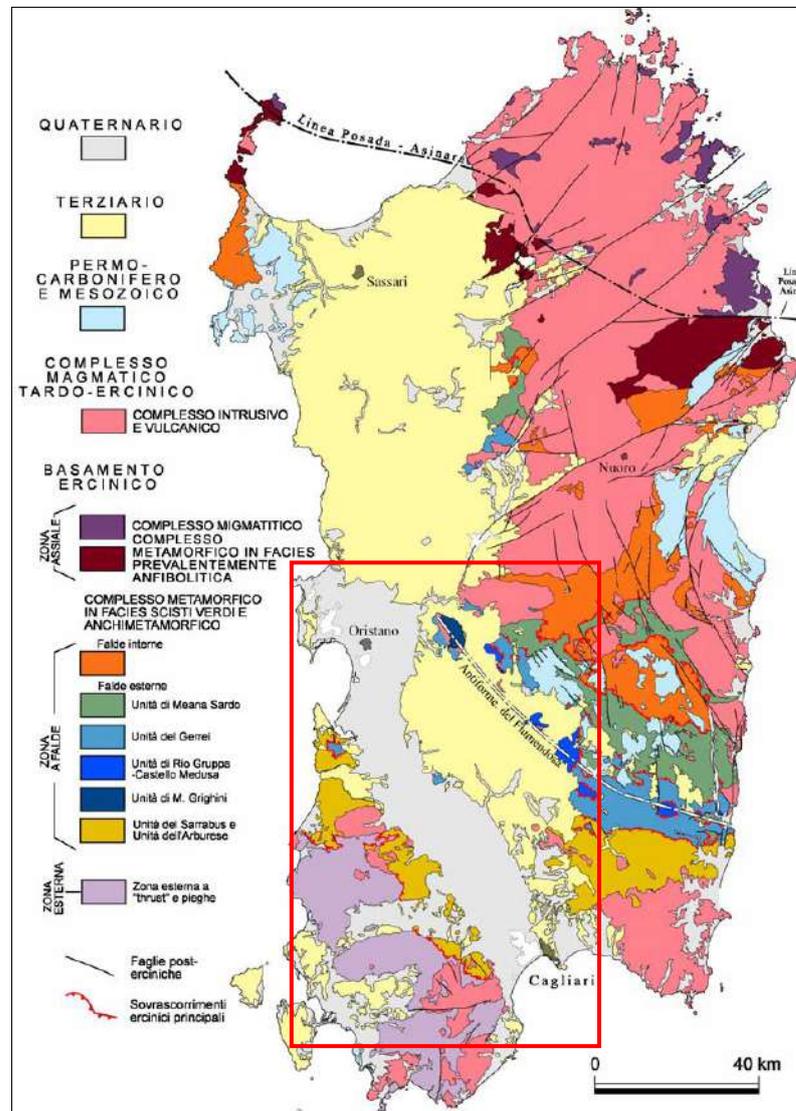


Figura 5.1: Schema geologico-strutturale della Sardegna, il rettangolo di colore rosso indica l'area di indagine.

Durante il Terziario, benché al di fuori della zona orogenica alpina in s.s., l'isola si trova ai margini di due aree caratterizzate da altrettanto importanti fenomeni orogenici che hanno portato alla formazione dei Pirenei e degli Appennini. Nell'Eocene medio infatti, la fase orogenica pirenaica induce nella Sardegna (che allora faceva ancora parte del margine continentale sud-europeo) deformazioni che pongono fine alla sedimentazione marino-paralica (F.ni del Miliolitico e del Lignifero) attivatasi nel settore sulcitano già a partire dal Paleocene e protrattasi per tutto l'Eocene inferiore determinando, conseguentemente, la messa in posto dei sedimenti detritici fluviali (F.ne del Cixerri) alimentati dal settore pirenaico che si spingono sino all'attuale bordo del Campidano orientale (Villagrecca- Monastir-Furtei). Durante la fase collisionale

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 17 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

nord-appenninica la Sardegna è interessata da una tettonica prevalentemente trascorrente (prima transpressiva e successivamente transtensiva) che nell'Oligocene superiore-Aquitano determina l'innesco di un intenso magmatismo a carattere calcoalcalino (sistema arco-fossa) e la formazione di bacini di sedimentazione dapprima continentale evolutasi poi in transizionale e marina, con una diversificazione di facies strettamente connessa con l'evoluzione sin tettonica del margine sud europeo. Nella Sardegna sud-occidentale i depositi corrispondenti, appartenenti al primo ciclo di sedimentazione del bacino oligo-miocenico e individuati con i nomi di F.ne di Ussana, F.ne di Nurallao, F.ne della Marmilla e F.ne dei Calcarì di Villagrecia, sono osservabili soprattutto nelle sub-regioni della Marmilla, Trexenta, Parteolla e solo limitatamente nell'Arburese (Arcuentu) spesso associate o precedute da manifestazioni vulcaniche sia subaeree sia sottomarine, mancando del tutto nel Sulcis-Iglesiente.

I depositi magmatici risultano invece particolarmente diffusi nel distretto sulcitano, comprese le isole di San Pietro e San'Antioco e nel settore di Sarroch-Pula. Altre importanti manifestazioni vulcaniche legate a questa fase tettonica sono ben osservabili nel Guspinese-Arburese (Monte Arcuentu) nonché in prossimità dei bordi occidentali e orientali della piana del Campidano (Monastir-Furtei).

Un'interpretazione in chiave di riattivazione distensiva dei lineamenti trascorrenti più antichi (pirenaici?) può essere prospettata anche per la parte sud-occidentale (Iglesiente-Sulcis) della Sardegna. Gli elementi strutturali principali in quest'area sono costituiti da due bassi strutturali allungati in direzione E-W, che da S verso N sono: il Bacino di Narcao e la Fossa del Cixerri. I bassi strutturali sopra descritti, un tempo interpretati come propagazioni laterali della "Fossa sarda", sono attualmente considerati dagli Autori come sinclinali di crescita sviluppatesi all'interno di una zona compresa tra due faglie trascorrenti destre orientate NW che, come accennato in precedenza, non contengono testimonianze della sedimentazione oligo-miocenica.

Il collasso gravitativo dell'Orogene nord-appenninico durante la fine dell'Aquitano ed il Burdigaliano, porta all'instaurarsi di una tettonica estensionale che conduce ad un'importante fase di rifting (già di impostazione oligocenica), che favorì la separazione e la migrazione verso Sud-Est del blocco Sardo-Corso dal Margine Sud-Europeo e la formazione della "Fossa Sarda" o "rift oligomiocenico sardo" degli Autori. Si tratta di un'estesa depressione tettonica, che dal golfo di Cagliari giunge sino a quello dell'Asinara, sede di una potente sedimentazione prevalentemente marina policiclica caratterizzata dall'alternanza di facies marine-transizionali e continentali che perlomeno sino al Langhiano sono ancora associate al vulcanismo (subacqueo e subaereo) a chimismo calco-alcalino.

Se la fase transpressiva della collisione nord appenninica favorisce l'innesco del primo ciclo di sedimentazione dapprima continentale, evolutosi in transizionale e poi marina entro innumerevoli piccoli bacini che anticipano la formazione della "Fossa Sarda" vera e propria, nel Burdigaliano superiore la deposizione pertanto riprende (2° ciclo) con un complesso arenaceo-marnoso e marnoso (Formazione delle Marne di Gesturi e F. ne delle Argille di Fangario) che perdura sino al Miocene medio (Langhiano) e che trova continuità con i coevi depositi della Sardegna del nord (Sassarese). Limitatamente al settore meridionale dell'isola, la sedimentazione dentro il bacino miocenico sembra localmente interrompersi per poi riprendere nel Serravalliano con una successione detritica di ambiente fluvio-deltizia e marino-litorale (F.ne delle Arenarie di Pirri) che apre il terzo e ultimo ciclo deposizionale miocenico il quale trova conclusione nel Messiniano con la deposizione della serie carbonatica e evaporitica osservabile

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 18 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

nell'areale cagliaritano (F.ne dei Calcari di Cagliari) e nell'oristanese costiero ("Successione carbonatica del Sinis – Capo Frasca").

Nel Pliocene medio, si attiva una nuova importante fase distensiva conseguente all'apertura del Bacino sud-tirrenico che interessa principalmente la parte meridionale del bacino oligo-miocenico sardo riattivando le linee di debolezza NW-SE e N-S e determinando la formazione del "Graben del Campidano". La nuova depressione strutturale che riprende e in parte accentua la geometria del "rift sardo", si associa un intenso vulcanismo effusivo di tipo fissurale a chimismo da basico fino a subalcalino con contestuale emissione di lave basaltiche che portano alla formazione degli edifici vulcanici del Monte Arci e del Montiferro nonché agli spandimenti basaltici attualmente osservabili nel settore di Capo Frasca-Sinis, dell'alto Oristanese, del settore di Mogoro-Uras-Sardara e delle varie Giare della Marmilla.

La prosecuzione dell'attività tettonica distensiva anche nel Pliocene superiore – Pleistocene inferiore determina l'intensa erosione dei settori di bordo strutturalmente in rilievo e la progressiva colmata della depressione tettonica campidanese con prodotti clastici di ambiente continentale fluvio-torrentizio e lacustre. Durante il Quaternario, in conseguenza degli effetti del glacio-eustatismo, si instaurano inoltre processi morfogenetici di versante, che conseguentemente al ringiovanimento orografico determinato dalle variazioni del livello di base dei mari, accentuano la deposizione all'interno del "graben" del Campidano di potenti depositi detritico-alluvionali di conoide derivati dallo smantellamento dei rilievi impostati su rocce paleozoiche, mioceniche e plioceniche costituenti i margini della depressione campidanese.

La strutturazione tettonica conseguente alla fase distensiva plio-quadernaria e i successivi fenomeni di subsidenza attivi nei settori costieri dell'oristanese e cagliaritano, modificano quasi completamente l'originario schema della idrografia superficiale: sono da riportare infatti a questo periodo importanti fenomeni di cattura fluviale con spostamento dei principali assi drenanti di impostazione miocenica nonché la divisione dei bacini idrografici efferenti al Campidano di Oristano e Campidano di Cagliari in virtù della formazione di un nuovo spartiacque nel settore di San Gavino-Sardara.

Tale azione di modellamento morfodinamico del territorio della Sardegna sud-occidentale, perdura per tutto il Pleistocene superiore con depositi di versante e alluvionali che dalle conoidi bordiere migrano verso le aree depocentrali delle varie piane (Campidano, Cixerri, Sulcis, Pula-Sarroch) alternando fasi di terrazzamento a fasi di sovralluvionamento a causa del susseguirsi di fasi glaciali e interglaciali e relativi abbassamenti/innalzamenti del livello del mare.

Nell'Olocene, con l'ultima risalita eustatica del livello marino, prosegue l'attività di colmata alluvionale delle piane nonché fenomeni di terrazzamento determinati da oscillazioni eustatiche minori e la deposizione di discontinue coltri detritiche di versante, eluvio-colluviali e alluvionali attualmente in evoluzione. Sono da ricondurre all'Olocene pertanto le attuali configurazioni della piana costiera dei golfi di Oristano e di Cagliari con l'insieme di zone umide e di pertinenza dei grandi corsi d'acqua del Tirso e del Mannu-Cixerri.

5.2 Rappresentazione cartografica locale

Con riferimento alla cartografia geologica ufficiale in scala 1:25.000 (Carta Geologica di base della Sardegna) disponibile presso il Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali della R.A.S. – 2008, si riporta di seguito l'elenco

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 19 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

delle unità litostratigrafiche in qualche modo interagenti con il tracciato del metanodotto, suddivise per tipologia di deposito, genesi e intervallo temporale, partendo da quelle più recenti. Ciascuna unità viene altresì individuata attraverso la sigla ufficiale, così come riportato nello stralcio cartografico di Figura 5.2.

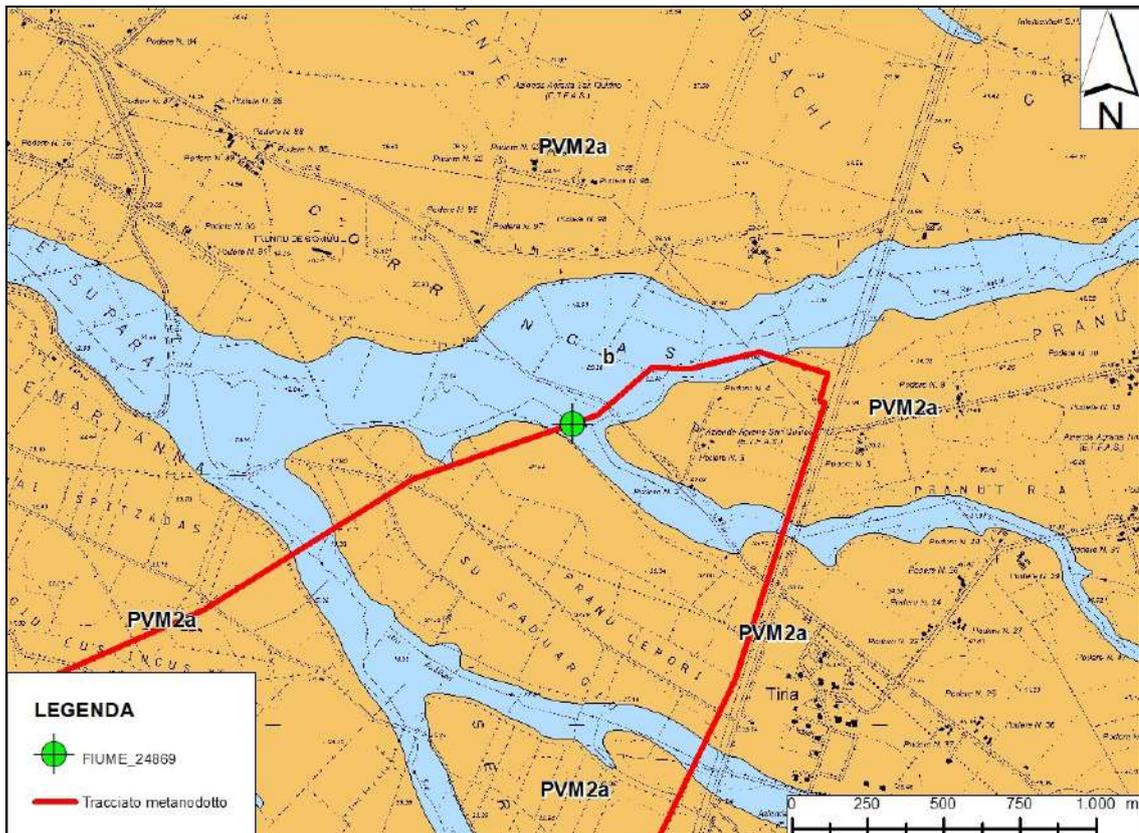


Figura 5.2: Stralcio della carta geologica della Sardegna in scala 1:25.000, con indicata l'area in esame.

Unità litostratigrafiche:

- Depositi alluvionali. (b) OLOCENE
- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso. (PVM2a) Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP

5.3 Caratteri litologici e geomorfologici locali

Il margine orientale del Campidano di Oristano è delimitato dal complesso vulcanico del Monte Arci (UCU), la cui genesi è legata alla tettonica distensiva plio-pleistocenica connessa all'apertura del Bacino Sud-Tirrenico, che riattivando le linee di debolezza oligo-mioceniche porta all'instaurarsi di un vulcanismo di tipo fissurale e alla contestuale emissione di lave basaltiche. Il rilievo vulcanico del Monte Arci alimenta una vasta area a conoidi detritico-alluvionali, con spessori che a tratti raggiungono i 150 m.

Nell'area in studio affiorano diffusamente i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici dell'area continentale (PVM2a) costituiti da ghiaie grossolane sino alla taglia dei blocchi, a matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, con intercalate lenti e/o strati limoso-

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 20 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

argillosi e ghiaie in matrice sabbiosa. Il grado di addensamento di questi depositi è generalmente elevato. Molto marcata è l'interazione con i depositi alluvionali trasportati dal reticolo idrografico attuale (b) costituiti da sedimenti eterometrici e poligenici di ambiente essenzialmente fluvio-torrentizio.

L'attraversamento, così come riportato nello stralcio della carta geologica di Figura 5.2, insiste sull'unità litostratigrafica rappresentata dai depositi alluvionali olocenici (b)

La porzione di tracciato interessata dall'attraversamento ricade all'interno dell'Unità Idrografica Omogenea del Mannu di Pabillonis – Mogoro che si estende su una superficie 1710,25 km² con un perimetro di 287,22 Km. Il bacino del Riu Mogoro Diversivo si estende su un'area di 590,01 km². Si tratta di un bacino collinare compreso tra i rilievi rocciosi che culminano nella punta Trebina Longa a ovest e nella Giara di Gesturi. Il substrato è costituito essenzialmente da arenarie e conglomerati terziari, con locali affioramenti di lave basaltiche.

Il progressivo approfondimento del Graben del Campidano e il contestuale sviluppo dell'edificio vulcanico del Monte Arci portano al ringiovanimento del reticolo idrografico e alla formazione di potenti depositi di conoide alluvionale che si estendono per diversi chilometri nella piana del Golfo di Oristano dominata dai processi morfodinamici del Tirso e della sua foce. I versanti del Monte Arci sono dominati dalle conoidi detritico-alluvionali del Subsistema di Portovesme (PVM2a) caratterizzate nella parte apicale da pendenze comprese tra 11-35% e la parte distale tra i 5-10%.

L'area dell'attraversamento si caratterizza per una morfologia debolmente inclinata verso NW con pendenze comprese tra 0-10%. Nell'area, allo stato attuale, non si rileva la presenza di processi morfodinamici attivi.

5.4 Caratteri idrogeologici locali

Nel settore che contorna gli abitati di Oristano, Santa Giusta e Palmas Arborea l'assetto idrogeologico è caratterizzato dalla presenza di due acquiferi, uno superficiale e uno profondo. L'acquifero superficiale, di tipo freatico, è impostato sui depositi alluvionali attuali e nelle sabbie litorali oloceniche, per lo più alimentato dalle acque meteoriche oltre che dall'interazione con i corsi d'acqua che insistono sul territorio.

L'acquifero è delimitato alla base da uno strato di argille lagunari che raggiunge la superficie topografica in corrispondenza della Laguna di Sassu e si approfondisce verso la costa fino alla profondità di circa 25 m da p.c.; lo spessore dello strato impermeabile è di circa 25-30 m. L'andamento delle isofreatiche mostra nel settore nord-orientale della piana, un'alimentazione della falda ad opera del Tirso, mentre nel settore occidentale le isofreatiche evidenziano un drenaggio da parte del corso d'acqua. Il gradiente idraulico, mediamente del 1,2 ‰, conferma una buona omogeneità dell'acquifero anche se si registrano locali eccezioni.

L'acquifero profondo, di tipo multistrato, è impostato sui prodotti alluvionali pleistocenici ed ha una permeabilità più o meno bassa. Lo spessore massimo di questo acquifero può essere dedotto dalla stratigrafia del pozzo Oristano 1 che indica la profondità del basamento vulcanico a circa 300 m sotto la successione quaternaria. L'andamento dei deflussi profondi ha una direzione Sud-Est/Nord-Ovest in direzione dello Stagno di Santa Giusta.

Le prove di portata condotte indicano valori di permeabilità K dell'acquifero compresi tra un minimo di 3,8x10⁻⁴ e un massimo di 1,2x10⁻⁵ m/s. Si ritiene che sia gli acquiferi superficiali che quelli profondi siano alimentati dall'area pedemontana del Monte Arci.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 21 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

6 ANALISI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI BASE

6.1 Caratterizzazione idrologica

Il Fiume 24869 (localmente noto come Rio Roia Sa Murta) è stato studiato idraulicamente durante la redazione dello studio di compatibilità idraulica e geologico geotecnica estesa a tutto il territorio comunale, effettuata dal comune di Oristano ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle NA del PAI ed approvata in consiglio comunale con delibera n° 29 del 22/03/2016.

L'idrografia generale dell'area in esame è incentrata nell'interno del bacino del fiume Tirso, mantenendosi a nord il bacino del Rio Mare Foghe e a sud il bacino del Rio Mogoro, negli ultimi 25 Km circa del suo percorso, all'altezza dei comuni di Ollastra in sinistra idraulica e di Zerfaliu in destra idraulica, il corso del fiume è arginato, impedendo quindi che i contributi dei bacini esterni vadano a confluire sul fiume stesso.

L'insieme della morfologia e della presenza delle opere determina quindi due aree a nord e a sud, la prima riconducibile al sistema S'Aoru/Bennaxi. La seconda, riconducibile ai bacini a sud del Tirso e provenienti principalmente dal versante nord occidentale del monte Arci, individua due sottobacini principali: il rio Tumboi (o Roia Sa Murta) e il Rio Merd'e Cani. Sempre a sud del Tirso, tra l'argine e il Rio Merd'e Cani, è evidente una vasta area estremamente pianeggiante solcata dal Canale di Bonifica Spinarba.

Il bacino idrografico del Rio Tumboi a sua volta è un sub bacino del Rio Roia Sa Murta è caratterizzato dall'avere una parte sommitale con un reticolo idrografico estremamente ramificato e proveniente dal versante nord orientale del monte Arci.

Il Rio Tumboi, ha origine in agro di Villaverde in località Roia Menta a quota 560 m slm; proseguendo verso valle in direzione sud-nord va ad interessare il territorio di Villaurbana, piega in sinistra idraulica dopo circa 5 Km dall'origine dopo che gli si affiancano in destra il Gora Tomasue e in sinistra idraulica il Rio Pranu Marrara. Il contesto ha una quota di circa 235 m slm: in questa prima fase il sistema idrografico ha un'elevata pendenza con valori che si attestano sul 6 - 7%.

Piegando in sinistra idraulica, il fiume scorre incontrando in destra idraulica il rio Sedda Sa Cresia e in sinistra il Rio Sa Grutta e Santos: sono bacini relativamente acclivi con una superficie poco superiore al chilometro quadrato, e il primo tratto di circa 2 km continua a mantenere una pendenza di tutto rispetto, con valori che si attestano su 5%.

Successivamente si ha una brusca riduzione della pendenza con valori che progressivamente si riducono, assumendo in corrispondenza dell'immissione con il Rio Sa Grutta e Santos valori dell'ordine dell'1%: il rio si infila in una stretta gola denominata Sa Tanca de Sradadorici, con una pendenza longitudinale che tende ancora a ridursi avvicinandosi al limite comunale.

All'interno del territorio comunale il rio scorre per circa 3.5 Km, in direzione est-ovest: le pendenze sono modeste, poco inferiori all' 1%, e vanno ulteriormente a ridursi quando, abbandonato il territorio di Oristano, si inoltra nel territorio di Palmas Arborea incontrando in sinistra i Rio Zeddiani di cui assume il nome.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 22 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

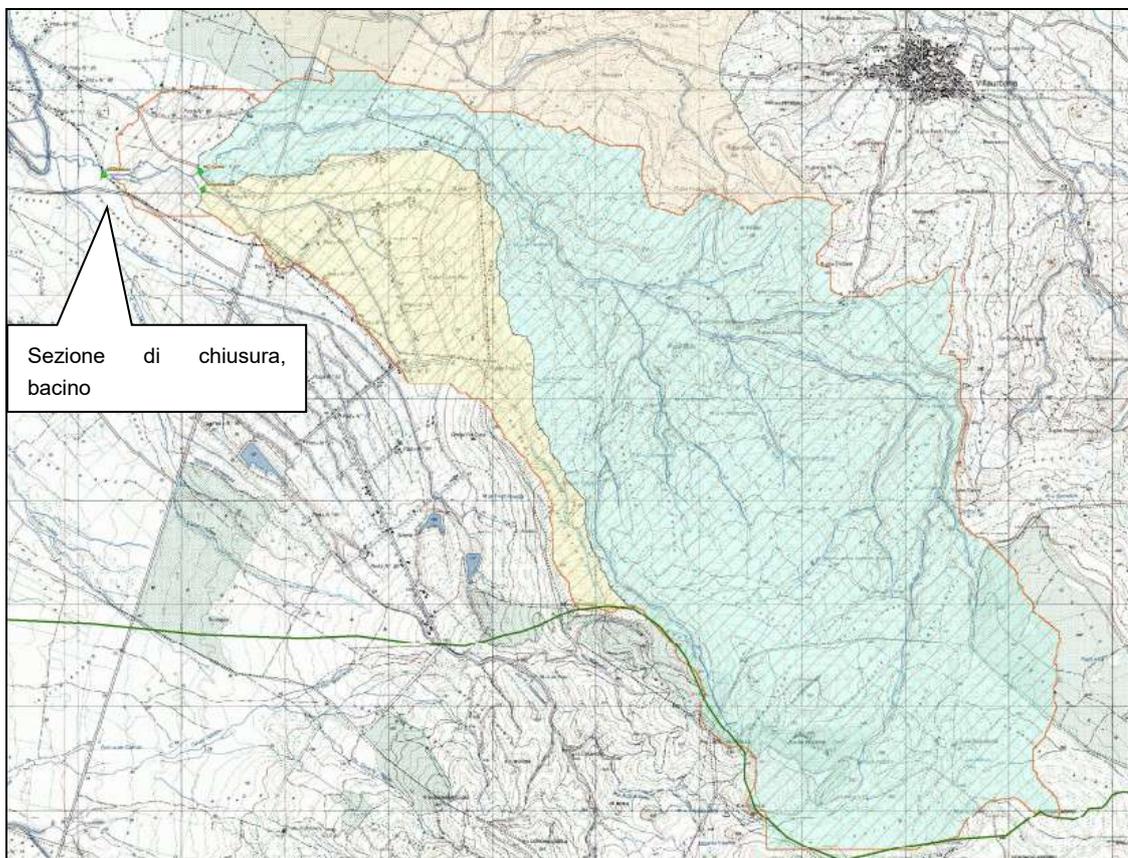


Figura 6.1: Bacino idrografico del Riu Roia Sa Murta tratto da Tav. Idro 01, Art. 8 comma 2 comune di Oristano.

In base ai dati forniti dal citato studio, le caratteristiche morfologiche, fisiografiche e altimetriche del sub-bacino sotteso dalla sezione di interesse possono essere così sintetizzate:

Quota minima sezione di chiusura (m s.l.m.)	H_0	17,0
Quota media del bacino (m s.l.m.)	H_m	22,29
Quota massima del bacino (m s.l.m.)	H_m	637,88
Superficie bacino sotteso (km ²)	A	31,38
Pendenza media del bacino (%)	i	2,02
Lunghezza asta (Km)	L	16,55

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 23 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

6.2 Stima della portata di piena di riferimento

Dallo studio idraulico precedentemente citato sono stati ricavati i parametri idraulici di riferimento.

Il sito di attraversamento del Riu Tumboi da parte del Metanodotto Collettore Terminale di Oristano risulta molto prossimo alla sezione idraulica denominata 1616,6 (Figura 6.2), le portate sono state calcolate tra 100,25 e 161,38 m³/s per i vari tempi di ritorno.

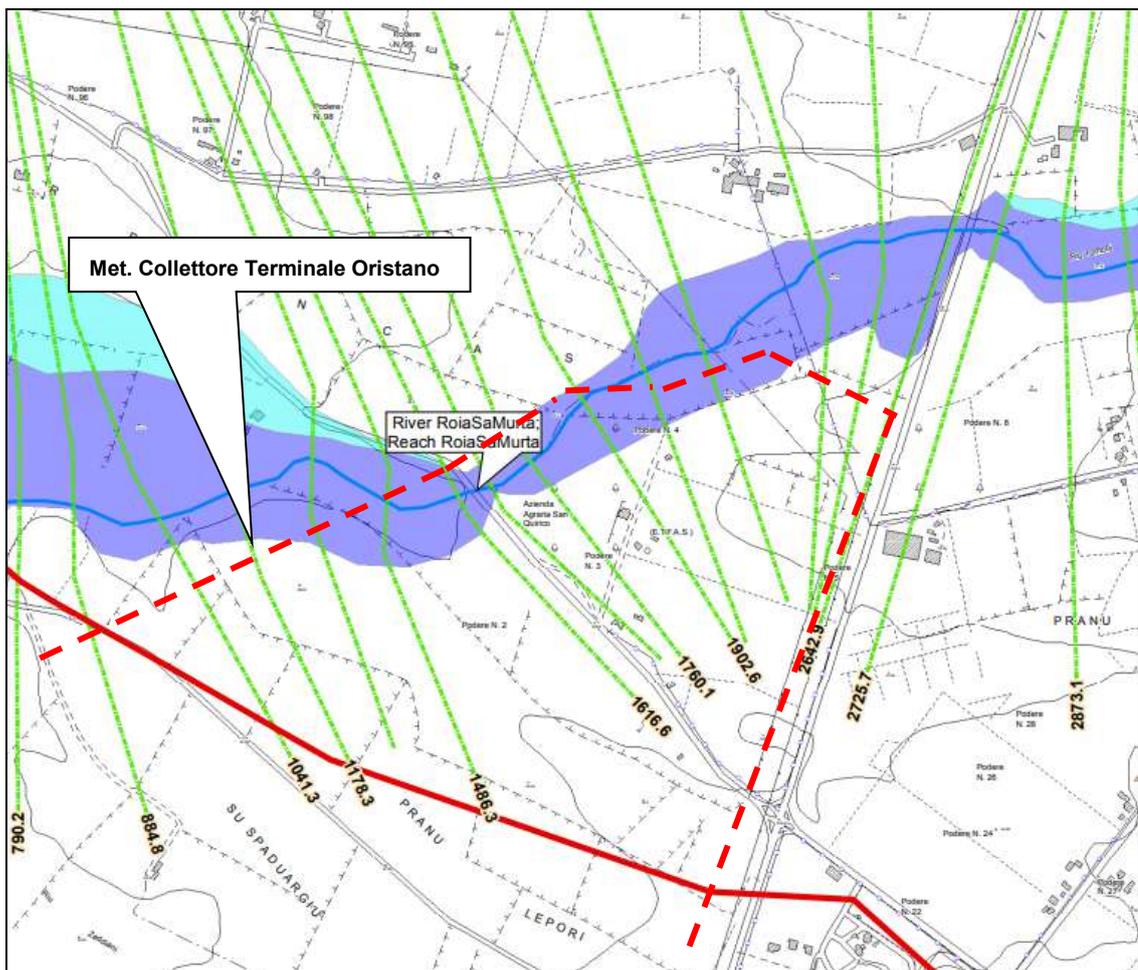


Figura 6.2: Stralcio della tavola Idro 05 (studio di Compatibilità Idraulica comune di Oristano), con indicato in rosso tratteggiato il metanodotto in progetto.

Le simulazioni idrauliche condotte evidenziano come la sezione idraulica non sia sufficiente a contenere portate di massima piena anche con tempi di ritorno T_r 50 anni, l'allagamento si estende al di fuori dell'alveo inciso per circa 110 metri in sinistra e 90 metri in destra idraulica

Le correnti di piena defluiscono con valori medi di velocità ridotti e comunque compresi tra 1,40 e 1,56 m/sec.

Al fine di eseguire alcune determinazioni progettuali riguardanti le modalità esecutive dell'attraversamento, per la stima della portata al colmo, utile per valutazioni idrauliche preliminari, sono state assunti i risultati delle elaborazioni riferibili alla sezione 1486,3

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 24 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

precedentemente descritta. Si è ritenuto significativo, in ragione della natura dell'intervento, porre a fondamento delle analisi tempo di ritorno $T_r = 200$ anni.

Nella sezione di riferimento, in particolare, le condizioni di deflusso considerate sono associate a portata pari a $137,02 \text{ m}^3/\text{s}$, i risultati della modellazione sono riassunti nella successiva tabella, estratta integralmente dal citato studio ai sensi dell'Art. 8 comma 2 del comune di Oristano, ove sono riportati i valori calcolati delle seguenti grandezze:

- Q, valore della portata al colmo (m^3/s);
- "Fondo alveo", quota di fondo alveo (m s.l. m.);
- "Pelo Libero", Quota della massima piena per tempi di ritorno $T_r = 200$ anni;
- v, velocità media nella sezione di deflusso (m^2/s);
- A, area della sezione bagnata (m^2).

Fiume 24869 $T_r=200$ anni					
ID Sezione [-]	Q (m^3/s)	Fondo Alveo (m slm)	Pelo Libero (m slm)	Velocità media della corrente nella sezione (m/s)	Flow Area (m^2)
1616,6	137,02	18,42	20,91	2,24	93,75

Non essendo disponibile il DTM passo 1 metro, per la zona di attraversamento, come quota fondo alveo in corrispondenza dell'attraversamento del metanodotto in progetto, è stata assunta la quota utilizzata per le modellazioni idrauliche.

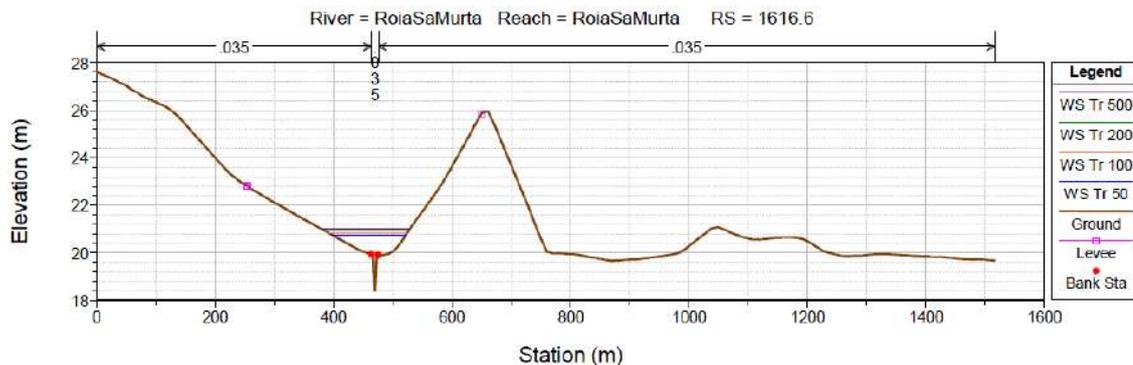


Figura 6.3: Stralcio sezione idraulica 1616,6 sul Riu Tumboi (Roia Sa Murta), fonte Art. 8 Comma 2 del comune di Oristano

In base al valore di portata e tenuto conto dei principali parametri del deflusso di piena, le valutazioni idrauliche preliminari, tese a valutare i potenziali fenomeni erosivi, possono essere condotte ricorrendo a formulazioni cautelative che non tengono conto del fenomeno di esondazione, essendo fondate solo sulla effettiva geometria dell'alveo, delimitato entro i limiti di sponda e/o d'argine appositamente rilevati.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 25 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

6.3 Valutazioni idrauliche preliminari

Ai fini di progettazione del metanodotto, occorre predeterminare le condizioni di approfondimento della tubazione interrata, fermi restando specifici valori minimi. Nel caso dell'attraversamento di corsi d'acqua, si ricorre a formulazioni estremamente cautelative, atte alla valutazione delle eventuali erosioni localizzate del letto e dei potenziali fenomeni di escavazione in alveo; in modo che un eventuale approfondimento, rispetto alla quota minima iniziale del fondo, non possa interessare la tubazione stessa. A tal fine, specificatamente in virtù dei modelli conservativi utilizzati², può non essere necessario determinare aspetti di dettaglio, quali la velocità e la tensione tangenziale della corrente al fondo alveo, e le caratteristiche del materiale che ne forma il letto.

Tali modelli permettono di valutare se lo spessore del materiale di rinterro, adeguatamente costipato, pur non alterando le originarie condizioni di permeabilità, risulta idoneo a garantire dai potenziali fenomeni erosivi. Quando risulta opportuno garantire una adeguata protezione dell'alveo interessato dagli scavi "a cielo aperto", può essere previsto l'utilizzo di massi o pietrame naturale, per costituire parte del rinterro e/o il rivestimento del fondo e delle sponde.

In quest'ottica di verifica preliminare degli effetti idraulici delle piene, ci si rifà agli studi³ di Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare alle possibili escavazioni un valore cautelativo, pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata (in particolare, venne dimostrato che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica). Una generalizzazione prudenziale, proposta in Italia, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena⁴. Pertanto, una stima del tutto cautelativa della profondità delle potenziali escavazioni del fondo (Z) è data, in corrispondenza di una assegnata sezione, in ragione del 50% del battente idrometrico di piena (h_0):

$$Z = 0,5 \cdot h_0$$

Nel caso in cui l'evento di piena implichi esondazioni oltre l'alveo inciso, sulla base di considerazioni proprie degli idrogrammi sperimentali correlati ai relativi modelli sperimentali e di considerazioni connesse alla morfologia delle aree di esondazione, il battente idraulico è assunto pari a 1,05 | 1,10 volte la profondità dell'alveo, rilevata nella geometria della sezione; ovvero $Z = 0,55 h_a$, con h_a dislivello tra la sommità di sponda o d'argine e la massima incisione.

Per quanto attiene alla formazione di buche ed approfondimenti locali, le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano il fenomeno stesso. In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5 cm, i valori raggiungibili dalle suddette erosioni sono generalmente indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5 cm, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la

² D'Alberto D. et Alii., "Crossing debris flow areas", in Pipeline technology journal, May 2016.

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

⁴ Vollo L., "L'aratura di fondo nell'alveo dei fiumi durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXIX; Milano, 1952. Zanovello A., "Sulle variazioni del fondo degli alvei durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXXV; Milano, 1959.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 26 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

profondità dell'erosione. In termini "qualitativi", per determinare un valore cautelativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo, indipendentemente dal diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena, tra i modelli disponibili (Schoklitsch, Eggemberger, Adami), la formula di Schoklitsch⁵ è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici e determina un valore medio rappresentativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo:

$$S = 0,378 \cdot H^{1/2} \cdot q^{0.35} + 2,15 \cdot a$$

dove

- S è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota media del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- $H = h_o + v^2/2 \cdot g$ rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- $q = Q_{Max} / L$ è la portata specifica per unità di larghezza L della corrente di piena in alveo;
- a è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca ed è assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base del dislivello locale del fondo alveo, in corrispondenza della massima incisione, relativo ad una lunghezza pari all'altezza idrica massima ivi determinata.
-

Il riferimento geografico dell'attraversamento è:

X UTM	Y UTM
473958,2173	4413994,276

Non essendo disponibile il DTM passo 1 metro, per la zona di attraversamento, come quota fondo alveo in corrispondenza dell'attraversamento del metanodotto in progetto, è stata assunta la quota di fondo alveo riportata nella sezione idraulica 1616,6 molto prossima all'attraversamento in oggetto, ovvero 18,4 metri.

In alvei di pianura, a bassa pendenza longitudinale ed a sezione larga, aventi condizioni di scabrezza ordinaria ed in assenza di ostruzioni, se l'altezza idrica della corrente di piena risulta più elevata dei margini sommitali della sezione geometrica d'alveo, si può assumere $H = 1,20 \cdot h_a$; con h_a in precedenza definito.

Nel caso di interesse è acclarato che la portata di massima piena assunta quale riferimento di calcolo, associata a tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, può non essere contenuta in alveo e generare fenomeni di esondazione; in tali circostanze i modelli descritti sono certamente applicabili, dando luogo a verifiche caratterizzate da adeguati margini di sicurezza, anche per portate superiori.

⁵ Schoklitsch A., „Stauraum Verlandung und kolkbewehr“; Springer ed., Wien, 1935.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 27 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

Pertanto, assumendo ai fini di calcolo $Q_{Max} = 137,02 \text{ m}^3/\text{s}$, in base alla geometria della sezione di attraversamento, si determina:

quota di contenimento nella sezione	20,00 m slm
quota della massima incisione	18,4 m slm
h_a	1,6 m
Z = 0,88 m	
pendenza locale in corrispondenza della sezione	0,75 %
H	1,92 m
a	0,03 m
larghezza idrica in sommità della sezione L	5,00 m
Q_{Max}	137,02 m^3/s
q	27,40 $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$
S = 1,73 m	

Pertanto si stimano approfondimenti potenziali pari a circa 1,73 m.

Sulla base delle valutazioni speditive condotte, con due distinti metodi di calcolo, valide in condizioni di fondo mobile, totalmente incoerente, e già comprendenti opportuni fattori di sicurezza, risulta la copertura minima di 1,5 metri progettualmente imposta per scavo su terreni, non necessaria per sopperire ai fenomeni di scalzamento indotti in corrispondenza della sezione di attraversamento, ragion per cui in fase di progettazione esecutiva verrà utilizzata una profondità di interramento minima di almeno **1,80 metri**.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 28 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

7 CONCLUSIONI

La realizzazione del metanodotto Collettore Terminale di Oristano, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del Fiume_24869, a monte della sua confluenza nel Fiume_24869 Localmente noto come Riu Roia Sa Murta.

Il tronco del corso d'acqua interessato dell'intervento risulta perimetrato in base alle elaborazioni idrauliche dello studio di compatibilità idraulica effettuato dal comune di Oristano ai sensi dell'Art 8 comma 2 delle NA del PAI ed approvato in consiglio comunale con Delibera n. 29 del 22/03/2016 e per il quale vigono le norme di salvaguardia, e ad esso sono associate condizioni di pericolosità idraulica Hi4.

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, è stata determinata la soluzione di progetto idonea per la collocazione in sub-alveo della tubazione, mediante la tecnica esecutiva di posa con scavo a cielo aperto, con immediato ripristino della situazione dei luoghi.

Presupposti di compatibilità idraulica

Conformemente a quanto stabilito dagli strumenti di pianificazione territoriale, gli interventi previsti dal progetto del metanodotto sono tali da garantire la conservazione delle funzioni e del livello naturale del corso d'acqua.

- L'attraversamento dell'alveo e delle aree di pertinenza sarà eseguito mediante posa a profondità compatibile con la dinamica fluviale, ma comunque con un franco minimo di ricoprimento pari a 1,80 metri. Non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno delle perimetrazioni.
- La costruzione del metanodotto rientra nel quadro generale del programma di distribuzione del gas naturale nella Regione Sardegna. È opera di interesse pubblico, essenziale per la funzione ad essa deputata e non diversamente localizzabile nelle sue linee generali; ciò in quanto il relativo progetto scaturisce dal confronto tra tutti i fattori condizionanti che caratterizzano i possibili corridoi di posa del metanodotto, sia in termini ambientali sia in termini esecutivi e, di conseguenza, identifica i siti di attraversamento dei corsi d'acqua in funzione delle esigenze di ottimizzazione del tracciato, nel rispetto del complesso dei vincoli cui il progetto stesso è assoggettato.
- Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, la configurazione geometrica della pipeline nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è tale da non precluderne l'esecuzione.
- Con riferimento alle Norme di attuazione del PAI Sardegna, l'intervento è progettato in modo da corrispondere alla tipologia di opere consentite in aree classificate a rischio idraulico.

Modalità esecutive

I lavori consisteranno essenzialmente nella posa della tubazione mediante scavo di trincea a cielo aperto. Saranno eseguiti in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua; l'intervento non apporterà restringimenti,

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 29 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

deviazioni dell'asta e modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, infatti, previsti idonei ripristini degli elementi spondali interessati e tutte le profilature saranno ristabilite con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali. Apposite attività consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Nello specifico:

- dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del fiume_24869 (Localmente noto come Riu Roia Sa Stoia), non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità;
- ovviamente, non si darà luogo ad alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle;
- anche durante le fasi lavorative, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori;
- la profondità di posa della tubazione in sub-alveo risulta pienamente commisurata all'esigenza di tutelare la tubazione stessa da eventuali fenomeni erosivi del fondo alveo, indotti dalla portata di massima piena duecentennale, e garantisce l'equilibrio del sistema di forze gravitative e idrauliche, permettendo di escludere qualsiasi interferenza tra tubazione e flusso della corrente.

Considerazioni conclusive

In ragione delle scelte progettuali e del sistema d'attraversamento, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni conclusive.

- *Assenza di modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo.* L'intervento non induce modifiche all'assetto morfologico dell'alveo inciso, sia dal punto di vista planimetrico sia altimetrico, garantendo il mantenimento delle caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.
- *Assenza di modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.* Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata con ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), non sarà determinato alcun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.
- *Assenza di riduzione della capacità d'invaso.* Le modalità esecutive previste non creeranno 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 sottrarranno capacità d'invaso.
- *Assenza di alterazione delle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.* Le modalità esecutive previste sono tali da non indurre effetti impattanti con il contesto naturale della regione fluviale, che possano pregiudicare in maniera "irreversibile" l'attuale assetto paesaggistico. Condizioni d'impatto sono limitate alle sole fasi di costruzione e per questo destinate a scomparire nel tempo, con la ricostituzione delle componenti naturalistiche ed ambientali.

In sintesi, l'intervento in progetto può ritenersi compatibile con le misure stabilite dagli strumenti di tutela dei corpi idrici e dal PAI Sardegna, sia per la natura dell'opera sia

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 37 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 30 di 30	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

per gli accorgimenti esecutivi previsti.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 1 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

METANIZZAZIONE REGIONE SARDEGNA TRATTO SUD

METANODOTTO COLL.TERMINALE DI ORISTANO
DN 650 (26") - DP 75 bar

ATTRAVERSAMENTO RIU TUMBOI **RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA**

0	Emissione	F. CALLAI F.FANELLI	M.FORNAROLI	V.FORLIVESI O.CORDA	29/06/2018
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 2 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Oggetto della relazione	3
1.2	Elaborati progettuali di riferimento	3
1.3	Definizioni	4
1.4	Normativa di Riferimento	5
2	PAI. DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA	6
3	AMMISSIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LE PREVISIONI DEL PAI	9
4	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	12
5	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	15
5.1	Lineamenti geologici e strutturali generali	15
5.2	Rappresentazione cartografica locale	18
5.3	Caratteri litologici e geomorfologici locali	19
5.4	Caratteri idrogeologici locali	20
6	ANALISI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI BASE	21
6.1	Caratterizzazione idrologica	21
6.2	Stima della portata di piena di riferimento	22
6.3	Valutazioni idrauliche preliminari	24
7	CONCLUSIONI	28

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 3 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

1 INTRODUZIONE

1.1 Oggetto della relazione

La realizzazione del metanodotto Collegamento Terminale di Oristano, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del corso d'acqua "Riu Tumboi", nel territorio del Comune di Oristano, nella provincia di Oristano.

L'identificazione nominale " Riu Tumboi" è data in base al reticolo idrografico della Regione Autonoma della Sardegna disponibile nel Data Base Multiprecisione (DBMP).

L'ottimizzazione planimetrica del tracciato e il profilo di posa della tubazione attraverso l'alveo del corso d'acqua sono stati individuati in funzione di valutazioni di tipo geomorfologico, geologico e idraulico. Tali valutazioni, basate su apposite indagini eseguite, hanno dato modo di acquisire le necessarie conoscenze sulle caratteristiche di dettaglio del corridoio individuato dal tracciato in progetto e sulle condizioni di stabilità delle aree da attraversare, ivi compreso il corso d'acqua di interesse. Gli aspetti idraulici e idrologici sono stati contemplati in conformità ai dati ed alle informazioni rese disponibili dagli strumenti di pianificazione territoriale di settore.

Nella presente relazione, in particolare, sono descritte le analisi condotte per la valutazione delle condizioni di compatibilità idraulica dell'attraversamento in sub-alveo e le relative conclusioni. Difatti, il tronco di diretto interesse del corso d'acqua ricade in zona perimetrata come area a pericolosità idraulica, secondo il PAI Sardegna; nello specifico la perimetrazione è indotta dall'analisi dell'assetto idraulico e geomorfologico esteso a tutto il territorio comunale eseguita dal comune di Oristano ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle NA del PAI, le norme di attuazione¹ di tale strumento di pianificazione territoriale, all'art. 21, stabiliscono, in linea generale, che le attività di progettazione di infrastrutture a rete o puntuali siano tali da garantire che gli interventi "conservino le funzioni e il livello naturale dei corsi d'acqua; non creino in aree pianeggianti impedimenti al naturale deflusso delle acque; prevedano l'attraversamento degli alvei naturali ed artificiali e delle aree di pertinenza da parte di condotte in sotterraneo a profondità compatibile con la dinamica fluviale". Oltre ciò il citato strumento di pianificazione locale stabilisce norme specifiche per gli interventi ammessi nelle aree identificate come soggette a pericolosità idraulica. La presente relazione tende a fornire, pertanto, la verifica di tale complesso di prescrizioni.

In relazione alle analisi condotte, è stato anche possibile stimare, in via preliminare, la profondità minima di posa della tubazione affinché sia tale da garantirne la sicurezza nei riguardi degli effetti erosivi che potrebbero verificarsi sul fondo d'alveo.

1.2 Elaborati progettuali di riferimento

Per le caratteristiche progettuali dell'attraversamento, comprendenti le specifiche geometriche e strutturali della condotta, il profilo di posa della stessa, nonché gli elementi tipologici e dimensionali dell'intervento previsto, la presente relazione ha riferimento negli elaborati di seguito elencati:

¹ Regione Autonoma della Sardegna, Direzione generale agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna; "Piano assetto idrogeologico. Norme di attuazione"; Testo coordinato, Febbraio 2018.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 4 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

- MET. COLLEGAMENTO TERMINALE DI ORISTANO DN 650 (26") - PLANIMETRIA "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PERICOLOSITÀ IDRAULICA" 1:10.000, PG PAI 303.

A tali elaborati si rimanda per quanto non espressamente descritto nella presente relazione e per ogni correlato approfondimento.

1.3 Definizioni

Metanodotto

Accezione convenzionale associata ad una specifica tipologia di gasdotto, che identifica una condotta di considerevole importanza per il trasporto del gas tra due punti di riferimento. È designato con i nomi dei comuni o delle località dove l'opera ha origine e fine, e in relazione alla finalità del trasporto.

Linea o Condotta

Insieme di tubi, curve, raccordi, valvole ed altri pezzi speciali, uniti tra loro per il trasporto del gas; a sviluppo interrato ma comprensiva di parti fuori terra.

Punti di intercettazione

In accordo alla normativa vigente (DM 17.04.08), la condotta sarà sezionabile in tronchi mediante apparecchiature di intercettazione (valvole) denominate:

- Punto di intercettazione di derivazione importante (PIDI) che, oltre a sezionare la condotta, ha la funzione di consentire sia l'interconnessione con altre condotte, sia l'alimentazione di condotte derivate dalla linea principale;
- Punto di intercettazione di linea (PIL), che ha la funzione di sezionare la condotta interrompendo il flusso del gas;

"Pig" di ispezione

Strumento costituito da affusto metallico, dischi di poliuretano, induttori e sensori, avente la funzione di rilevare, localizzare e dimensionare le caratteristiche della condotta.

Stazione di lancio e/o ricevimento "pig"

Area recintata contenente un complesso di dispositivi idonei al lancio e/o ricevimento dei "pig".

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 5 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

1.4 Normativa di Riferimento

Per quanto di seguito descritto, in relazione alla progettazione dell'opera ed alle analisi di compatibilità condotte, si ha riferimento negli strumenti normativi e documenti tecnici di seguito elencati.

Criteria generali di progettazione del metanodotto

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

Pianificazione territoriale di settore

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale, PAI Sardegna, redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge 180/1998, approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006. Norme di attuazione testo coordinato "Febbraio 2018";
- Piano di gestione del rischio di alluvioni, redatto in recepimento della direttiva 2007/60/CE e del relativo D.Lgs. 23/02/2010 n. 49, predisposto, revisionato e aggiornato dall'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016,
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) - adottato in via definitiva dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013;
- *Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica dell'intero territorio comunale, ai sensi dell'art. 8 c. 2 delle norme di attuazione del PAI, finalizzata al PUC*, adottato con delibera del consiglio comunale di Oristano n. 29 del 22.03.2016.

Aspetti generali di carattere ambientale e idraulico

- D.Lgs. 03/04/2006 n.152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- D.Lgs. 23/02/2010 n. 49. Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- R.D. 11/12/1933, n. 1775 e ss.mm.ii. Testo unico delle disposizioni sulle acque e sugli impianti elettrici.
- L. 05/01/1994 n.37. Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche.
- D.Lgs. 22/01/2004 n. 42 e ss.mm.ii. Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n.137.

Aspetti geotecnici

- D.M. Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», emesse ai sensi delle leggi 05/11/1971, n. 1086, e 02/02/1974, n. 64, riunite nel "Testo Unico per l'Edilizia" di cui al D.P.R. 06/06/2001, n. 380, e dell'art. 5 del Decreto Legge 28/05/2004, n. 136, convertito in Legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004, n. 186 e ss.mm.ii.
- UNI EN 1997-1, Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 6 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

2 PAI. DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA

Con deliberazione n. 45/57 in data 30.10.1990, la Giunta Regionale suddivide il Bacino Unico Regionale in sette Sub-Bacini, già individuati nell'ambito del Piano per il Razionale Utilizzo delle Risorse Idriche della Sardegna (Piano Acque) redatto nel 1987.

L'intero territorio della Sardegna è suddiviso in sette sub-bacini, ognuno dei quali, pur con forti differenze di estensione territoriale, è caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche.

Sulla base di questa suddivisione, il tracciato del Matanodotto tratto Sud interessa il Sub-Bacino 2 "Tirso", il Sub-Bacino 7 "Flumendosa – Campidano - Cixerri" ed il Sub-Bacino 1 "Sulcis". (Figura 2.1)

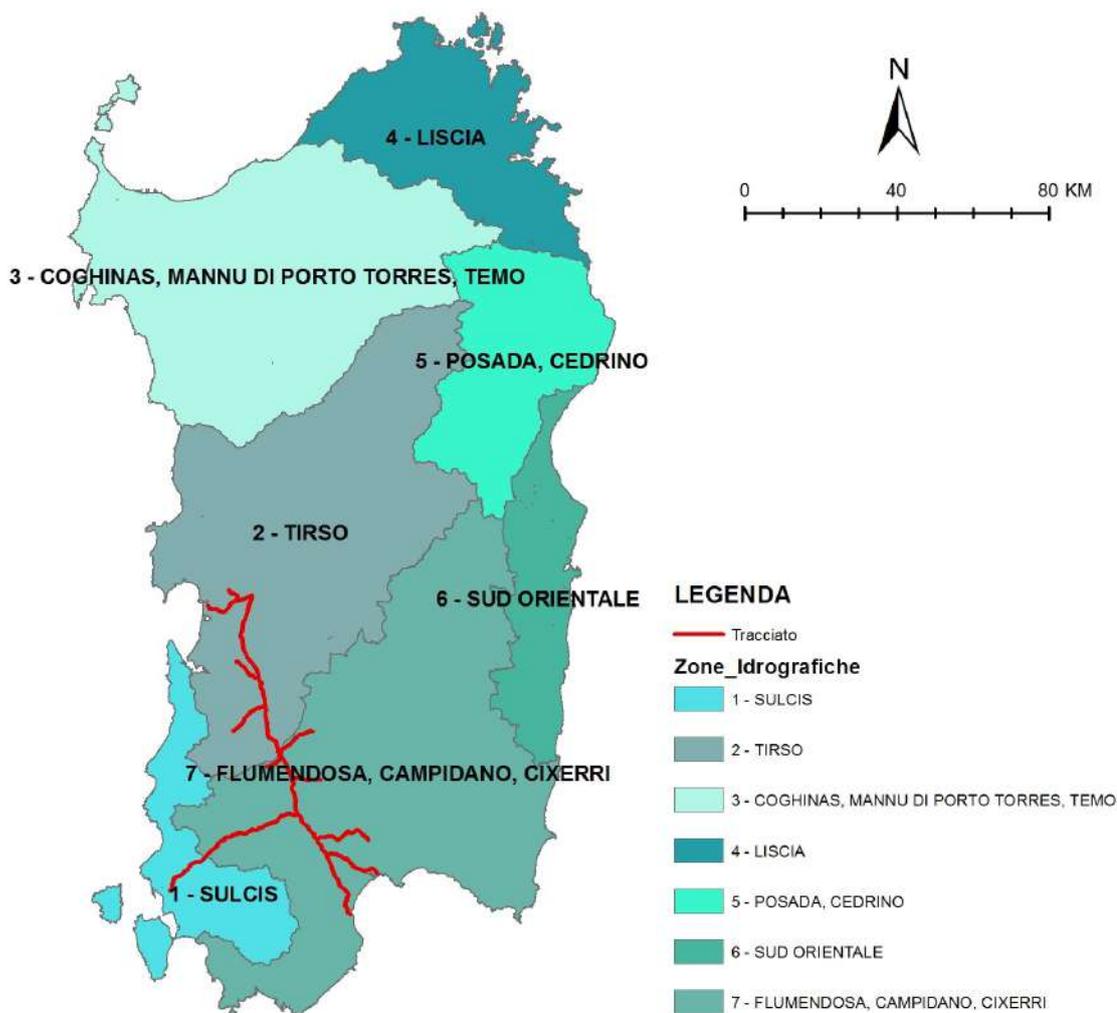


Figura 2.1: Suddivisione del territorio regionale nei 7 in Sub-Bacini, con inserito il tracciato dell'opera in progetto.

In data 11.03.2005 viene pubblicato sul B.U.R.A.S. il Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici n. 3 del 21.02.2005 con il quale è stata resa esecutiva la Deliberazione n.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 7 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

54/33 assunta in data 30.12.2004 dalla Giunta Regionale, in qualità di Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino.

Con tale deliberazione cui è stato adottato il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (in seguito denominato P.A.I.), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998.

In conformità con quanto previsto dalle Norme di Attuazione del P.A.I., Titolo III "Controllo del Rischio nelle Aree di Pericolosità Idrogeologica", Capo I – "Norme Comuni per la disciplina degli Interventi nelle Aree di Pericolosità Idrogeologica", articolo 23 comma 6 lettera b, gli interventi e le opere ammissibili nelle aree di pericolosità idrogeologica molto elevata, elevata e media sono effettivamente realizzabili subordinatamente alla presentazione, alla valutazione positiva e all'approvazione dello Studio di Compatibilità Idraulica o Geologica e Geotecnica di cui agli articoli 24 e 25 delle stesse N.d.A. del P.A.I.

Con la pubblicazione del testo coordinato delle N.d.A. del P.A.I. edizione Febbraio 2018, le modifiche apportate all'articolo 21 e nello specifico al comma 2, lo studio di compatibilità idraulica per le opere di attraversamento degli alvei non è richiesto.

Ciò nonostante viene richiesto al soggetto attuatore di sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese le condotte qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico, ragion per cui con il presente studio si intende calcolare lo scalzamento massimo, ovvero, la minima profondità di interrimento del metanodotto in progetto al fine di evitare fenomeni di messa a giorno della condotta dovuti a diversi fenomeni di erosione del fondo alveo.

L'individuazione delle aree a pericolosità idraulica che interferiscono con il tracciato del metanodotto è stata condotta in riferimento alla cartografia del P.A.I. pubblicata dalla R.A.S. sul sito web "SardegnaGeoportale" da cui è possibile scaricare gli shapefile dei dati del DB Unico del S.I.T.R.. Gli shapefile consultati sono: "Pericolo Idraulico Rev.41" e "Art.8 Hi V.09" entrambi caricati sul portale in data 31.01.2018.

L'analisi è stata condotta anche in riferimento alla cartografia Piano di Gestione Rischio Alluvioni (di seguito P.G.R.A.) aggiornata al 2016 che, eseguendo un involucro delle perimetrazioni delle aree caratterizzate da pericolosità idraulica mappate nell'ambito della predisposizione del PAI e sue varianti e di studi derivanti dall'applicazione dell'Art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, aggiornate alla data del 31.12.2016, armonizza è uniforme in un unico elaborato i dati suddetti.

Inoltre la cartografia sopra descritta è stata implementata con il reperimento delle carte di pericolosità idraulica redatte dai singoli comuni ai sensi dell'Art.8 c.2 delle N.d.A. del PAI, per le quali vigono le norme di salvaguardia.

Il risultato finale dell'analisi dei vari strumenti di pianificazione in campo idrogeologico è stata la redazione della cartografia di involucro delle varie pericolosità, considerando per le aree perimetrate da diversi strumenti di pianificazione il livello di pericolosità maggiore (Hi max).

Il corso d'acqua oggetto della presente relazione viene meglio inquadrato nella carta PG PAI 303 - MET. COLLEGAMENTO TERMINALE DI ORISTANO DN 650 (26") - PLANIMETRIA "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – PERICOLOSITÀ IDRAULICA" 1:10.000, di cui si riporta di seguito uno stralcio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 8 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

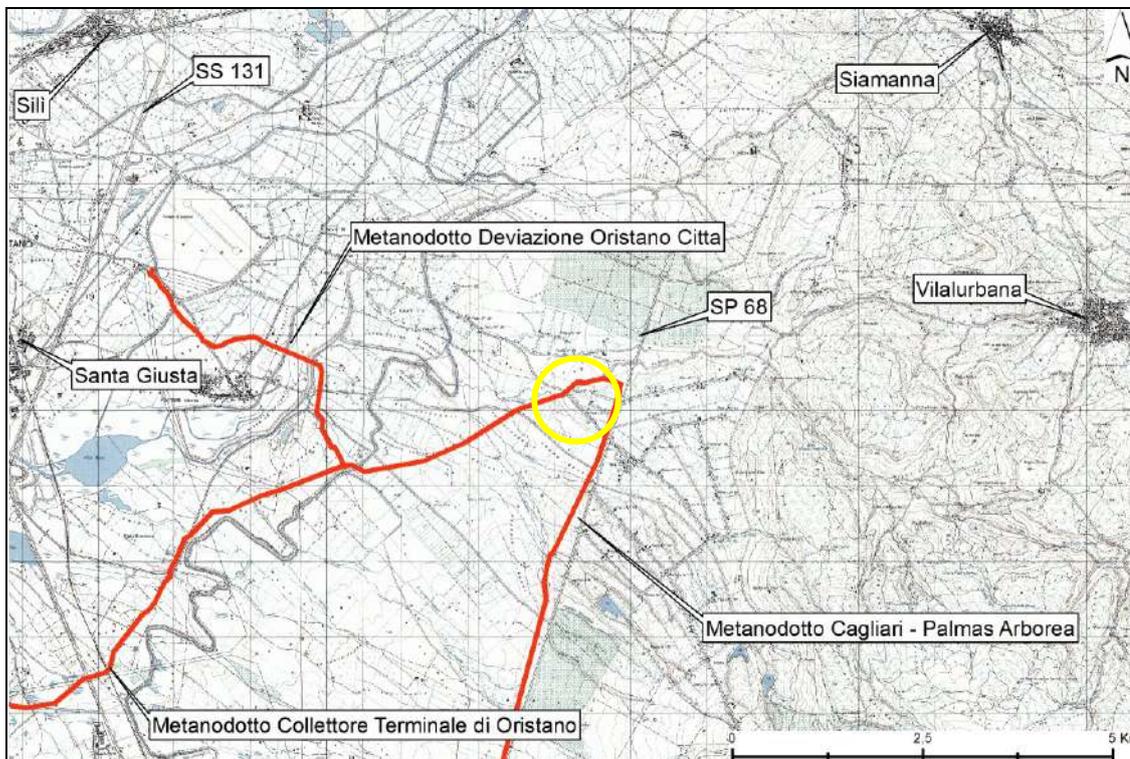


Figura 2.2 : Inquadramento territoriale dell'area in cui avverrà l'attraversamento in sub alveo.

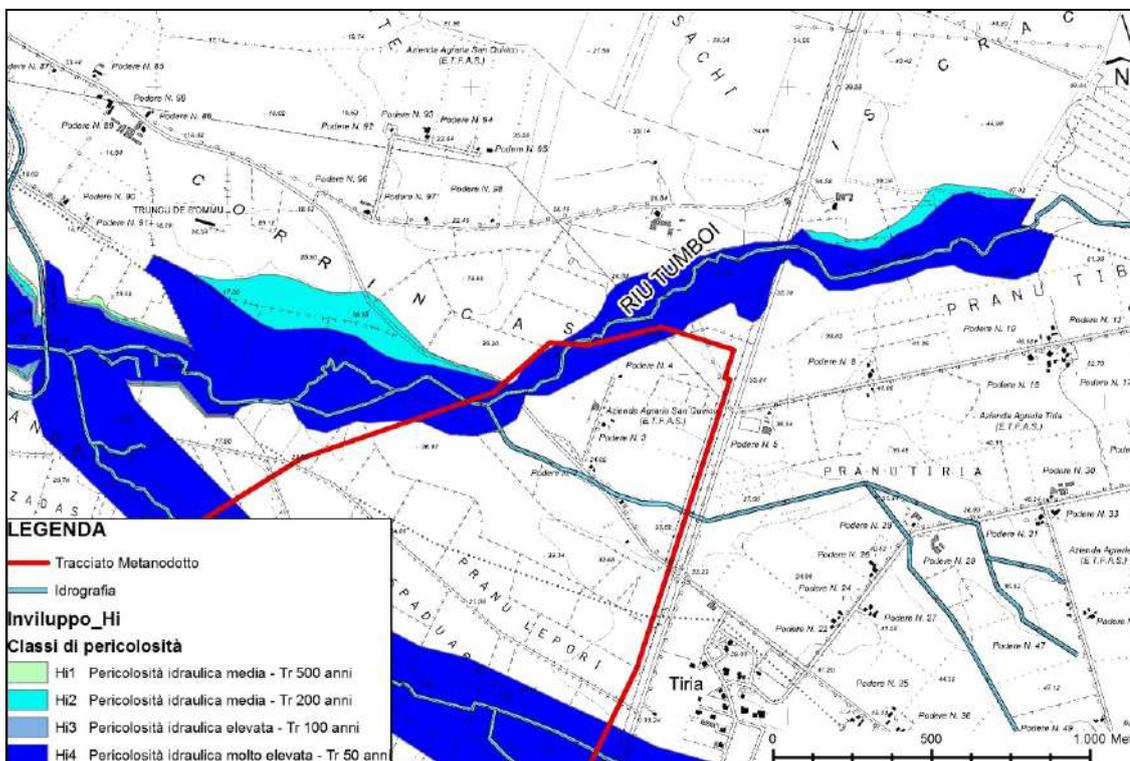


Figura 2.3 : Inviluppo di pericolosità idraulica con evidenziata in giallo l'area in studio, per maggiori dettagli Tavola PG PAI 303.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 9 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

3 AMMISSIBILITÀ DEGLI INTERVENTI CON LE PREVISIONI DEL PAI

L'intersezione tra il metanodotto Collegamento Terminale Di Oristano è il reticolo idrografico avviene in corrispondenza del Riu Tumboi nel territorio comunale di Oristano, in corrispondenza di un'area a pericolosità idraulica Hi4, perimetrata successivamente allo studio idraulico redatto dal comune di Oristano, esteso a tutto il territorio comunale, ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle NA del PAI.

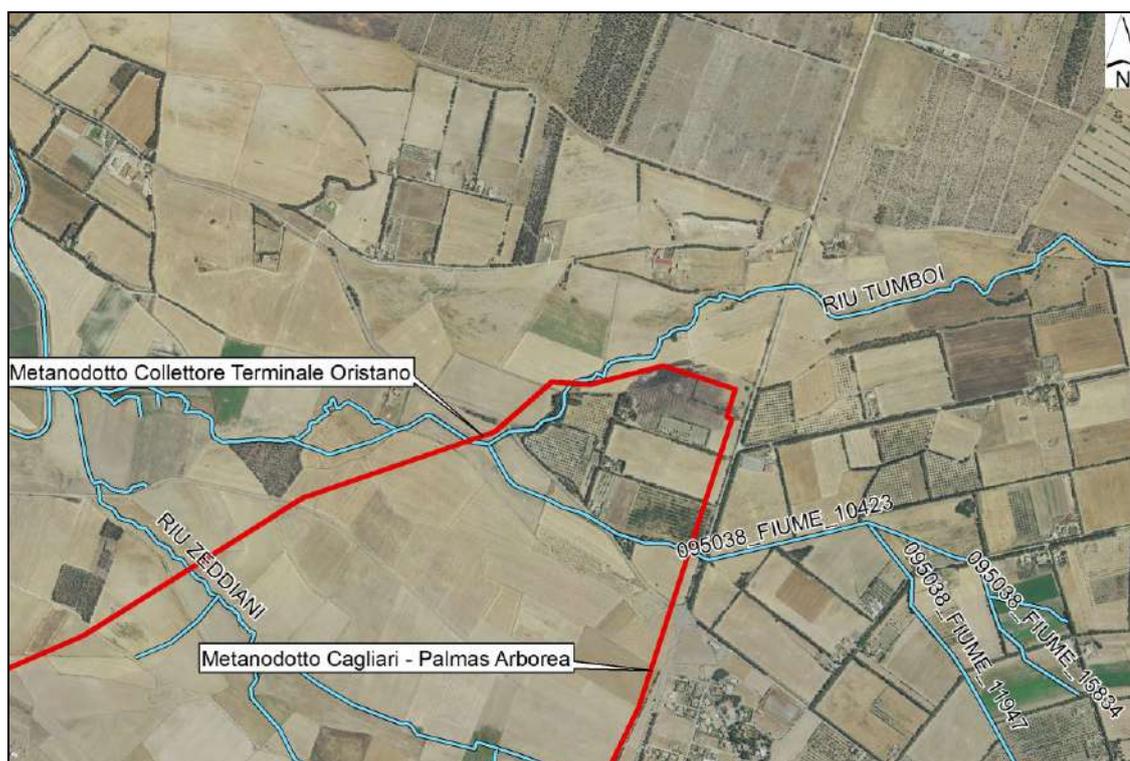


Fig. 3.1 - Rappresentazione dell'intervento su base ortofoto RAS 2016

La sezione progettualmente definita per l'attraversamento in sub-alveo interessa "Riu Tumboi" in un tronco vallivo, a monte dell'immissione nello stesso del Fiume 24869 e della confluenza nel "Riu Merd'e Cani" in territorio del comune di Palmas Arborea; qui l'alveo inciso scorre in una zona pianeggiante, generalmente compresa tra 20÷15 m s.l.m., in località "Corrincas".

Il metanodotto Collegamento Terminale Di Oristano, rientra nel quadro generale dell'intervento di distribuzione del gas naturale nella Regione Sardegna. L'opera, nel cui quadro esecutivo generale ricade l'intervento qui descritto, è prevista dagli strumenti nazionali e regionali di pianificazione energetica. In particolare, il Piano Energetico Ambientale della Regione Sardegna 2015-2030 (P.E.A.R.S., obiettivo OS2.3, pag. 51 e cap. 12) individua la metanizzazione tra le scelte fondamentali, sulla base delle direttive e delle linee di indirizzo definite dalla programmazione comunitaria, nazionale e regionale, e identifica l'utilizzo del gas naturale, quale vettore energetico fossile di transizione, come strumento mirato alla sicurezza energetica della Regione. Inoltre, l'opera di metanizzazione della Sardegna è esecutivamente definita, come tema centrale della politica energetica nazionale, nel documento che delinea la Strategia Energetica Nazionale (S.E.N. 2017, allegato II, Ministero dello Sviluppo Economico e Ministero dell'ambiente e della tutela del

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 10 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

territorio e del mare), che ne ha determinato gli aspetti concreti di fattibilità, in coerenza con il Piano energetico regionale. Il sistema delle risorse finanziarie, ordinarie ed aggiuntive, a tal fine identificate, è specificatamente delineato nel Patto per lo Sviluppo della Regione (Patto per lo sviluppo della regione Sardegna, Attuazione degli interventi prioritari e individuazione delle aree di intervento strategiche per il territorio, 29 luglio 2016), sottoscritto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri e dalla Presidenza della Regione Sardegna.

Come di seguito più dettagliatamente illustrato, il tracciato del metanodotto deriva da un accurato studio del territorio, come risultato finale di una serie di possibili corridoi tra loro alternativi. Il tracciato di progetto scaturisce, infatti, dal confronto tra tutti i fattori condizionanti che caratterizzano detti corridoi, sia in termini ambientali sia in termini esecutivi; costituendo la sintesi che permette di minimizzare ogni possibile impatto, garantendo, nel contempo, opportune condizioni di esercizio, di controllo e di manutenzione dell'opera.

Il progetto in questione rientra quindi tra quelle opere infrastrutturali non vincolate da prescrizioni che ne impediscono la realizzazione in senso assoluto, purché sia accertabile che gli effetti sull'assetto morfologico-idraulico del corso d'acqua non determinino modificazioni sostanziali rispetto alle condizioni fisiche e idrologiche locali preesistenti, e l'opera non alteri i fenomeni idraulici naturali. Nella presente relazione un apposito capitolo descrive il dettaglio delle modalità esecutive previste per la posa della tubazione interrata, al fine di consentire un diretto riscontro con riferimento a dette condizioni.

Come esposto successivamente, in progetto non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno delle perimetrazioni.

Le opere in progetto consisteranno essenzialmente nella posa in sub-alveo della tubazione per il trasporto del gas, e saranno eseguite in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua. L'intervento non apporterà variazioni delle condizioni idrauliche dell'alveo, non si realizzeranno restringimenti, deviazioni dell'asta o modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, inoltre, previsti idonei ripristini degli elementi d'argine, interessati dai lavori di posa del metanodotto. In particolare, si ristabiliranno le condizioni di delimitazione dell'alveo attualmente esistenti; tutte le profilature saranno ripristinate con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali; apposite attività di ripristino vegetazionale consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Per quanto attiene all'eventuale diversa localizzabilità dell'intervento, come in precedenza introdotto, il tracciato del metanodotto, sia in base alle leggi vigenti sia in base a norme specifiche di qualità tecnica progettuale e costruttiva, è il risultato dell'analisi comparativa di diverse soluzioni e di diversi possibili corridoi di esecuzione. La scelta definitiva del tracciato dipende, infatti, da numerosi fattori:

- compatibilità con il contesto insediativo del territorio e con le previsioni di sviluppo urbanistico;
- interferenze con aree soggette a condizioni di salvaguardia ambientale o soggette a specifiche forme di tutela e con aree ecologicamente sensibili;
- esigenza di parallelismo con altri gasdotti o con altre infrastrutture a sviluppo lineare, presenti nel territorio, quali oleodotti, elettrodotti, strade, canali, ecc., al

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 11 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

fine di concentrare la presenza di infrastrutture lineari sul territorio;

- stabilità dell'opera in relazione a condizioni di pericolosità di natura geologica, geomorfologica e alla natura dei terreni;
- necessità di definire la posizione dei punti di linea, degli impianti, delle centrali e dei nodi di smistamento, tenendo presente le esigenze di accessibilità agli stessi, per il personale ed i mezzi necessari alla sorveglianza, all'esercizio ed alla manutenzione;
- distanze di sicurezza da nuclei abitati e da fabbricati destinati a collettività e a concentrazione di persone, distanze di sicurezza da singoli fabbricati ivi compresi quelli destinati a presenza di persone solo occasionale;
- distanze di rispetto da aree per le quali vigono limiti imposti a tutela di opere militari, di installazioni permanenti e semipermanenti di difesa, di campi di esperienze e poligoni di tiro;
- distanze di rispetto nei confronti di altre condotte interrate, di linee elettriche aeree e interrate, di officine elettriche, di sottostazioni di trazione elettrica, di linee ferroviarie e ferrotranviarie e delle relative opere d'arte;
- specifiche modalità di attraversamento delle infrastrutture stradali;
- distanze di rispetto da cave e da aree dedicate a scavi in genere, per ricerca o estrazione di sostanze minerali;
- idoneità dei siti di esecuzione in relazione alle condizioni di sicurezza nei confronti di terzi e degli operatori preposti alla esecuzione.

In base a quanto sinteticamente elencato (che non costituisce l'intero complesso di elementi condizionanti la scelta del tracciato), sono stati identificati i siti di attraversamento dei corsi d'acqua, la cui localizzazione risponde alle esigenze di ottimizzazione del tracciato, nel rispetto del complesso dei vincoli cui esso è assoggettato. La soluzione determinata progettualmente è comunque sempre strutturata in modo da evitare alterazioni della conformazione dei corsi d'acqua.

Nello specifico, dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del "Riu Tumboi", non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità. Considerata inoltre la natura degli interventi, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle.

Come di seguito riportato, la profondità di posa in sub-alveo e i potenziali effetti delle massime portate al colmo, attestati dalle modellazioni numeriche condotte in fase di progettazione, risultano pienamente compatibili.

Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, non è possibile che la realizzazione dell'attraversamento in sub-alveo, alla profondità di sicurezza determinata, possa in alcun modo esserne di ostacolo.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 12 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, di seguito descritte, è stata determinata la soluzione di progetto idonea per la collocazione in sub-alveo della tubazione, mediante la tecnica esecutiva di scavo a cielo aperto della trincea di posa. Si specifica che, sia a tutela delle infrastrutture da realizzare sia per il rispetto dei criteri generali delle Norme di attuazione del PAI, non verranno realizzate infrastrutture (trappole e punti di linea) nelle aree inondabili ai margini dell'alveo ove risultano perimetrate specifiche condizioni di pericolosità idraulica, quindi saranno del tutto assenti opere fuori terra, che possano incidere sul deflusso di portate eccezionali.

L'attraversamento in sub-alveo è previsto in un tratto del "Riu Tumboi" in cui l'alveo si presenta inciso con tracciato leggermente meandriforme a monte dell'immissione dello stesso torrente nel Riu Merd'e Cani nel territorio comunale di Palmas Arborea.

La condotta attraverserà il corso d'acqua con direzione ENE-WSW, in un tronco d'alveo a fondo sostanzialmente piatto, con larghezza pari a circa 5 metri. L'alveo è confinato tra scarpate lievemente acclivi ricoperte da vegetazione prevalente erbacea e arbustiva con meno diffusi individui arborei.

La metodologia esecutiva dell'attraversamento consisterà sostanzialmente

- nello scavo di una trincea lungo il profilo di progetto del metanodotto nella sezione prestabilita del corso d'acqua, fino al raggiungimento delle quote di posa,
- nell'assemblaggio, in prossimità del sito di intervento, delle barre di tubazione trasportate dallo stabilimento di produzione e nel successivo alloggiamento in fondo-scavo;
- nel rinterro degli scavi e nel contestuale ripristino morfologico dell'area, ivi comprese le eventuali opere di protezione idraulica ivi presenti.

Tale sistema di realizzazione è caratterizzato dalla adattabilità delle metodologie costruttive alle specifiche condizioni del corso d'acqua; soprattutto per quanto attiene all'utilizzo dei mezzi operativi ed alle sequenze delle fasi di scavo, posa e rinterro della tubazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 13 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035



Fig. 4.1- Rappresentazione fotografica dell'alveo in prossimità del tronco sede di attraversamento

Di norma, le attività preliminari prevedono il taglio della vegetazione presente nell'ambito dell'area da occupare temporaneamente con i lavori e nella asportazione del terreno vegetale lungo l'asse di posa fuori alveo. Quest'ultimo viene accantonato al bordo pista per essere riposizionato nelle fasi conclusive dei ripristini.

L'ampiezza della pista di lavoro, ottenuta, ove necessario, livellando il terreno ai lati del tracciato, è determinata in base al diametro della condotta, tenuto conto delle caratteristiche morfologiche dei terreni, del contesto ambientale e di eventuali particolarità inerenti le modalità esecutive dei lavori. Nell'ambito di quest'area sono eseguite le attività per il montaggio della tubazione e viene depositato il terreno di scavo.

In relazione alle specifiche caratteristiche idrauliche del corso d'acqua, al periodo climatico di esecuzione, ai volumi di deflusso attesi nel corso delle operazioni esecutive ed alla durata delle stesse, la sequenza operativa dei lavori può essere articolata con uno dei seguenti modi:

- lavori in continuità con quelli di linea; tale procedura riguarda l'attraversamento di corsi d'acqua "poco importanti" (in relazione all'aspetto idraulico, alla morfologia dei terreni e a rischi di tipo operativo) o caratterizzati da periodi di "secca" o di magra, anche se di breve durata; in tali condizioni i lavori di scavo, posa e rinterro della condotta vengono effettuati in continuità con quelli lungo la linea; in genere si tratta di torrenti, o canali, caratterizzati da modesti valori di portata, che pertanto non necessitano di una specifica struttura atta a consentirne il minimo deflusso, che può essere garantito mediante dispositivi ordinari;
- lavori per "fasi chiuse"; tale procedura prevede che si completi ogni fase prima dell'inizio della successiva; eseguendo in progressione scavo, posa della condotta e rinterri; questa sequenza viene adottata ogni qualvolta è necessario garantire lo

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 14 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

smaltimento di un'eventuale portata non trascurabile, che dovesse manifestarsi durante la costruzione.

Durante le fasi lavorative con le tecniche costruttive sopracitate, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori.

Le dimensioni delle sezioni di scavo sono progettualmente definite in base al diametro della condotta, alla profondità di posa, alle caratteristiche geotecniche del terreno. Per profondità piuttosto elevate e quando la configurazione idraulica lo consente, sono effettuati scavi di pre-sbancamento preliminari ma per profondità limitate, come nel caso di interesse, gli scavi a sezione obbligata sono in genere di sezione trapezia con angolo di inclinazione delle pareti subordinato, come detto, alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni attraversati.

In prossimità dell'alveo si rilevano i sedimenti della piana alluvionale in cui scorre il corso d'acqua, costituiti prevalentemente da sabbie e sabbie limose con ghiaie e ciottoli poligenici ed eterometrici. Per il rinterro della tubazione posata in trincea, si prevede sia utilizzato totalmente il materiale di risulta, accantonato ai margini della pista di lavoro all'atto dello scavo; per cui non si darà luogo ad alterazioni della permeabilità in alveo e lungo l'asse di posa della tubazione.

Al termine del complesso dei lavori necessari per dare l'opera finita si, ristabilirà l'originale conformazione plano-altimetrica delle aree interessate, senza alcuna modificazione della sezione idrica offerta al deflusso di piena. In tal modo, l'intervento in progetto non apporterà alterazioni alle condizioni geometriche ed idrauliche dell'alveo. Considerata inoltre la natura dei lavori, non si prevede alcuna variazione delle condizioni di scabrezza dei terreni e pertanto non si darà luogo ad alcuna alterazione della capacità di laminazione naturale dell'alveo e della portata naturalmente rilasciata a valle: l'opera risulta ininfluenza sulle condizioni di smaltimento delle portate del corso d'acqua

Apposito collaudo del tronco di attraversamento sarà effettuato riempiendo la tubazione con acqua, sottoposta, secondo predefinite specifiche tecniche, a pressione corrispondente al raggiungimento dei valori delle sollecitazioni ammissibili di progetto.

Le modalità esecutive, la profondità stabilita per la posa in trincea e gli specifici accorgimenti previsti consentiranno il ripristino morfologico dei luoghi senza alcuna condizione di rischio da potenziali fenomeni erosivi del deflusso di piena; cosicché, oltre a non potersi avere interferenza diretta tra la condotta ed i deflussi fluviali, si eviteranno anche alterazioni al naturale scorrimento delle acque meteoriche e nella circolazione idrica sotterranea.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 15 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Il progetto della rete di metanodotti e degli impianti ad esso connessi contempla lo studio geologico e morfologico del territorio d'interesse al fine di:

- fornire una descrizione dell'ambiente geologico nel quale saranno realizzate le opere in progetto;
- rappresentare le unità litostratigrafiche locali, con particolare riferimento ad una fascia di un chilometro entro cui si prevede il tracciato della tubazione e la localizzazione degli impianti;
- acquisire informazioni sulle condizioni generali di stabilità del territorio interessato dalle esecuzioni;
- caratterizzare le condizioni locali di pericolosità geologica ed idraulica.

Per tali scopi, è stato descritto l'assetto geologico-strutturale di insieme, analizzato in dettaglio l'assetto litostratigrafico locale e valutato le situazioni di potenziale criticità presenti nell'area di intervento oggetto della presente relazione.

5.1 Lineamenti geologici e strutturali generali

Nell'ambito degli obiettivi del presente lavoro viene sinteticamente illustrato l'insieme di avvenimenti che hanno portato all'attuale configurazione geo-strutturale del settore sud-occidentale della Sardegna, attraversato dal tracciato del gasdotto, comprendente il Sulcis-Iglesiente e l'intera area del Campidano.

Le successioni litologiche più antiche (Cambriano Inferiore - Carbonifero inferiore), costituenti il basamento metamorfico-cristallino dell'isola, fanno parte di un segmento della catena Varisica europea, oggetto di intense deformazioni plicative polifasiche, metamorfismo sin-cinematico e un importante magmatismo post-collisionale (Batolite Sardo-Corso).

Nell'ambito del settore di interesse, le rocce costituenti il basamento Paleozoico metamorfico affiorano estesamente lungo il margine occidentale della piana del Campidano, nelle regioni storico geografiche del Sulcis-Iglesiente e nell'ampia vallata del Rio Cixerri, mentre lungo il margine orientale del Campidano queste sono presenti solo in limitati settori (es: Sardara, Villagrega). Le unità intrusive tardo varisiche, che intrudono il basamento metamorfico dando origine al Batolite Sardo-Corso, affiorano diffusamente sia nel Sulcis sia nel Villacidrese-Arburese. Nel Carbonifero superiore e nel Permiano la Sardegna, trovandosi in prevalenti condizioni di continentalità e di relativa stabilità tettonica, si caratterizza per presupposti deposizionali favorevoli alla sedimentazione entro bacini lacustri e/o fluvio-lacustri, che nel settore SW dell'isola ha lasciato tracce soprattutto nell'Iglesiente (es: Campo Pisano, San Giorgio); nell'Arburese (settore di Scivu, Punta Acqua Durci) sono invece presenti testimonianze dell'intenso vulcanismo a carattere ignimbrítico e composizione riodacitica sempre del Permo-Carbonifero.

Nel Mesozoico, la Sardegna si presentava come una vasta area cratonica relativamente stabile e parzialmente sommersa dal mare, dove si instaurano le condizioni che portano alla formazione di potenti successioni sedimentarie carbonatiche di ambiente marino che nel sud dell'isola interessano in modo discontinuo solo limitati settori, attualmente individuabili nell'area costiera del Sulcis-Iglesiente (es: Isola di Sant'Antioco, zona di Porto Pino) e dell'Arburese in

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 16 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

rappresentanza di una originaria maggiore diffusione che trova la sua prosecuzione naturale della Nurra (es.: Capo Caccia e dintorni).

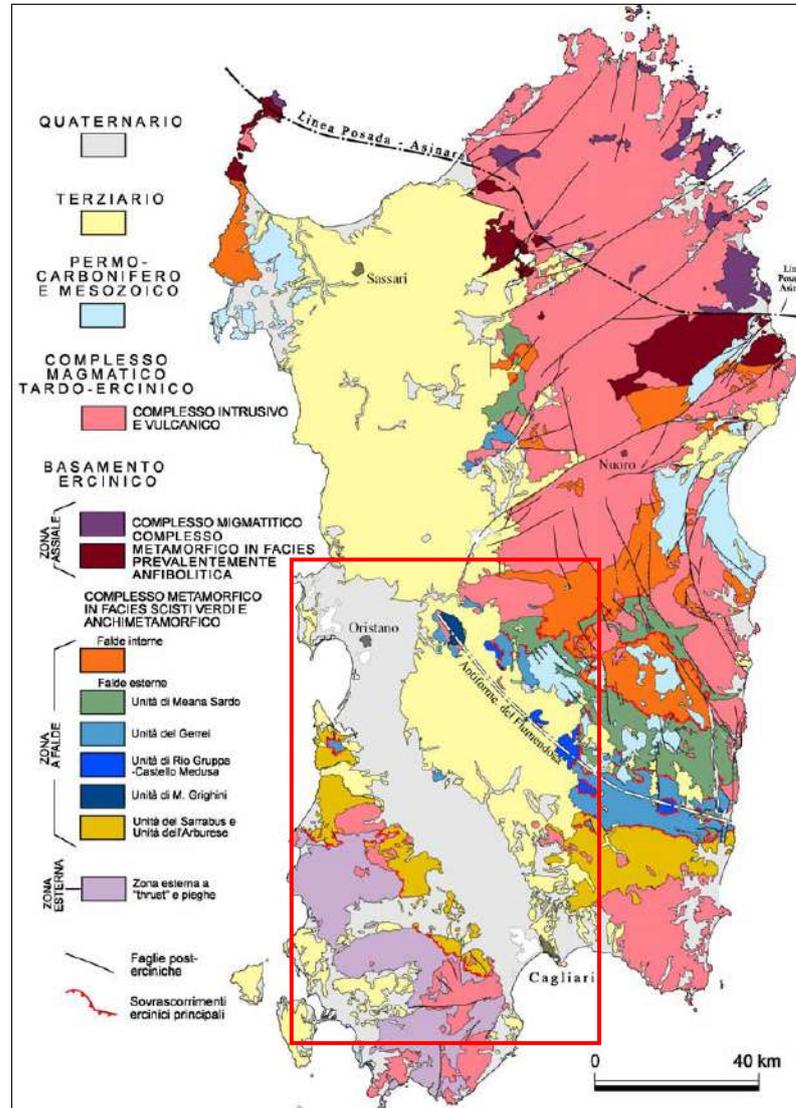


Figura 5.1: Schema geologico-strutturale della Sardegna, il rettangolo di colore rosso indica l'area di indagine.

Durante il Terziario, benché al di fuori della zona orogenica alpina in s.s., l'isola si trova ai margini di due aree caratterizzate da altrettanto importanti fenomeni orogenici che hanno portato alla formazione dei Pirenei e degli Appennini. Nell'Eocene medio infatti, la fase orogenica pirenaica induce nella Sardegna (che allora faceva ancora parte del margine continentale sud-europeo) deformazioni che pongono fine alla sedimentazione marino-paralica (F.ni del Miliolitico e del Lignifero) attivatasi nel settore sulcitano già a partire dal Paleocene e protrattasi per tutto l'Eocene inferiore determinando, conseguentemente, la messa in posto dei sedimenti detritici fluviali (F.ne del Cixerri) alimentati dal settore pirenaico che si spingono sino all'attuale bordo del Campidano orientale (Villagreca- Monastir-Furtei). Durante la fase collisionale nord-appenninica la Sardegna è interessata da una tettonica prevalentemente

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 17 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

trascorrente (prima transpressiva e successivamente transtensiva) che nell'Oligocene superiore-Aquitano determina l'insacco di un intenso magmatismo a carattere calcoalcalino (sistema arco-fossa) e la formazione di bacini di sedimentazione dapprima continentale evolutasi poi in transizionale e marina, con una diversificazione di facies strettamente connessa con l'evoluzione sin tettonica del margine sud europeo. Nella Sardegna sud-occidentale i depositi corrispondenti, appartenenti al primo ciclo di sedimentazione del bacino oligo-miocenico e individuati con i nomi di F.ne di Ussana, F.ne di Nurallao, F.ne della Marmilla e F.ne dei Calcari di Villagrecia, sono osservabili soprattutto nelle sub-regioni della Marmilla, Trexenta, Parteolla e solo limitatamente nell'Arburese (Arcuentu) spesso associate o precedute da manifestazioni vulcaniche sia subaeree sia sottomarine, mancando del tutto nel Sulcis-Iglesiente.

I depositi magmatici risultano invece particolarmente diffusi nel distretto sulcitano, comprese le isole di San Pietro e San'Antioco e nel settore di Sarroch-Pula. Altre importanti manifestazioni vulcaniche legate a questa fase tettonica sono ben osservabili nel Guspinese-Arburese (Monte Arcuentu) nonché in prossimità dei bordi occidentali e orientali della piana del Campidano (Monastir-Furtei).

Un'interpretazione in chiave di riattivazione distensiva dei lineamenti trascorrenti più antichi (pirenaici?) può essere prospettata anche per la parte sud-occidentale (Iglesiente-Sulcis) della Sardegna. Gli elementi strutturali principali in quest'area sono costituiti da due bassi strutturali allungati in direzione E-W, che da S verso N sono: il Bacino di Narcao e la Fossa del Cixerri. I bassi strutturali sopra descritti, un tempo interpretati come propagazioni laterali della "Fossa sarda", sono attualmente considerati dagli Autori come sinclinali di crescita sviluppatesi all'interno di una zona compresa tra due faglie trascorrenti destre orientate NW che, come accennato in precedenza, non contengono testimonianze della sedimentazione oligo-miocenica.

Il collasso gravitativo dell'Orogene nord-appenninico durante la fine dell'Aquitano ed il Burdigaliano, porta all'instaurarsi di una tettonica estensionale che conduce ad un'importante fase di rifting (già di impostazione oligocenica), che favorì la separazione e la migrazione verso Sud-Est del blocco Sardo-Corso dal Margine Sud-Europeo e la formazione della "Fossa Sarda" o "rift oligomiocenico sardo" degli Autori. Si tratta di un'estesa depressione tettonica, che dal golfo di Cagliari giunge sino a quello dell'Asinara, sede di una potente sedimentazione prevalentemente marina policiclica caratterizzata dall'alternanza di facies marine-transizionali e continentali che perlomeno sino al Langhiano sono ancora associate al vulcanismo (subaqueo e subaereo) a chimismo calco-alcalino.

Se la fase transpressiva della collisione nord appenninica favorisce l'insacco del primo ciclo di sedimentazione dapprima continentale, evolutosi in transizionale e poi marina entro innumerevoli piccoli bacini che anticipano la formazione della "Fossa Sarda" vera e propria, nel Burdigaliano superiore la deposizione pertanto riprende (2° ciclo) con un complesso arenaceo-marnoso e marnoso (Formazione delle Marne di Gesturi e F. ne delle Argille di Fangario) che perdura sino al Miocene medio (Langhiano) e che trova continuità con i coevi depositi della Sardegna del nord (Sassarese). Limitatamente al settore meridionale dell'isola, la sedimentazione dentro il bacino miocenico sembra localmente interrompersi per poi riprendere nel Serravalliano con una successione detritica di ambiente fluvio-deltizia e marino-litorale (F.ne delle Arenarie di Pirri) che apre il terzo e ultimo ciclo deposizionale miocenico il quale trova conclusione nel Messiniano con la deposizione della serie carbonatica e evaporitica osservabile nell'areale cagliaritano (F.ne dei Calcari di Cagliari) e nell'oristanese costiero

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 18 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

(“Successione carbonatica del Sinis – Capo Frasca”).

Nel Pliocene medio, si attiva una nuova importante fase distensiva conseguente all'apertura del Bacino sud-tirrenico che interessa principalmente la parte meridionale del bacino oligo-miocenico sardo riattivando le linee di debolezza NW-SE e N-S e determinando la formazione del “Graben del Campidano”. La nuova depressione strutturale che riprende e in parte accentua la geometria del “rift sardo”, si associa un intenso vulcanismo effusivo di tipo fissurale a chimismo da basico fino a subalcalino con contestuale emissione di lave basaltiche che portano alla formazione degli edifici vulcanici del Monte Arci e del Montiferro nonché agli spandimenti basaltici attualmente osservabili nel settore di Capo Frasca-Sinis, dell'alto Oristanese, del settore di Mogoro-Uras-Sardara e delle varie Giare della Marmilla.

La prosecuzione dell'attività tettonica distensiva anche nel Pliocene superiore – Pleistocene inferiore determina l'intensa erosione dei settori di bordo strutturalmente in rilievo e la progressiva colmata della depressione tettonica campidanese con prodotti clastici di ambiente continentale fluvio-torrentizio e lacustre. Durante il Quaternario, in conseguenza degli effetti del glacio-eustatismo, si instaurano inoltre processi morfogenetici di versante, che conseguentemente al ringiovanimento orografico determinato dalle variazioni del livello di base dei mari, accentuano la deposizione all'interno del “graben” del Campidano di potenti depositi detritico-alluvionali di conoide derivati dallo smantellamento dei rilievi impostati su rocce paleozoiche, mioceniche e plioceniche costituenti i margini della depressione campidanese.

La strutturazione tettonica conseguente alla fase distensiva plio-quadernaria e i successivi fenomeni di subsidenza attivi nei settori costieri dell'oristanese e cagliaritano, modificano quasi completamente l'originario schema della idrografia superficiale: sono da riportare infatti a questo periodo importanti fenomeni di cattura fluviale con spostamento dei principali assi drenanti di impostazione miocenica nonché la divisione dei bacini idrografici efferenti al Campidano di Oristano e Campidano di Cagliari in virtù della formazione di un nuovo spartiacque nel settore di San Gavino-Sardara.

Tale azione di modellamento morfodinamico del territorio della Sardegna sud-occidentale, perdura per tutto il Pleistocene superiore con depositi di versante e alluvionali che dalle conoidi bordiere migrano verso le aree depocentrali delle varie piane (Campidano, Cixerri, Sulcis, Pula-Sarroch) alternando fasi di terrazzamento a fasi di sovralluvionamento a causa del susseguirsi di fasi glaciali e interglaciali e relativi abbassamenti/innalzamenti del livello del mare.

Nell'Olocene, con l'ultima risalita eustatica del livello marino, prosegue l'attività di colmata alluvionale delle piane nonché fenomeni di terrazzamento determinati da oscillazioni eustatiche minori e la deposizione di discontinue coltri detritiche di versante, eluvio-colluviali e alluvionali attualmente in evoluzione. Sono da ricondurre all'Olocene pertanto le attuali configurazioni della piana costiera dei golfi di Oristano e di Cagliari con l'insieme di zone umide e di pertinenza dei grandi corsi d'acqua del Tirso e del Mannu-Cixerri.

5.2 Rappresentazione cartografica locale

Con riferimento alla cartografia geologica ufficiale in scala 1:25.000 (Carta Geologica di base della Sardegna) disponibile presso il Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali della R.A.S. – 2008, si riporta di seguito l'elenco delle unità litostatigrafiche in qualche modo interagenti con il tracciato del

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 19 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

metanodotto, suddivise per tipologia di deposito, genesi e intervallo temporale, partendo da quelle più recenti. Ciascuna unità viene altresì individuata attraverso la sigla ufficiale, così come riportato nello stralcio cartografico di Figura 5.2.

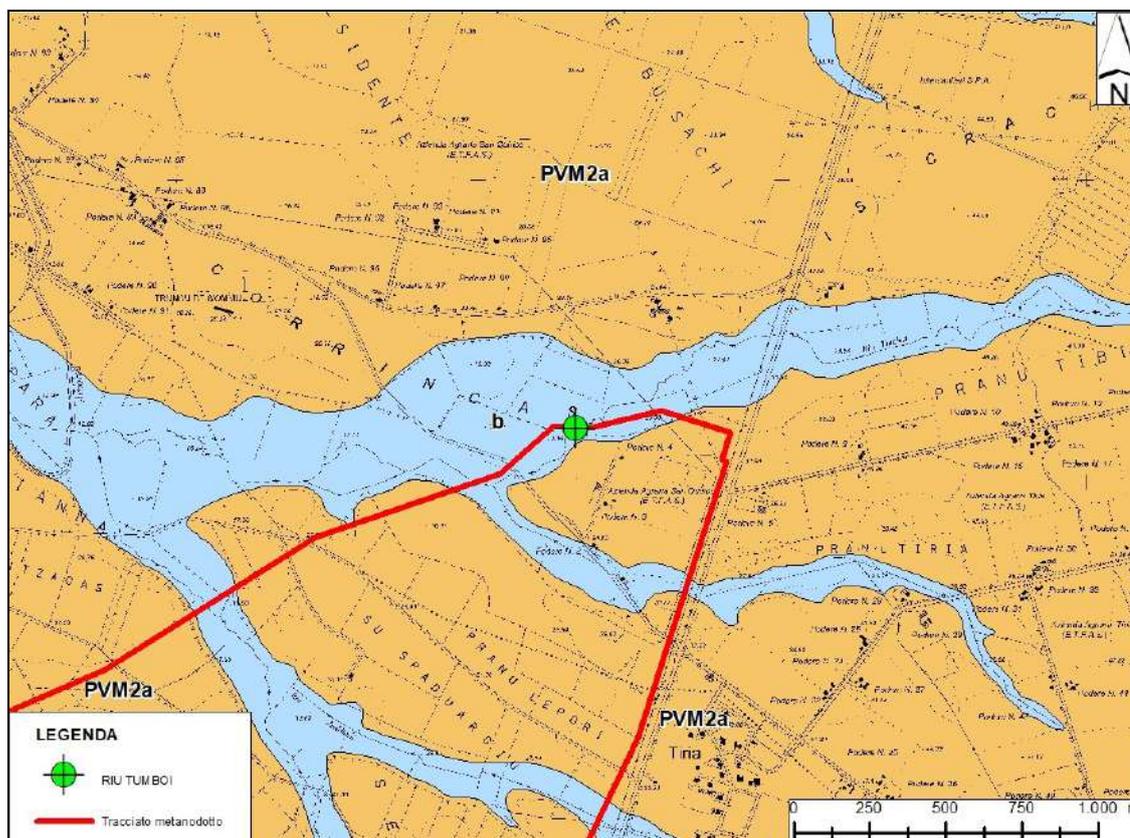


Figura 5.2: Stralcio della carta geologica della Sardegna in scala 1:25.000, con indicata l'area in esame.

Unità litostratigrafiche:

- Depositi alluvionali. (b) OLOCENE
- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso. (PVM2a) Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP

5.3 Caratteri litologici e geomorfologici locali

Il margine orientale del Campidano di Oristano è delimitato dal complesso vulcanico del Monte Arci (UCU), la cui genesi è legata alla tettonica distensiva plio-pleistocenica connessa all'apertura del Bacino Sud-Tirrenico, che riattivando le linee di debolezza oligo-mioceniche porta all'instaurarsi di un vulcanismo di tipo fissurale e alla contestuale emissione di lave basaltiche. Il rilievo vulcanico del Monte Arci alimenta una vasta area a conoidi detritico-alluvionali, con spessori che a tratti raggiungono i 150 m.

Nell'area in studio affiorano diffusamente i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici dell'area continentale (PVM2a) costituiti da ghiaie grossolane sino alla taglia dei blocchi, a matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, con intercalate lenti e/o strati limoso-argillosi e ghiaie in matrice sabbiosa. Il grado di addensamento di questi depositi è

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 20 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

generalmente elevato. In corrispondenza del reticolo idrografico attuale, la continuità delle conoidi pleistoceniche è interrotta dai depositi alluvionali di ambiente essenzialmente fluvio-torrentizio (b), costituiti da sedimenti eterometrici e poligenici.

L'attraversamento del Riu Tumboi, così come riportato nello stralcio della carta geologica di Figura 5.2, insiste sull'unità litostratigrafica rappresentata dai depositi alluvionali olocenici (b).

La porzione di tracciato interessata dall'attraversamento ricade all'interno dell'Unità Idrografica Omogenea del Mannu di Pabillonis – Mogoro che si estende su una superficie 1710,25 km² con un perimetro di 287,22 km. Il bacino del Riu Mogoro Diversivo si estende su un'area di 590,01 km². Si tratta di un bacino collinare compreso tra i rilievi rocciosi che culminano nella punta Trebina Longa a ovest e nella Giara di Gesturi. Il substrato è costituito essenzialmente da arenarie e conglomerati terziari, con locali affioramenti di lave basaltiche.

Il progressivo approfondimento del Graben del Campidano e il contestuale sviluppo dell'edificio vulcanico del Monte Arci portano al ringiovanimento del reticolo idrografico e alla formazione di potenti depositi di conoide alluvionale che si estendono per diversi chilometri nella piana del Golfo di Oristano dominata dai processi morfodinamici del Tirso e della sua foce. I versanti del Monte Arci sono dominati dalle conoidi detritico-alluvionali del Subsistema di Portovesme (PVM2a) caratterizzate nella parte apicale da pendenze comprese tra 11-35% e la parte distale tra i 5-10%.

L'area dell'attraversamento si caratterizza per una morfologia debolmente inclinata verso NW con pendenze comprese tra 0-10%. Nell'area, allo stato attuale, non si rileva la presenza di processi morfodinamici attivi.

5.4 Caratteri idrogeologici locali

Nel settore che contorna gli abitati di Oristano, Santa Giusta e Palmas Arborea l'assetto idrogeologico è caratterizzato dalla presenza di due acquiferi, uno superficiale e uno profondo. L'acquifero superficiale, di tipo freatico, è impostato sui depositi alluvionali attuali e nelle sabbie litorali oloceniche, per lo più alimentato dalle acque meteoriche oltre che dall'interazione con i corsi d'acqua che insistono sul territorio.

L'acquifero è delimitato alla base da uno strato di argille lagunari che raggiunge la superficie topografica in corrispondenza della Laguna di Sassu e si approfondisce verso la costa fino alla profondità di circa 25 m da p.c.; lo spessore dello strato impermeabile è di circa 25-30 m. L'andamento delle isofreatiche mostra nel settore nord-orientale della piana, un'alimentazione della falda ad opera del Tirso, mentre nel settore occidentale le isofreatiche evidenziano un drenaggio da parte del corso d'acqua. Il gradiente idraulico, mediamente del 1,2 ‰, conferma una buona omogeneità dell'acquifero anche se si registrano locali eccezioni.

L'acquifero profondo, di tipo multistrato, è impostato sui prodotti alluvionali pleistocenici ed ha una permeabilità più o meno bassa. Lo spessore massimo di questo acquifero può essere dedotto dalla stratigrafia del pozzo Oristano 1 che indica la profondità del basamento vulcanico a circa 300 m sotto la successione quaternaria. L'andamento dei deflussi profondi ha una direzione Sud-Est/Nord-Ovest in direzione dello Stagno di Santa Giusta.

Le prove di portata condotte indicano valori di permeabilità K dell'acquifero compresi tra un minimo di 3,8x10⁻⁴ e un massimo di 1,2x10⁻⁵ m/s. Si ritiene che sia gli acquiferi superficiali che quelli profondi siano alimentati dall'area pedemontana del Monte Arci.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 21 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

6 ANALISI IDROLOGICHE E IDRAULICHE DI BASE

6.1 Caratterizzazione idrologica

Il Riu Tumboi è un affluente del Fiume 24869 (localmente noto come Rio Roia Sa Murta) in cui confluisce circa 400 metri a valle dopo l'intersezione con il metanodotto in progetto.

Questo corso d'acqua è stato studiato idraulicamente durante la redazione dello studio di compatibilità idraulica e geologico geotecnica estesa a tutto il territorio comunale, effettuata dal comune di Oristano ai sensi dell'Art. 8 comma 2 delle NA del PAI ed approvata in consiglio comunale con delibera n° 29 del 22/03/2016.

L'idrografia generale dell'area in esame è incentrata nell'interno del bacino del fiume Tirso, mantenendosi a nord il bacino del Rio Mare Foghe e a sud il bacino del Rio Mogoro, negli ultimi 25 Km circa del suo percorso, all'altezza dei comuni di Ollastra in sinistra idraulica e di Zerfaliu in destra idraulica, il corso del fiume è arginato, impedendo quindi che i contributi dei bacini esterni vadano a confluire sul fiume stesso.

L'insieme della morfologia e della presenza delle opere determina quindi due aree a nord e a sud, la prima riconducibile al sistema S'Aoru/Bennaxi. La seconda, riconducibile ai bacini a sud del Tirso e provenienti principalmente dal versante nord occidentale del monte Arci, individua due sottobacini principali: il rio Tumboi (o Roia Sa Murta) e il Rio Merd'e Cani. Sempre a sud del Tirso, tra l'argine e il Rio Merd'e Cani, è evidente una vasta area estremamente pianeggiante solcata dal Canale di Bonifica Spinarba.

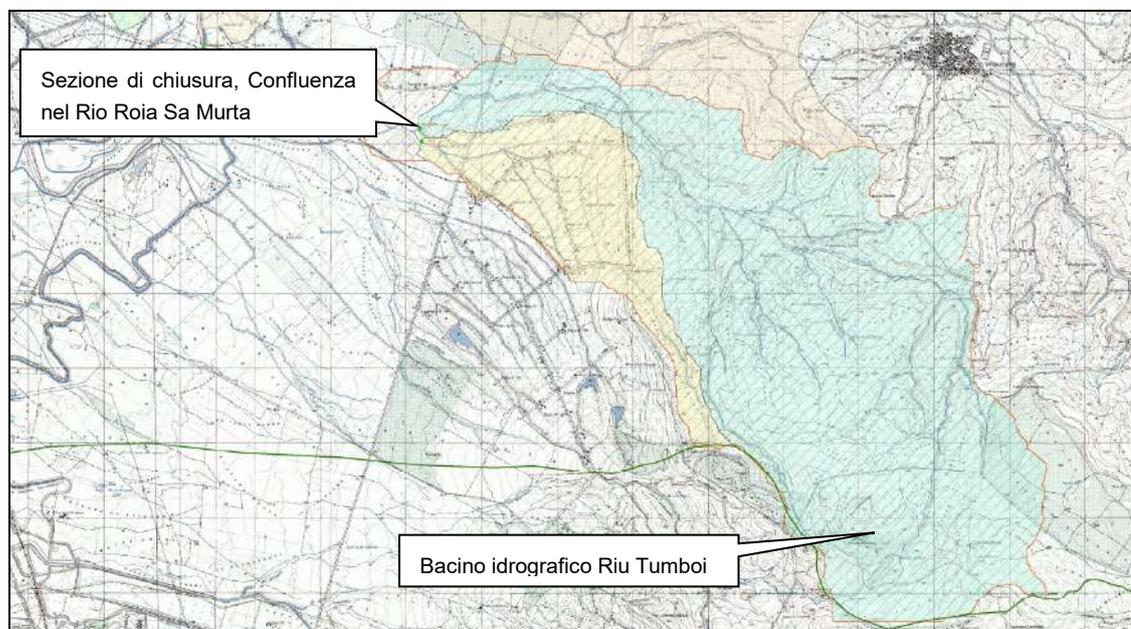


Figura 6.1: Bacino idrografico del Riu Tumboi, tratto da Tav. Idro 01, Art. 8 comma 2 comune di Oristano.

Il bacino idrografico del Riu Tumboi a sua volta è un sub bacino del Rio Roia Sa Murta è caratterizzato dall'aver una parte sommitale con un reticolo idrografico estremamente ramificato e proveniente dal versante nord orientale del monte Arci.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 22 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

il Rio Tumboi, ha origine in agro di Villaverde in località Roia Menta a quota 560 m s.l.m.; proseguendo verso valle in direzione sud-nord va ad interessare il territorio di Villaurbana, piega in sinistra idraulica dopo circa 5 Km dall'origine dopo che gli si affiancano in destra il Gora Tomasue e in sinistra idraulica il Rio Pranu Marrara. Il contesto ha una quota di circa 235 m slm: in questa prima fase il sistema idrografico ha un'elevata pendenza con valori che si attestano sul 6 - 7%.

Piegando in sinistra idraulica, il fiume scorre incontrando in destra idraulica il rio Sedda Sa Cresia e in sinistra il Rio Sa Grutta e Santas: sono bacini relativamente acclivi con una superficie poco superiore al chilometro quadrato, e il primo tratto di circa 2 km continua a mantenere una pendenza di tutto rispetto, con valori che si attestano su 5%.

Successivamente si ha una brusca riduzione della pendenza con valori che progressivamente si riducono, assumendo in corrispondenza dell'immissione con il Rio Sa Grutta e Santas valori dell'ordine dell'1%: il rio si infila in una stretta gola denominata Sa Tanca de Sradadorici, con una pendenza longitudinale che tende ancora a ridursi avvicinandosi al limite comunale.

All'interno del territorio comunale il rio scorre per circa 3.5 Km, in direzione est-ovest: le pendenze sono modeste, poco inferiori all' 1%, e vanno ulteriormente a ridursi quando, abbandonato il territorio di Oristano, si inoltra nel territorio di Palmas Arborea incontrando in sinistra i Rio Zeddiani di cui assume il nome.

In base ai dati forniti dal citato studio, le caratteristiche morfologiche, fisiografiche e altimetriche del sub-bacino sotteso dalla sezione di interesse possono essere così sintetizzate:

Quota minima sezione di chiusura (m s.l.m.)	H_0	20,2
Quota media del bacino (m s.l.m.)	H_m	325,08
Quota massima del bacino (m s.l.m.)	H_m	637,88
Superficie bacino sotteso (km ²)	A	25,22
Pendenza media del bacino (%)	i	16,24
Lunghezza asta (Km)	L	15,48

6.2 Stima della portata di piena di riferimento

Dallo studio idraulico precedentemente citato sono stati ricavati i parametri idraulici di riferimento.

Il sito di attraversamento del Rio Tumboi da parte del Metanodotto Collettore Terminale di Oristano risulta coincidente o molto prossimo alla sezione idraulica denominata 1902,6 (Figura 6.2), le portate sono state calcolate tra 100,25 e 161,38 m³/s per i vari tempi di ritorno.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 23 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

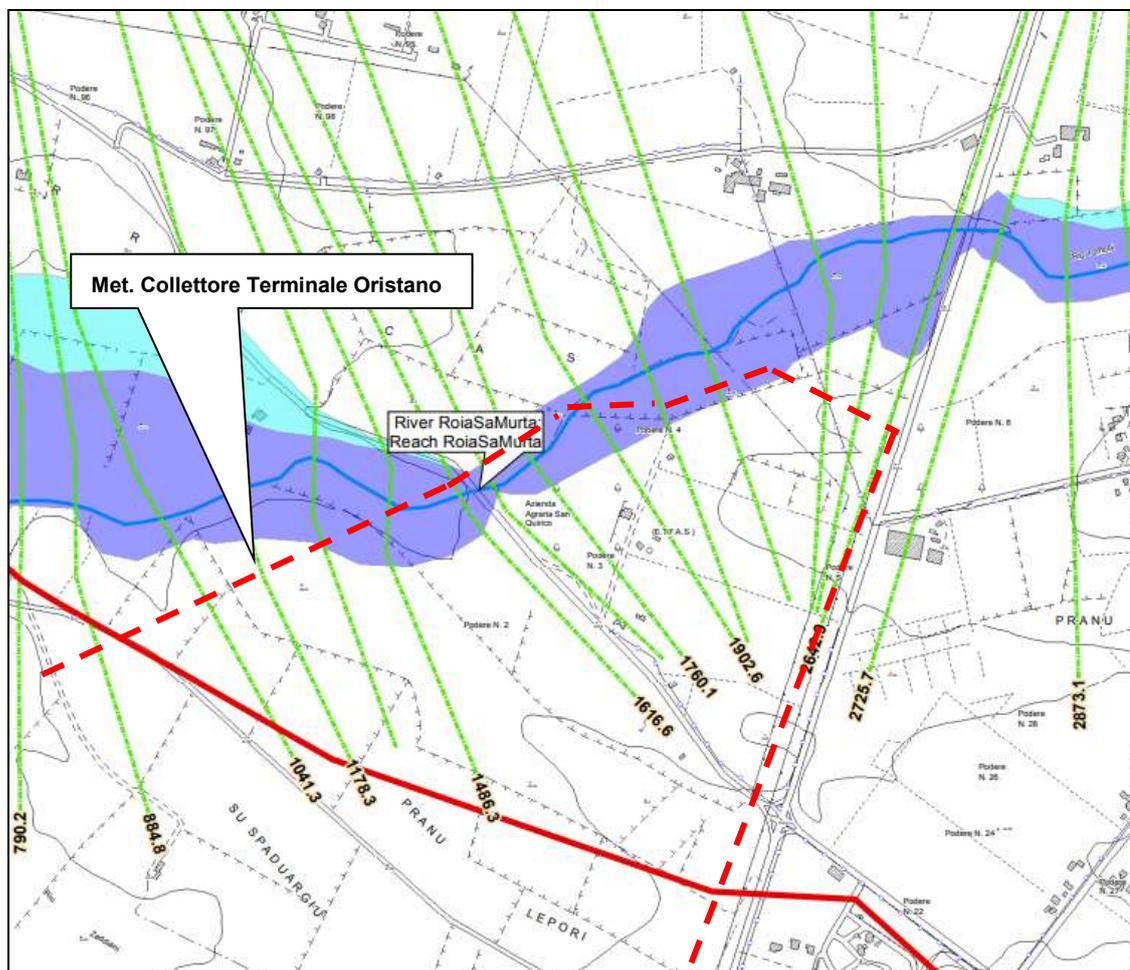


Figura 6.2: Stralcio della tavola Idro 05 (studio di Compatibilità Idraulica comune di Oristano), con indicato in rosso tratteggiato il metanodotto in progetto.

Le simulazioni idrauliche condotte evidenziano come la sezione idraulica non sia sufficiente a contenere portate di massima piena anche con tempi di ritorno T_r 50 anni, l'allagamento si estende al di fuori dell'alveo inciso per circa 120 metri in sinistra e 25 metri in destra idraulica

Le correnti di piena defluiscono con valori medi di velocità ridotti e comunque compresi tra 1,93 e 2,24 m/sec.

Al fine di eseguire alcune determinazioni progettuali riguardanti le modalità esecutive dell'attraversamento, per la stima della portata al colmo, utile per valutazioni idrauliche preliminari, sono state assunti i risultati delle elaborazioni riferibili alla sezione 1902,6 precedentemente descritta. Si è ritenuto significativo, in ragione della natura dell'intervento, porre a fondamento delle analisi tempo di ritorno $T_r = 200$ anni.

Nella sezione di riferimento, in particolare, le condizioni di deflusso considerate sono associate a portata pari a 137,02 m³/s, i risultati della modellazione sono riassunti nella successiva tabella, estratta integralmente dal citato studio ai sensi dell'Art. 8 comma 2 del comune di Oristano, ove sono riportati i valori calcolati delle seguenti grandezze:

- Q, valore della portata al colmo (m³/s);

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 24 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

- “Fondo alveo”, quota di fondo alveo (m s.l. m.);
- “Pelo Libero”, Quota della massima piena per tempi di ritorno $Tr = 200$ anni;
- v , velocità media nella sezione di deflusso (m^2/s);
- A , area della sezione bagnata (m^2).

Riu Tumboi $Tr=200$ anni					
ID Sezione [-]	Q (m^3/s)	Fondo Alveo (m slm)	Pelo Libero (m slm)	Velocità media della corrente nella sezione (m/s)	Flow Area (m^2)
1902,6	137,02	21,54	24,38	2,13	88,74

Non essendo disponibile il DTM passo 1 metro, per la zona di attraversamento, come quota fondo alveo in corrispondenza dell’attraversamento del metanodotto in progetto, è stata assunta la quota utilizzata per le modellazioni idrauliche.

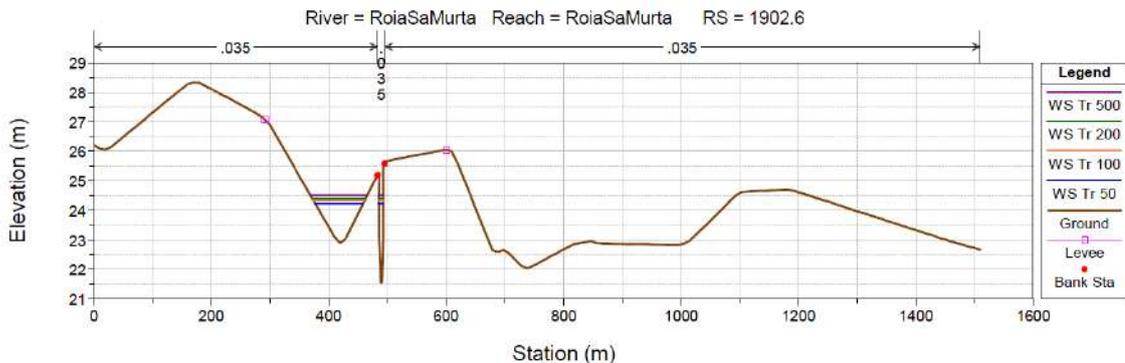


Figura 6.3: Stralcio sezione idraulica 1902,6 sul Riu Tumboi (Roia Sa Murta), fonte Art. 8 Comma 2 del comune di Oristano

In base al valore di portata e tenuto conto dei principali parametri del deflusso di piena, le valutazioni idrauliche preliminari, tese a valutare i potenziali fenomeni erosivi, possono essere condotte ricorrendo a formulazioni cautelative che non tengono conto del fenomeno di esondazione, essendo fondate solo sulla effettiva geometria dell’alveo, delimitato entro i limiti di sponda e/o d’argine appositamente rilevati.

6.3 Valutazioni idrauliche preliminari

Ai fini di progettazione del metanodotto, occorre predeterminare le condizioni di approfondimento della tubazione interrata, fermi restando specifici valori minimi. Nel caso dell’attraversamento di corsi d’acqua, si ricorre a formulazioni estremamente cautelative, atte alla valutazione delle eventuali erosioni localizzate del letto e dei potenziali fenomeni di escavazione in alveo; in modo che un eventuale approfondimento, rispetto alla quota minima iniziale del fondo, non possa interessare

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 25 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

la tubazione stessa. A tal fine, specificatamente in virtù dei modelli conservativi utilizzati², può non essere necessario determinare aspetti di dettaglio, quali la velocità e la tensione tangenziale della corrente al fondo alveo, e le caratteristiche del materiale che ne forma il letto.

Tali modelli permettono di valutare se lo spessore del materiale di rinterro, adeguatamente costipato, pur non alterando le originarie condizioni di permeabilità, risulta idoneo a garantire dai potenziali fenomeni erosivi. Quando risulta opportuno garantire una adeguata protezione dell'alveo interessato dagli scavi "a cielo aperto", può essere previsto l'utilizzo di massi o pietrame naturale, per costituire parte del rinterro e/o il rivestimento del fondo e delle sponde.

In quest'ottica di verifica preliminare degli effetti idraulici delle piene, ci si rifà agli studi³ di Yalin (1964), Nordin (1965) ed Altri, che hanno proposto di assegnare alle possibili escavazioni un valore cautelativo, pari ad una percentuale dell'altezza idrometrica di piena ivi determinata (in particolare, venne dimostrato che, per granulometrie comprese nel campo delle sabbie, la profondità del fenomeno risulta comunque inferiore a 1/6 o al massimo 1/3 dell'altezza idrica). Una generalizzazione prudenziale, proposta in Italia, sulla base di osservazioni dirette nei corsi d'acqua della pianura padana, estende il limite massimo dei fenomeni di escavazione per aratura, indipendentemente dalla natura del fondo e dal regime di corrente, ad un valore cautelativo pari al 50% dell'altezza idrometrica di piena⁴. Pertanto, una stima del tutto cautelativa della profondità delle potenziali escavazioni del fondo (Z) è data, in corrispondenza di una assegnata sezione, in ragione del 50% del battente idrometrico di piena (h_o):

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

Nel caso in cui l'evento di piena implichi esondazioni oltre l'alveo inciso, sulla base di considerazioni proprie degli idrogrammi sperimentali correlati ai relativi modelli sperimentali e di considerazioni connesse alla morfologia delle aree di esondazione, il battente idraulico è assunto pari a 1,05 | 1,10 volte la profondità dell'alveo, rilevata nella geometria della sezione; ovvero $Z = 0,55 h_a$, con h_a dislivello tra la sommità di sponda o d'argine e la massima incisione.

Per quanto attiene alla formazione di buche ed approfondimenti locali, le condizioni necessarie per lo sviluppo del fenomeno sembrano individuarsi nella formazione di correnti particolarmente veloci sul fondo e nella presenza di irregolarità geometriche dell'alveo, che innescano il fenomeno stesso. In questi casi, e quando le dimensioni granulometriche del materiale di fondo sono inferiori a 5 cm, i valori raggiungibili dalle suddette erosioni sono generalmente indipendenti dalla granulometria; per dimensioni dei grani maggiori di 5 cm, invece, all'aumentare della pezzatura diminuisce la profondità dell'erosione. In termini "qualitativi", per determinare un valore cautelativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo, indipendentemente dal diametro limite dei clasti trasportabili dalla piena, tra i modelli disponibili (Schoklitsch, Eggemberger, Adami), la formula di Schoklitsch⁵ è quella che presenta minori difficoltà nella determinazione dei parametri caratteristici e determina

² D'Alberto D. et Alii., "Crossing debris flow areas", in Pipeline technology journal, May 2016.

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

⁴ Vollo L., "L'aratura di fondo nell'alveo dei fiumi durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXIX; Milano, 1952. Zanovello A., "Sulle variazioni del fondo degli alvei durante le piene"; L'energia elettrica, vol. XXXV; Milano, 1959.

⁵ Schoklitsch A., "Stauraum Verlandung und kolkbewehr"; Springer ed., Wien, 1935.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 26 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

un valore medio rappresentativo dell'eventuale approfondimento rispetto alla quota media iniziale del fondo:

$$S = 0,378 \cdot H^{1/2} \cdot q^{0.35} + 2,15 \cdot a$$

dove

- S è la profondità massima degli approfondimenti rispetto alla quota media del fondo, nella sezione d'alveo considerata;
- $H = h_o + v^2/2 \cdot g$ rappresenta il carico totale relativo alla sezione immediatamente a monte della buca;
- $q = Q_{Max} / L$ è la portata specifica per unità di larghezza L della corrente di piena in alveo;
- a è dato dal dislivello delle quote d'alveo a monte e a valle della buca ed è assunto in funzione delle caratteristiche geometriche del corso d'acqua, sulla base del dislivello locale del fondo alveo, in corrispondenza della massima incisione, relativo ad una lunghezza pari all'altezza idrica massima ivi determinata.
-

Il riferimento geografico dell'attraversamento è:

X UTM	Y UTM
474285,8215	4414176,4257

Non essendo disponibile il DTM passo 1 metro, per la zona di attraversamento, come quota fondo alveo in corrispondenza dell'attraversamento del metanodotto in progetto, è stata assunta la quota di fondo alveo riportata nella sezione idraulica 1902,6, coincidente o molto prossima all'attraversamento in oggetto, ovvero 21,54 metri.

In alvei di pianura, a bassa pendenza longitudinale ed a sezione larga, aventi condizioni di scabrezza ordinaria ed in assenza di ostruzioni, se l'altezza idrica della corrente di piena risulta più elevata dei margini sommitali della sezione geometrica d'alveo, si può assumere $H = 1,20 \cdot h_a$; con h_a in precedenza definito.

Nel caso di interesse è acclarato che la portata di massima piena assunta quale riferimento di calcolo, associata a tempo di ritorno $T_r = 200$ anni, può non essere contenuta in alveo e generare fenomeni di esondazione; in tali circostanze i modelli descritti sono certamente applicabili, dando luogo a verifiche caratterizzate da adeguati margini di sicurezza, anche per portate superiori.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 27 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

Pertanto, assumendo ai fini di calcolo $Q_{Max} = 137,02 \text{ m}^3/\text{s}$, in base alla geometria della sezione di attraversamento, si determina:

quota di contenimento nella sezione	24,38 m slm
quota della massima incisione	21,54 m slm
h_a	2,84 m
Z = 1,04 m	
pendenza locale in corrispondenza della sezione	1,04 %
H	3,41 m
a	0,03 m
larghezza idrica in sommità della sezione L	5,00 m
Q_{Max}	137,02 m^3/s
q	27,40 $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$
S = 2,29 m	

Pertanto si stimano approfondimenti potenziali pari a circa 2,29 m.

Sulla base delle valutazioni speditive condotte, con due distinti metodi di calcolo, valide in condizioni di fondo mobile, totalmente incoerente, e già comprendenti opportuni fattori di sicurezza, risulta la copertura minima di 1,5 metri progettualmente imposta per scavo su terreni, non necessaria per sopperire ai fenomeni di scalzamento indotti in corrispondenza della sezione di attraversamento, ragion per cui in fase di progettazione esecutiva verrà utilizzata una profondità di interramento minima di almeno **2,40 metri**.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 28 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

7 CONCLUSIONI

La realizzazione del metanodotto Collettore Terminale di Oristano, costituito da condotta DN 650 (26"), comporta l'attraversamento in sub-alveo del Riu Tumboi, a monte della sua confluenza nel Fiume_24869 Localmente noto come Riu Roia Sa Murta.

Il tronco del corso d'acqua interessato dell'intervento risulta perimetrato in base alle elaborazioni idrauliche dello studio di compatibilità idraulica effettuato dal comune di Oristano ai sensi dell'Art 8 comma 2 delle NA del PAI ed approvato in consiglio comunale con Delibera n. 29 del 22/03/2016 e per il quale vigono le norme di salvaguardia, e ad esso sono associate condizioni di pericolosità idraulica Hi4.

In considerazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche del territorio, è stata determinata la soluzione di progetto idonea per la collocazione in sub-alveo della tubazione, mediante la tecnica esecutiva di posa con scavo a cielo aperto, con immediato ripristino della situazione dei luoghi.

Presupposti di compatibilità idraulica

Conformemente a quanto stabilito dagli strumenti di pianificazione territoriale, gli interventi previsti dal progetto del metanodotto sono tali da garantire la conservazione delle funzioni e del livello naturale del corso d'acqua.

- L'attraversamento dell'alveo e delle aree di pertinenza sarà eseguito mediante posa a profondità compatibile con la dinamica fluviale, ma comunque con un franco minimo di ricoprimento pari a 2,40 metri. Non sono previste opere fuori terra che rientrino all'interno delle perimetrazioni.
- La costruzione del metanodotto rientra nel quadro generale del programma di distribuzione del gas naturale nella Regione Sardegna. È opera di interesse pubblico, essenziale per la funzione ad essa deputata e non diversamente localizzabile nelle sue linee generali; ciò in quanto il relativo progetto scaturisce dal confronto tra tutti i fattori condizionanti che caratterizzano i possibili corridoi di posa del metanodotto, sia in termini ambientali sia in termini esecutivi e, di conseguenza, identifica i siti di attraversamento dei corsi d'acqua in funzione delle esigenze di ottimizzazione del tracciato, nel rispetto del complesso dei vincoli cui il progetto stesso è assoggettato.
- Le caratteristiche esecutive dell'attraversamento non comporteranno alcun incremento del pericolo e del rischio sussistente, e sono tali da non precludere la possibilità di eliminare o ridurre dette condizioni di pericolosità e di rischio idraulico. Per quanto attiene agli interventi di mitigazione già considerati nel PAI o determinabili eventualmente in futuro, la configurazione geometrica della pipeline nell'ambito di intervento (quote in subalveo e profili di risalita) è tale da non precluderne l'esecuzione.
- Con riferimento alle Norme di attuazione del PAI Sardegna, l'intervento è progettato in modo da corrispondere alla tipologia di opere consentite in aree classificate a rischio idraulico.

Modalità esecutive

I lavori consisteranno essenzialmente nella posa della tubazione mediante scavo di trincea a cielo aperto. Saranno eseguiti in modo da ricostruire l'originaria morfologia delle sponde e in modo da non alterare le caratteristiche geometriche della sezione di deflusso ed il profilo del corso d'acqua; l'intervento non apporterà restringimenti,

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITÀ REGIONE SARDEGNA	Appendice 38 a RE-PAI-001	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA	Pag. 29 di 29	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-035

deviazioni dell'asta e modifiche morfologiche. Lungo l'attraversamento sono, infatti, previsti idonei ripristini degli elementi spondali interessati e tutte le profilature saranno ristabilite con le medesime pendenze e caratteristiche geometriche attuali. Apposite attività consentiranno il processo di consolidamento del suolo lungo il tracciato della condotta, in prossimità del corso d'acqua.

Nello specifico:

- dal punto di vista dell'interazione con i deflussi, l'intervento non apporterà ostacolo e non limiterà in alcun modo la capacità d'invaso del Riu Tumboi, non interverrà sull'assetto idraulico, così come non vi saranno variazioni della permeabilità;
- ovviamente, non si darà luogo ad alcuna variazione delle condizioni di scabrezza in alveo e sulle sponde e ad alcuna alterazione della portata naturalmente rilasciata a valle;
- anche durante le fasi lavorative, le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua attraversato non saranno in nessun caso modificate, né si impedirà il deflusso delle acque durante il periodo dei lavori;
- la profondità di posa della tubazione in sub-alveo risulta pienamente commisurata all'esigenza di tutelare la tubazione stessa da eventuali fenomeni erosivi del fondo alveo, indotti dalla portata di massima piena duecentennale, e garantisce l'equilibrio del sistema di forze gravitative e idrauliche, permettendo di escludere qualsiasi interferenza tra tubazione e flusso della corrente.

Considerazioni conclusive

In ragione delle scelte progettuali e del sistema d'attraversamento, si possono dunque esprimere le seguenti considerazioni conclusive.

- *Assenza di modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico ed altimetrico dell'alveo.* L'intervento non induce modifiche all'assetto morfologico dell'alveo inciso, sia dal punto di vista planimetrico sia altimetrico, garantendo il mantenimento delle caratteristiche idrauliche della sezione di deflusso.
- *Assenza di modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.* Non generando alterazioni dell'assetto morfologico (tubazione completamente interrata con ripristino definitivo dei terreni allo stato preesistente), non sarà determinato alcun effetto di variazione dei livelli idrici e quindi del profilo d'inviluppo di piena.
- *Assenza di riduzione della capacità d'invaso.* Le modalità esecutive previste non creeranno 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 sottrarranno capacità d'invaso.
- *Assenza di alterazione delle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.* Le modalità esecutive previste sono tali da non indurre effetti impattanti con il contesto naturale della regione fluviale, che possano pregiudicare in maniera "irreversibile" l'attuale assetto paesaggistico. Condizioni d'impatto sono limitate alle sole fasi di costruzione e per questo destinate a scomparire nel tempo, con la ricostituzione delle componenti naturalistiche ed ambientali.

In sintesi, l'intervento in progetto può ritenersi compatibile con le misure stabilite dagli strumenti di tutela dei corpi idrici e dal PAI Sardegna, sia per la natura dell'opera sia per gli accorgimenti esecutivi previsti.