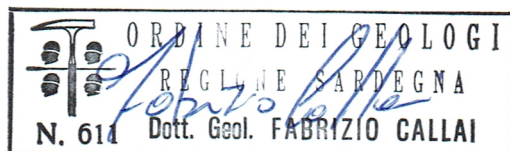


	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 1 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME

RELAZIONE IDROGEOLOGICA



0	Emissione per enti	F. CALLAI F.FANELLI	M.AGOSTINI	R. BOZZINI G.GIOVANNINI	Novembre 2021
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 2 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
3	CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA.....	7
3.1	TEMPERATURA	8
3.2	PIOVOSITÀ	10
3.3	REGIME CLIMATICO.....	11
3.4	EVAPOTRASPIRAZIONE.....	14
4	AMBIENTE IDRICO	16
4.1	IDROGRAFIA SUPERFICIALE	16
4.1.1	U.I.O. del Palmas	19
4.1.2	Corpi idrici (CI) interessati dal progetto	20
4.1.3	Le acque di transizione	22
5	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	23
5.1	ASPETTI METODOLOGICI.....	23
5.2	CORPI IDRICI SOTTERRANEI INTERESSATI DAL TRACCIATO	27
5.3	ANALISI DELLA FALDA SUPERFICIALE E POSSIBILI INTERAZIONI CON L'OPERA	31
6	ACCORGIMENTI OPERATIVI E RIPRISTINI.....	36
7	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	38

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 3 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

1 INTRODUZIONE



L'opera denominata "Virtual Pipeline Sardegna – Rete Energetica di Portovesme" rientra nel quadro del cosiddetto sistema della Virtual Pipeline, che ha lo scopo di consentire il rilancio delle attività produttive della Regione Sardegna, assicurando agli utenti l'accesso ad energia a prezzi sostenibili, in linea con quelli del resto d'Italia, e consentendo l'avvio del processo di decarbonizzazione della Regione.

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo gasdotto DN 650 (24") che collegherà l'impianto FSRU di Portovesme alle principali utenze industriali dell'area (Euroallumina) e consentirà la connessione dell'FSRU alla Rete Energetica Tratto Sud.

L'opera, nel suo complesso, attraversando il territorio della provincia del Sud Sardegna all'interno dei comuni di Portoscuso e di Carbonia (vedi Fig.1\A), si articola in una serie di interventi che, oltre a riguardare la posa della nuova condotta DN 650 (26") per una lunghezza pari a 6,638 km, comporta l'installazione di una rete di linee secondarie di vario diametro che, prendendo origine da quest'ultima, assicurano l'allacciamento al bacino di utenze attraversato dalla stessa condotta.

In sintesi, il progetto prevede la messa in opera delle seguenti linee:

- Coll. FSRU Portovesme DN 650 (26"), DP 75 bar, L= 6,638 km;
- Derivazione per Portoscuso DN 400 (16"), DP 75 bar, L= 5,619 km;
- Allacciamento Eurallumina DN 300 (12"), DP 75 bar, L= 0,165 km.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 4 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

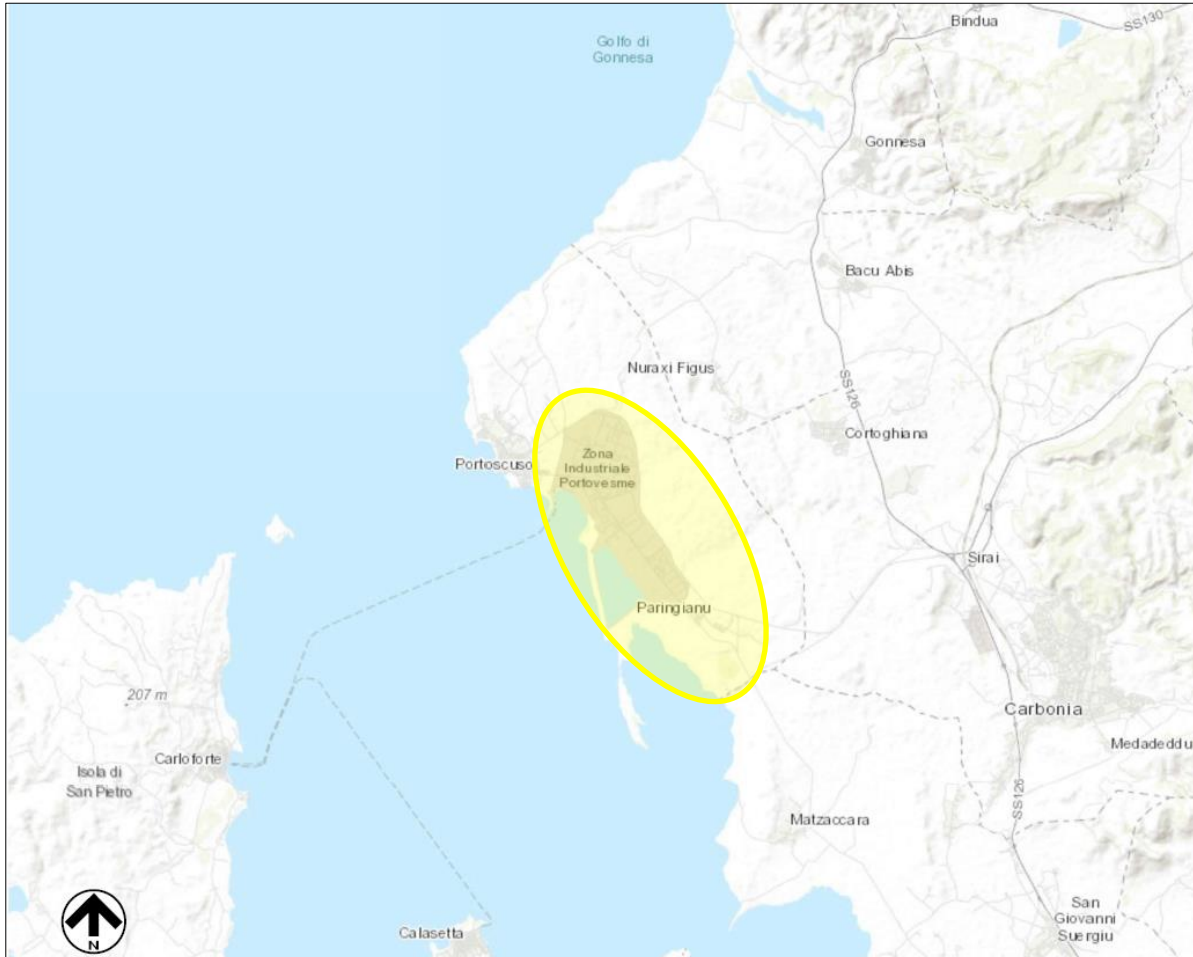


Fig. 1-1: Inquadramento territoriale ed individuazione dell'area di intervento (cerchio giallo).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 5 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

I metanodotti in progetto sono situati all'interno dell'area vasta del polo industriale di Portovesme. Il polo industriale è ubicato sulla costa sud-occidentale della Sardegna, è individuato nella cartografia I.G.M. alla scala 1:25.000 al Foglio 555 sez. III – Portoscuso, Foglio 564 sez. IV – Calasetta e nella Carta Tecnica della Sardegna, alla scala 1:10.000, alla sez. 564 010 Portovesme. Si trova ad una distanza di poche centinaia di metri dalla periferia di Portoscuso e a circa 2 km dall'abitato di Paringianu.

Il territorio è sito nel Comune di Portoscuso (con le annesse frazioni Paringianu, Carbonaxia e Bruncuteula) e ha i seguenti confini:

- a Nord-Ovest: abitato di Portoscuso;
- a Sud: Mar di Sardegna (Laguna di Boi Cerbus sino a Punta S'Aliga inclusa);
- a Ovest: Mar di Sardegna;
- a Est: località S'Ega Arrubiedda, Terra Niedda, e Sa Schina de Mesu, sul confine comunale tra Portoscuso e Carbonia.

La morfologia dell'area vasta è caratterizzata da una zona sub-pianeggiante che corrisponde alla fascia costiera, delimitata nel settore orientale da una serie di rilievi collinari di modesta elevazione, aventi una quota massima di 100 m s.l.m. Oltre alla piana costiera, l'area vasta comprende:

- a Nord-Ovest una parte dell'abitato di Portoscuso;
- a Nord l'area occupata dal sito industriale di Portovesme;
- a Nord Est e Est i rilievi collinari che orlano l'area industriale;
- a Sud Est i rilievi collinari su cui insistono gli abitati di Paringianu e di Carbonaxia, i rilievi di Sa Serra di Paringianu e di Br.Cu Teula;
- a Sud la fascia costiera posta in corrispondenza della laguna di Boi Cerbus.

Dal punto di vista idrografico, l'area vasta ricade all'interno del bacino del Rio Flumentepido (il quale si origina in prossimità del Monte Santu Miai), presenta un'estensione di circa 116 km² e alimenta la laguna di Boi Cerbus, situata a sud dell'area di ampliamento ad una distanza di circa 600 m. I principali corsi d'acqua, drenanti in direzione ENE-WSW, sono rappresentati dal Canale di Paringianu e dal rio Perdaias (tratto terminale del rio Ghilotta), messo in collegamento con il Canale Paringianu attraverso un collegamento artificiale (Canale di Guardia). Il Canale Paringianu corrisponde al tratto terminale canalizzato del Rio Flumentepido, che originariamente drenava a nord della Laguna di Boi Cerbus, con un andamento meandriforme di cui è ancora riconoscibile l'alveo al margine della laguna stessa. La foce del canale è stata spostata a sud e l'alveo rivestito di calcestruzzo per un tratto di 3 km dalla foce.

Nel settore SE dell'area in esame è presente lo Stagno e' Forru, delimitato a N dal rilievo di Sa Serra Paringianu e a SW dal rilievo di Bruncu Teula. In tale settore sono anche presenti

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 6 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

alcuni rii (riu Murtas e Piriu de is Perdas), sede di drenaggio solo in occasione di eventi piovosi particolarmente intensi e prolungati.

Fatta eccezione per il canale Paringianu, tutte le altre aste sono costituite da incisioni normalmente secche che drenano solo in occasione di eventi meteorici di particolare intensità.

All'interno dell'area industriale il drenaggio delle acque superficiali avviene attraverso un sistema di fossi di raccolta posti a margine della rete viaria.

La climatologia dell'area ricalca sostanzialmente, nonostante alcune differenze, quella tipica della fascia costiera dell'isola. Il clima della Sardegna è definito come tipico "clima mediterraneo insulare". L'isola, infatti, è lambita dalle famiglie cicloniche di origine atlantica che penetrano nel mediterraneo, specie nel semestre freddo, spostandosi da occidente verso oriente. La loro influenza è, però, mitigata dall'azione termoregolatrice delle masse marine che circondano la regione. In forza di ciò, risulta che la regione sarda è, tra quelle italiane, una delle più soleggiate durante tutto il corso dell'anno, e ciò influisce conseguentemente sul suo clima e sul clima dei suoi distretti.

Gli elementi vegetazionali caratterizzanti l'area di studio, a livello di area vasta, sono la macchia, distribuita con una certa uniformità, le colture agricole, diffuse nelle pianure del Rio Flumentepido, e le colture legnose, presenti soprattutto a Nord di Portoscuso.

Per quanto riguarda le coperture naturali, esse sono costituite essenzialmente dalla macchia, mentre la copertura boschiva è assai limitata, a causa delle pratiche colturali, dei pascoli e, più in generale, delle diverse forme di antropizzazione, che ne hanno determinato la quasi scomparsa. Riveste un certo pregio solo quella dell'area di Boi Cerbus – Punta S'Aliga.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 7 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

3 CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA

Il principale fattore che influenza il clima della Sardegna è costituito dalla sua posizione geografica. Infatti l'isola si trova in piena area climatica mediterranea, tra il dominio dei venti occidentali e quello delle masse d'aria calda tropicali. Un ulteriore fattore è dato dalla conformazione del bacino occidentale del mediterraneo che presenta particolari condizioni dovute alla presenza a nord-ovest dell'area continentale sud europea, ad ovest dell'Oceano atlantico e a sud dell'area sud- sahariana.

La Sardegna presenta un clima tipicamente mediterraneo, con inverni miti e temperature che lungo le coste scendono raramente sotto i zero gradi. D'estate il clima è caldo e secco con temperature che superano i 30°C con punte anche superiori ai 40°C. Nelle aree interne il clima acquisisce un carattere di tipo continentale con forti escursioni termiche e temperature minime invernali che possono anche scendere di qualche grado sotto lo zero.

Nell'isola le precipitazioni, generalmente, non sono abbondanti ma nel contempo concentrate prevalentemente nei mesi invernali tra ottobre e marzo; le aree più piovose sono quelle occidentali che durante i mesi estivi diventano le più aride di tutta l'isola. Tra maggio e settembre, quando il Mediterraneo è dominato dagli anticicloni, si ha invece la stagione secca con tempo soleggiato per lunghi periodi, con l'unica eccezione per i rilievi interni dove si verificano occasionali temporali.



La Sardegna è una regione particolarmente esposta ai venti a causa dell'assenza di importanti masse continentali che ostacolano il movimento delle masse d'aria. I venti dominanti sono il Maestrale e lo Scirocco. In estate il Maestrale mitiga le temperature, mentre d'inverno è spesso responsabile di irruzioni fredde e piovose. Lo Scirocco, proveniente da sud, si accompagna spesso alle polveri provenienti dal deserto del Sahara ed è responsabile di ondate di calore durante l'estate, mentre durante l'inverno è la principale causa di maltempo sulle aree meridionali della Sardegna.

Un'analisi approfondita delle condizioni meteo-climatiche del territorio in studio è stata condotta attraverso l'analisi dei dati giornalieri rilevati dalle stazioni termo-pluviometriche gestite dal Distretto Idrografico della Sardegna – "Servizio Tutela e Gestione delle Risorse Idriche, Vigilanza sui Servizi Idrici e Gestione della Siccità".

L'analisi delle condizioni termo-pluviometriche è stata condotta utilizzando i dati giornalieri rilevati dalla stazione pluviometrica del Servizio Idrografico della Regione Sardegna di Flumentepido, ubicata a 60 m s.l.m. I dati analizzati sono quelli compresi tra il 1922 e il 2014 per le precipitazioni e gli anni dal 1988 al 2011 per le temperature.

Tab. 3-1: Stazione termopluviometrica di riferimento.

Stazione	Longitudine	Latitudine	Altezza s.l.m. (m)
Flumentepido	1455280	4337780	60

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 8 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

3.1 Temperatura

Per lo studio dell'andamento delle temperature nell'area interessata dai tracciati dei metanodotti sono stati utilizzati i dati relativi alle temperature mensili rapportata ai 24 anni di osservazioni nel periodo 1988–2011 della stazione di riferimento.

Dall'analisi della serie storica delle temperature, è emerso che il valore di picco di temperatura, 37 °C, è stato registrato nell'agosto del 2003 e che quello stesso anno risulta essere anche l'anno più caldo dell'intera serie storica. Di contro, il valore di temperatura minima assoluta registrato è di 3 °C nel mese di febbraio 2005, ma l'anno più freddo è il 1990.

Tab. 3-2: Medie delle temperature massime mensili dal 1988 al 2011.

Stazione	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Media
Flumentepido	15,5	15,1	18,1	19,8	24,2	29,6	32,6	32,8	27,6	24,7	18,8	14,9	22,8

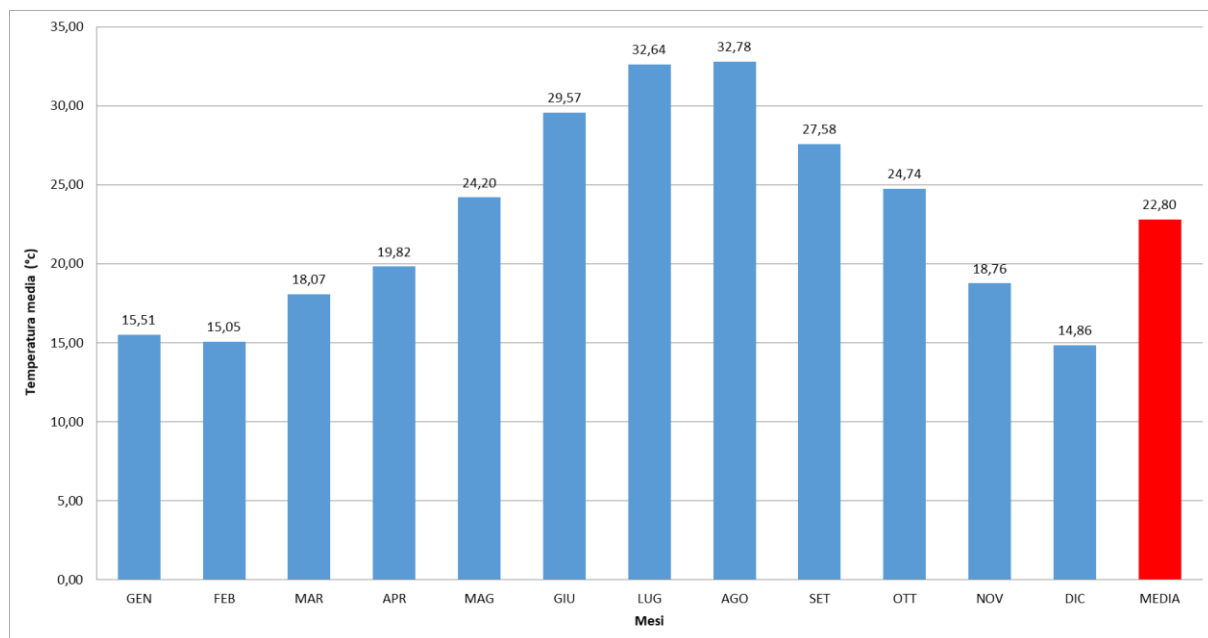



Fig. 3-1: Andamento delle temperature massime mensili (1988-2011).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 9 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

Tab. 3-3: Medie delle temperature minime mensili dal 1988 al 2011.

Stazione	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Media
Flumentepido	5,5	5,0	6,7	8,8	12,0	16,0	18,7	19,3	16,1	13,1	10,4	6,3	11,5

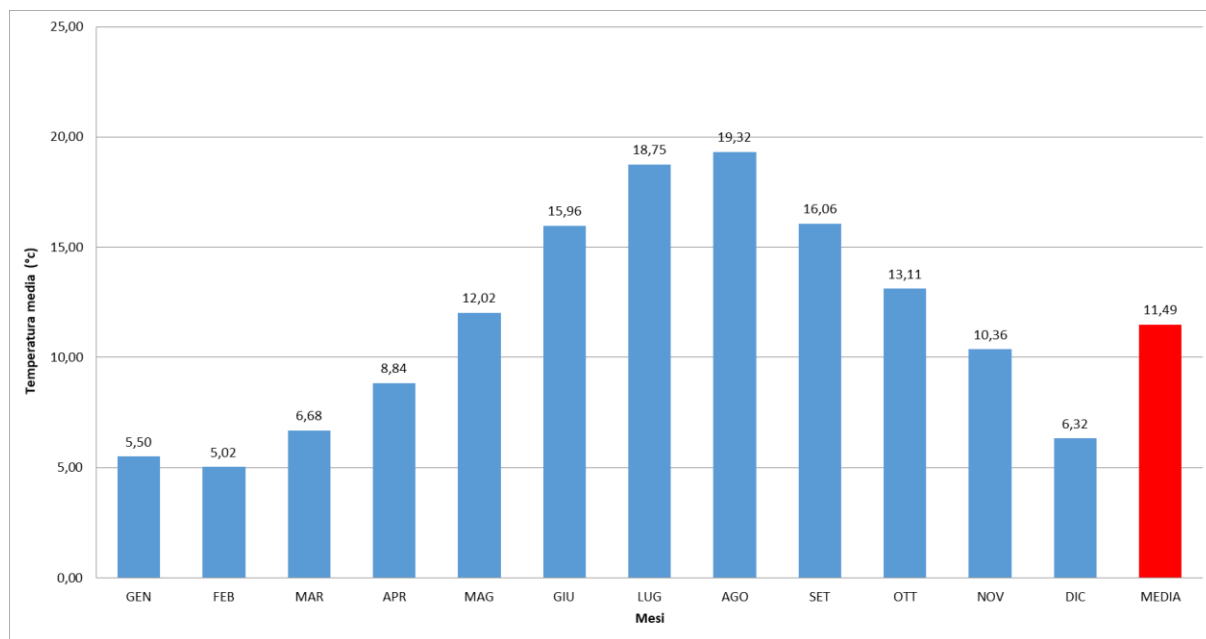




Fig. 3-2: Andamento delle temperature minime mensili (1988-2011).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 10 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

3.2 Piovosità

L'analisi delle condizioni pluviometriche dell'area interessata dal tracciato del metanodotto è stata condotta utilizzando i dati della serie storica 1922-2014, ottenuti dalle medie di 92 anni di osservazioni, rilevati nelle stazioni pluviometriche di riferimento gestite dal Distretto Idrografico della Regione Sardegna.

I dati analizzati indicano per il territorio in studio una piovosità media annua pari a 592,7 mm con valori massimi di 1087,3 mm e minimi di 272,2 mm, con una concentrazione delle precipitazioni nei mesi di novembre, dicembre, mentre agosto risulta, come in tutta la Sardegna, il mese meno piovoso.

Dall'analisi della serie storica, si deduce che l'annata pluviometrica di maggiore intensità registrata dal 1922 al 2014 sia quella del 1963 con un totale di 1087,3 mm di pioggia d'accumulo, mentre il 1948 con 272,2 mm rilevati risulta essere l'anno meno piovoso.

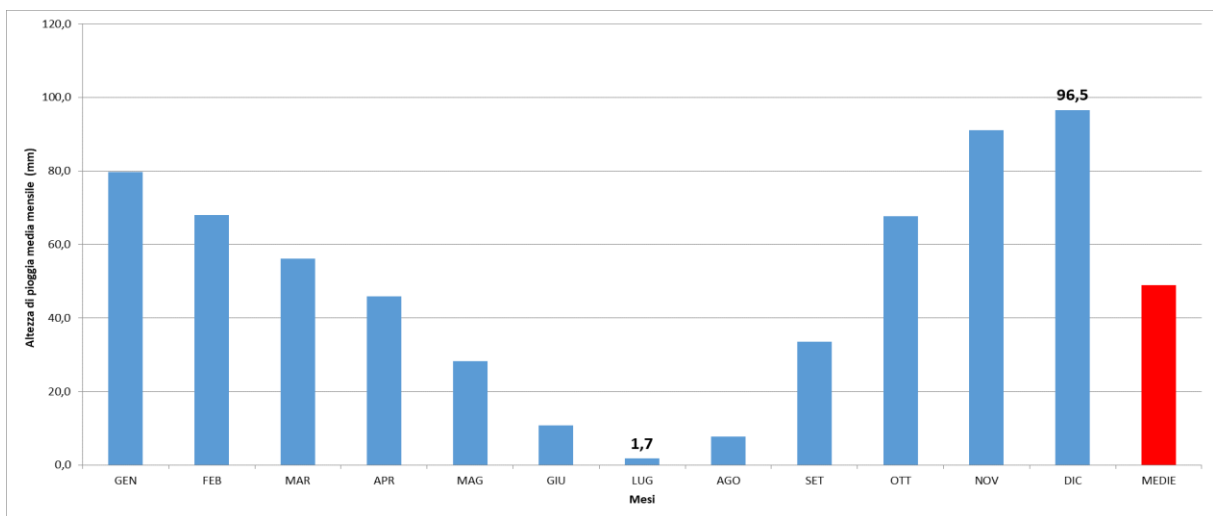


Fig. 3-3: Andamento delle precipitazioni medie mensili (1922-2014).

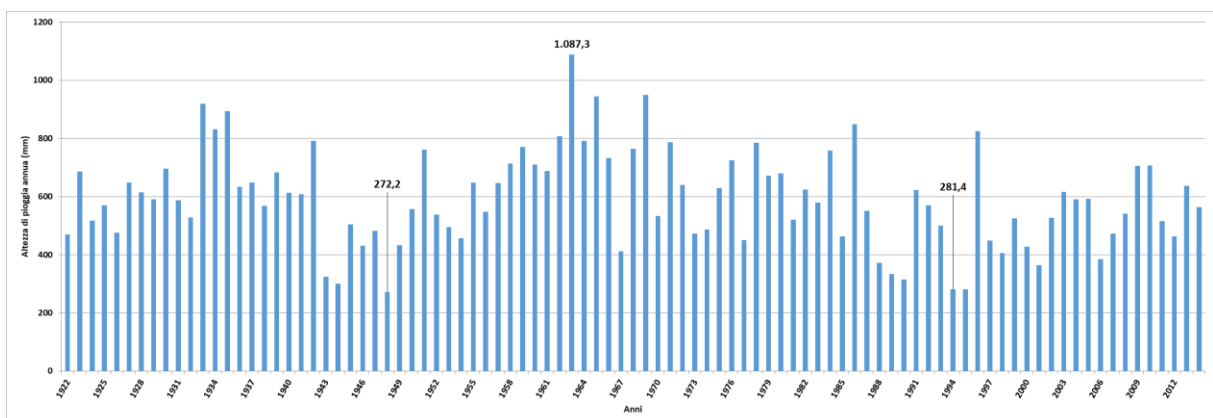


Fig. 3-4: Andamento delle precipitazioni totali annue (1922-2014).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 11 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

3.3 Regime climatico

I dati di piovosità e temperatura possono essere correlati analiticamente fra loro allo scopo di calcolare alcuni importanti indici climatici. Uno tra i più importanti è l'Indice di aridità di De Martonne che quantifica il clima (e gli eventuali processi di desertificazione) pesando i parametri di temperatura e pluviometria.

I valori di precipitazione totale di ciascun anno sono stati messi in relazione con le corrispettive temperature medie annue, secondo i termini della seguente formula:

$$I = P/(T+10)$$

dove:

- **P** = precipitazione totale annua (mm);
- **T** = temperatura media annua (°C).

I valori ricavati permettono di identificare una tipologia climatica secondo la classificazione di De Martonne riportata in Tab. 3-4.

L'andamento dell'indice di De Martonne, calcolato incrociando i dati termo-pluviometrici annuali relativi agli anni dal 1988 al 2014 mediati sulle varie stazioni prese in considerazione è presentata in Fig. 3-5. Il risultato dell'elaborazione grafica mostra come l'indice di aridità sia stato caratterizzato da oscillazioni, nell'arco dei 24 anni considerati, comprese fra 10,21 e 30,82, con un valore medio pari a 18,79. Tali valori sono influenzati sia dal breve periodo di osservazione, sia dagli eventi pluviometrici di eccezionale intensità che falsano il grafico con dei picchi.

Tab. 3-4: Classificazione di De Martonne.

Valore dell'indice di De Martonne	Tipo di clima
$0 < I < 5$	Arido estremo
$5 < I < 15$	Arido
$15 < I < 20$	Semiarido
$20 < I < 30$	Subumido
$300 < I < 60$	Umido
$I > 60$	Perumido

Tale valutazione indica, quindi, una tipologia climatica "Semiarida", in accordo con l'evoluzione climatica della Sardegna centro-meridionale. Stesse considerazioni possono essere fatte per l'andamento della retta di regressione, avente un aumento della pendenza lungo l'asse cronologico (asse delle ascisse). Andando ad eliminare i vari picchi del grafico avremo una tendenziale invariabilità dell'indice di aridità nel tempo ed una tipologia climatica sostanzialmente costante nel periodo di tempo considerato.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 12 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

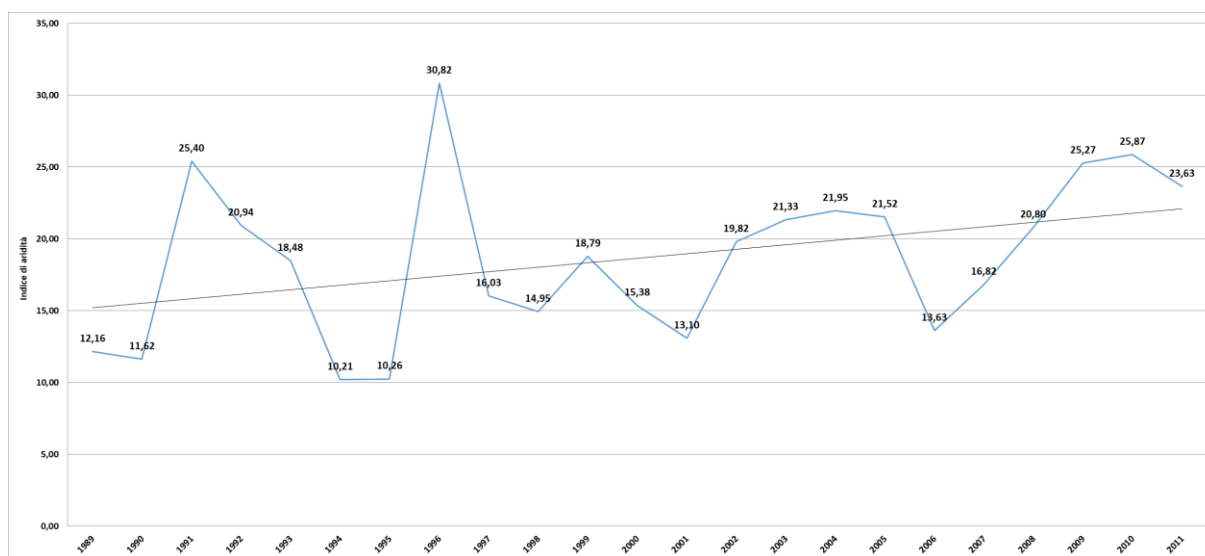


Fig. 3-5: Andamento dell'indice di aridità di De Martonne, elaborato sulla media dei dati registrati dalla stazione termopluviometrica di riferimento (anni 1989-2011).

Per il calcolo del bilancio termopluviometrico annuo di un territorio viene adottata generalmente l'elaborazione di **Bagnouls-Gaussien**, che mette in relazione la quantità di precipitazioni medie mensili con i valori delle temperature medie mensili. Tale analisi può essere sintetizzata graficamente mediante un apposito diagramma detto "diagramma termopluviometrico di Bagnouls-Gaussien" che riporta in ascissa il tempo espresso in mesi, sulle ordinate a destra la scala delle temperature e a sinistra quella delle precipitazioni in scala doppia (es.: al segno di graduazione dei 10 °C sull'asse di sx deve corrispondere il segno di graduazione dei 20 mm di pioggia sull'asse di dx; a 20 °C = 40 mm di pioggia, e così via).

Tale relazione può quindi essere riassunta dalla formula:


$$T(^{\circ}\text{C}) = 2 P(\text{mm})$$

dove:

- **T** = valore medio della temperatura mensile ricavato elaborando i valori medi mensili di ciascun anno del periodo considerato;
- **P** = valore medio della precipitazione mensile ricavato elaborando le precipitazioni mensili di ciascun anno del periodo considerato.

Il diagramma così elaborato permette di valutare immediatamente il cosiddetto "periodo di siccità" o "deficit idrico" dell'anno che ha inizio quando la curva delle precipitazioni scende al di sotto della curva delle temperature e termina quando l'andamento si inverte, individuando così i periodi di "surplus idrico".

Esaminando la figura successiva (vedi Fig. 3-6) si può rilevare come il periodo di "deficit" idrico risulti alquanto prolungato nel corso dell'anno (circa 4 mesi), iniziando a metà del mese di

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 13 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

maggio per terminare a metà settembre, con un valore di massima siccità attribuibile al pieno periodo estivo ed in particolare al mese di luglio, comprovando un clima di tipo mediterraneo.

Infine, per quanto concerne la durata dei periodi di “surplus” idrico, si può osservare come questi siano leggermente maggiori nel periodo autunnale rispetto ai mesi invernali.

Alla luce di tale analisi, quindi, si può osservare un bilancio idrico medio annuo tendenzialmente in surplus idrico o quanto meno non perfettamente controbilanciato dalla quantità di precipitazioni incidenti annualmente sul territorio in esame.

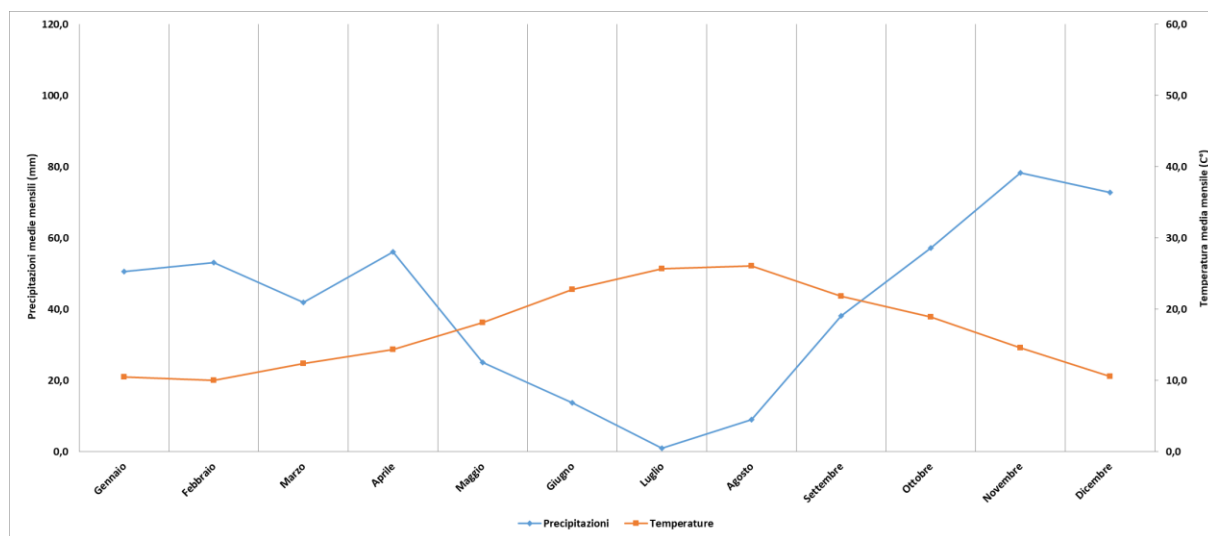


Fig. 3-6: Diagramma termopluviometrico di Bagnouls – Gausсен calcolato sulla media della stazione di riferimento (anni 1989-2011).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 14 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

3.4 Evapotraspirazione

L'evaporazione consiste nel passaggio dell'acqua dallo stato liquido a quello di gassoso. Questo processo fisico è controllato sia dalla disponibilità di energia in corrispondenza della superficie evaporante, sia dalla facilità con cui il vapore acqueo può diffondersi nell'atmosfera. In letteratura sono state adoperate numerose definizioni per identificare i processi evaporativi ed evapotraspirativi, a seconda che essi avvengano in condizioni di disponibilità idrica ottimale o di stress idrico, oppure in uno specchio d'acqua o in un terreno, oppure ancora in riferimento ad un particolare tipo di pianta o coltura piuttosto che ad un'altra.

Vista l'estensione dell'area in studio, si è deciso di effettuare il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale dell'area interessata dal tracciato del metanodotto attraverso l'utilizzo di metodi indiretti, basati sulla temperatura e il regime pluviometrico. Come input sono stati utilizzati i dati della serie storica riferiti al periodo 1989 -2014.

L'evapotraspirazione viene calcolata con la formulazione di Turc (1954) la quale presuppone la conoscenza dell'altezza totale delle precipitazioni (mm/anno) riferita ad un numero di anni statisticamente significativo e della temperatura media dell'aria T (°C) relativa allo stesso periodo. Il metodo di Turc (1954), si basa sulla seguente trattazione empirica:

$$E_{TR} = \frac{P}{\sqrt{[0,9 + (P^2/L^2)]}}$$

dove:

- **E_{TR}** = Evapotraspirazione reale (mm/anno);
- **P** = Precipitazioni (mm/anno)
- **L** = 300+25Ti+0,05Ti
- **Ti** = Temperatura media dell'i-esimo mese

I valori di evapotraspirazione ottenuti per le varie stazioni termopluviometriche considerate, sono:

Tab. 3-5: Valori di evapotraspirazione ottenuto per la stazione di riferimento.

ETR													
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	MEDIA
P - Precipitazione (mm/mese)	50.54	53.13	41.89	56.03	25.12	13.75	0.98	8.95	38.17	57.11	78.33	72.77	592.70
T - Temperatura (°C)	10.50	10.04	12.37	14.33	18.11	22.77	25.69	26.05	21.82	18.92	14.56	10.59	
L	620.47	601.48	704.08	805.53	1049.63	1459.04	1790.42	1835.13	1365.11	1111.94	818.26	624.01	
ETR (mm/mese)	53.08	55.76	44.07	58.91	26.47	14.49	1.03	9.43	40.21	60.11	82.14	76.13	521.84
Tc - Temperatura Corretta (°C)	12.2085012												
Lc	696.19												
ETR (mm/annui)	496.35												

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 15 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

Il valore annuo di evapotraspirazione reale E_{TR} così ottenuto, in realtà non tenendo conto di numerosi parametri, tende a sovrastimare il reale valore di E_{TR} . È stato dimostrato che il tasso di evapotraspirazione, a parità di condizioni pedologiche e climatiche, dipende dal grado di umidità esistente al suolo, ovvero dalle precipitazioni. Sulla base di queste considerazioni, nella formula di Turc precedentemente proposta, la temperatura media dell'aria viene corretta in funzione della piovosità.

Il valore della temperatura corretta è dato dalla seguente espressione:

$$T_c = (\sum P_i * T_i) / \sum P_i$$

dove:

- **P_i** = Precipitazione media dell'i-esimo mese (mm/anno);
- **T_i** = Temperatura media dell'i-esimo mese.

L'evapotraspirazione reale, calcolata con la formula di Turc, per l'area in esame mostra valori di 496,35 mm/a, calcolato sulla media della stazione di riferimento.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 16 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

4 AMBIENTE IDRICO

Lo studio idrologico è stato condotto al fine di individuare e descrivere le peculiarità dei corpi idrici superficiali e sotterranei che interagiscono in maniera diretta e indiretta con la condotta dei metanodotti.

L'analisi, condotta in riferimento agli strumenti programmatici e pianificatori predisposti della Regione Autonoma della Sardegna, ha consentito di definire le caratteristiche peculiari dei principali corsi d'acqua interferenti con il tracciato, e di distinguere i corpi idrici sotterranei in base alle litologie e al grado di permeabilità.

Le informazioni presenti in questo capitolo sono state desunte in parte dalla consultazione degli strumenti di pianificazione pubblicati dall'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, in particolare dal:

- Piano di Tutela delle Acque (art. 44 D.Lgs. 152/99 e s.m.i. - art. 2 L.R. 14/2000 - Dir. 2000/60/CE).
- Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna (Direttiva 2000/60/CE);
- Riesame e aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna (Primo ciclo di pianificazione - 2009; Secondo ciclo di pianificazione - 2015);

Inoltre sono stati consultati i seguenti Sistemi Informativi Regionali:



- SIRA: Sistema Informativo Regionale Ambientale;
- CeDoc: Centro di Documentazione dei Bacini Idrografici.

4.1 Idrografia superficiale

L'idrografia della Sardegna si presenta con i caratteri tipici delle regioni mediterranee. Tutti i corsi d'acqua sono caratterizzati da un regime torrentizio, dovuto, fondamentalmente, alla stretta vicinanza tra i rilievi e la costa. I corsi d'acqua hanno prevalentemente pendenze elevate, nella gran parte del loro percorso, e sono soggetti ad importanti fenomeni di piena nei mesi tardo autunnali ed a periodi di magra rilevanti durante l'estate, periodo in cui può verificarsi che un certo corso d'acqua resti in secca per più mesi consecutivi. Gli unici corsi d'acqua che presentano carattere perenne sono il Flumedosa, il Coghinias, il Cedrino, il Liscia, il Temo ed il fiume Tirso, il più importante dei fiumi sardi.

In ambito di programmazione delle risorse idriche la Sardegna, con deliberazione della Giunta Regionale n. 45/57 del 30.10.1990, 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). Tale suddivisione è stata fatta basandosi sulle effettive demarcazioni idrografiche e sulla forte interconnessione esistente a livello di risorsa ma anche di utilizzo; ogni sub-bacino è inoltre caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche.

Sulla base di questa suddivisione, il tracciato del metanodotto di Portovesme è ricompreso nel Sub-Bacino 1 Sulcis (Fig. 4-1).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 17 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

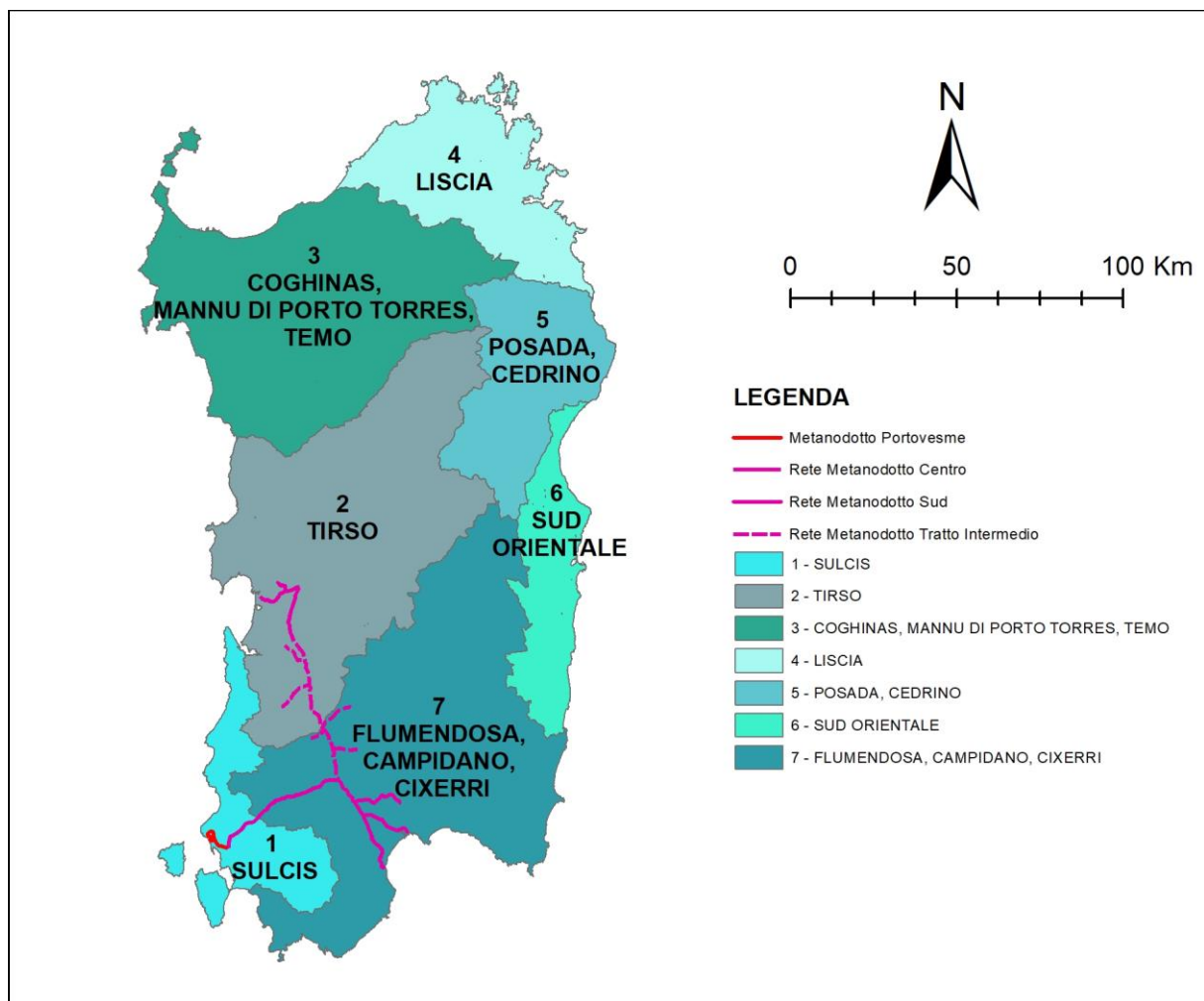




Fig. 4-1: Suddivisione del territorio regionale nei 7 in Sub-Bacini, con inserito il tracciato dell'opera in progetto.

Una comprensione più di dettaglio dell'idrografia della regione è fornita dal Piano di Tutela delle Acque predisposto dalla Regione Autonoma della Sardegna, all'interno del quale, il territorio regionale è stato suddiviso in Unità Idrografiche Omogenee (U.I.O.).

Dette Unità sono costituite da uno o più bacini idrografici limitrofi (partendo dai bacini drenanti sui corpi idrici significativi del 1° ordine si sono accorpati i bacini minori territorialmente omogenei per caratteristiche geomorfologiche o idrografiche o idrologiche), a cui sono state convenzionalmente assegnate le rispettive acque superficiali interne nonché le relative acque sotterranee e marino costiere.

L'Unità Idrografica Omogenea interessata dall'opera in progetto (vedi Fig. 4-2) è l'**U.I.O. del Palmas**, che racchiude gran parte del Sulcis-Iglesiente.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 18 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

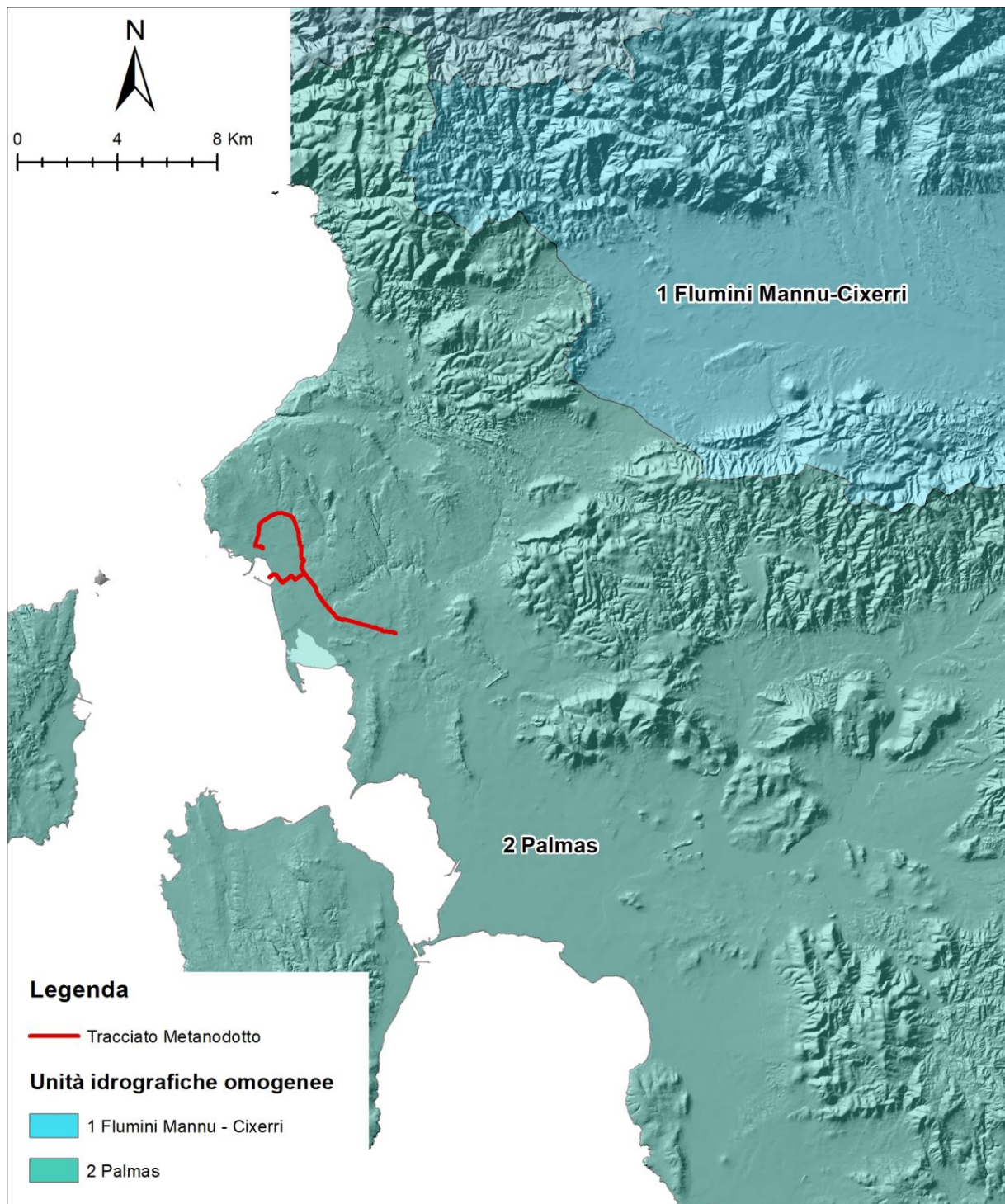


Fig. 4-2: Unità Idrogeologiche Omogenee interessate dai tracciati dei metanodotti.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 19 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

4.1.1 U.I.O. del Palmas

L'U.I.O. del Palmas ha un'estensione di circa 1299,60 kmq e comprende oltre al bacino principale, del Rio Palmas, i bacini delle due isole di Sant'Antioco e di San Pietro e una serie di bacini minori situati nella costa sud-occidentale dell'Isola, tra cui si citano per importanza quelli del Rio Flumentepido, del Riu Sa Masa e del Riu de Leunaxiu. Tra i bacini ricadenti nell'U.I.O. del Palmas i tracciati dei metanodotti in progetto, ricadono all'interno del bacino del Rio Flumentepido.

Tab. 4-1: U.I.O. del Palmas – Elenco bacini interessati dai tracciati dei metanodotti.

ID	Nome del Bacino Idrografico	Codice Bacino CEDOC	Area Bacino (Km ²)
29	Rio Flumentepido	0252	141,68

- Il bacino del Flumentepido:** si estende su una superficie di 120,2 kmq ed è delimitato dai rilievi paleozoici di: Punta Seruci, Serra Murras, Monte Barega, Monte Oi, Monte Santu Miai, Monte Spina, Monte Sirai. L'asta principale misura circa 23,5 Km e riceve dalla destra idrografica i diversi torrenti provenienti dai Monti di Barega, mentre dalla sinistra idrografica ha una buona rilevanza il Canale Peddori che, con un percorso ricco di meandri, corre seguendo lo spartiacque meridionale. Il maggior contributo un tempo proveniva dalle sorgenti di Caput Acquis di Barbusi, che attualmente vengono captate direttamente in falda e sfruttate per uso civile. In corrispondenza del substrato paleozoico la densità del reticolo risulta moderatamente accentuata, mentre lo è meno sulle formazioni oligo-mioceniche. Anche il drenaggio presenta delle variazioni, passando da un modello sub-dendritico nel paleozoico ad uno parallelo nelle litologie più recenti, ma in alcune aree drenate dal sistema del canale Paringianu si ravvisa un modello angolato.
- Rio Flumentepido** ha origine in prossimità di Monte Santu Miai e trova sbocco col nome di Canale di Paringianu. L'asta principale si sviluppa secondo la direttrice tettonica nord-est sud-ovest, conformazione imputabile alla complessa evoluzione geologica che ha subito il territorio sulcitano. Nel tratto di monte riceve alcuni affluenti secondari di modesta entità, il riu Ariena (intercettato dal tracciato), il Riu Barbaraxinu e il Riu Pabionis e durante il suo corso riceve anche le acque di alcuni scarichi significativi. In corrispondenza della confluenza con i tre affluenti secondari si riscontra un allargamento della piana alluvionale, fino a 300 m circa, dove ha avuto notevole sviluppo l'agricoltura. Verso valle, l'asta compie una doppia curva e la pianura alluvionale continua ad allargarsi fino a raggiunge un'ampiezza massima di circa 350 m, in corrispondenza della curva a monte del ponte della Ferrovia Carbonia-Villamassargia-Domusnovas. A valle del ponte, la geometria dei meandri appare interrompersi poiché l'alveo si presenta sostanzialmente canalizzato, assumendo un andamento rettilineo per circa 4 km, fino ai due ponti della Strada Statale Sud Orientale Sarda N. 126. In questo tratto, il corso d'acqua scorre con una pendenza più elevata in una piana alluvionale propria, sulla quale risultano individuabili alcune evidenze del passaggio delle piene più gravose. Successivamente il corso d'acqua riprende il suo andamento meandriforme, in cui l'alveo, moderatamente stretto e poco inciso, risulta

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 20 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

confinato da due versanti vallivi a pendenza elevata. Tale andamento viene nuovamente interrotto a monte della confluenza con il Canale di Guardia, punto in cui l'alveo prende il nome di Canale di Paringianu, presentandosi canalizzato per il resto del suo corso, attraversando una valle larga e pianeggiante.

4.1.2 Corpi idrici (CI) interessati dal progetto

La Tab. 4-2: Identificazione dei CI intercettati dal tracciato del gasdotto nel bacino idrografico del Rio Flumentepido identifica i Corpi Idrici fluviali (di seguito CI) interferenti con i tracciati in progetto ricadenti all'interno del bacino idrografico del Rio Flumentepido appartenente all'U.I.O. del Palmas. La tabella riporta inoltre la denominazione dell'asta fluviale intercettata dal tracciato, il bacino del fiume principale di appartenenza, l'ordine gerarchico, la lunghezza dell'asta fluviale e il comune in cui ricade l'intersezione.

Tab. 4-2: Identificazione dei CI intercettati dal tracciato del gasdotto nel bacino idrografico del Rio Flumentepido

ID_CI_WISE	CEDOC	Bacino principale	Denominazione	Ordine	Lunghezza CI	Comune
-	-	Rio Flumentepido	Rio Perdaia	II Ordine	5623,68	Portoscuso
-	-	Rio Flumentepido	Rio De Su Cannoni	II Ordine	4166,52	Portoscuso
-	-	Rio Flumentepido	Canale Cogotti	II Ordine	1187,23	Portoscuso
0252 – CF000101	CS0001	Rio Flumentepido	Rio Flumentepido	II Ordine	13174,21	Portoscuso

In Tab. 4-3: Identificazione dei CI intercettati dai tracciati. si riporta inoltre la denominazione delle aste fluviale intercettate dai metanodotti, la chilometrica lungo la quale li intercetta, il bacino del fiume principale di appartenenza e l'ordine gerarchico.

Tab. 4-3: Identificazione dei CI intercettati dai tracciati.

ID_CI_WISE	Bacino principale	Denominazione	Ordine	Metanodotto	Chilometrica intercettata
-	Rio Flumentepido	Rio Perdaia	II Ordine	Der. Portoscuso	1+420
-	Rio Flumentepido	Rio De Su Cannoni	II Ordine	Der. Portoscuso	3+410 e 4+950
-	Rio Flumentepido	Canale Cogotti	II Ordine	Coll. FSRU Portovesme	5+087
0252 – CF000101	Rio Flumentepido	Rio Flumentepido	II Ordine	Coll. FSRU Portovesme	3+680

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 21 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

La Tab. 4-4 riporta le caratteristiche morfometriche dei bacini sottesi dai CI intercettati.

L'interazione con i corpi idrici avverrà solamente in fase di esecuzione dei lavori, in quanto l'attraversamento del corso d'acqua sarà realizzato con condotte interrato.



Tab. 4-4: Caratteristiche morfometriche dei bacini sottesi dai corpi idrici fluviali intercettati dai tracciati del gasdotto.

ID_CI_WISE	Bacino	Denominazione	Area (km ²)	Elev. Min	Elev. max	Elev. m s.l.m.	Pendenza %
-	Rio Flumentepido	Rio Perdaia	7,98	15,10	145,80	111,38	0,1303
-	Rio Flumentepido	Rio De Su Cannoni	0,92	2,18	145,52	104,2	0,1896
-	Rio Flumentepido	Canale Cogotti	6,45	14,23	40,94	55,11	0,0892
0252 – CF000101	Rio Flumentepido	Rio Flumentepido	84,46	16,18	613,20	169,28	17,51

Nella Tab. 4-5: Portate medie annuali per i corpi idrici fluviali interessati dai tracciati. Sono indicate le portate determinate in condizioni di naturalità e persistenza di acqua in alveo. Per i CI fluviali sono riportate le medie annuali e i volumi annui transitabili sulla base delle informazioni contenute nello studio del Nuovo SISS relativamente all'ultimo trentennio di dati disponibili (1963-1992).

Tab. 4-5: Portate medie annuali per i corpi idrici fluviali interessati dai tracciati.

Corpo Idrico Fluviale			Area Bacino (km ²)	Portata massima piena mc/s			
ID_CI_WISE	Bacino	Denominazione		Tr_50	Tr_100	Tr_200	Tr_500
-	Rio Flumentepido	Rio Perdaia	7,98	58,57	70,19	81,98	97,77
-	Rio Flumentepido	Rio De Su Cannoni	0,92	14,45	14,49	18,54	21,37
-	Rio Flumentepido	Canale Cogotti	6,45	32,48	38,87	45,35	53,99
0252 – CF000101	Rio Flumentepido	Rio Flumentepido	84,46	179,47	214,03	248,81	294,92

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 22 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

4.1.3 Le acque di transizione

Le acque di transizione che ricadono all'interno del bacino del Rio Flumentepido sono elencate in Tab. 4-6.

Tab. 4-6: Bacino del Flumentepido – elenco acque di transizione.

Codice Bacino	Denominazione	Distanza dal tracciato km	Metanodotto
0252-	Discarica Fanghi	0,15	Coll. FSRU Portovesme
0252	Peschiera di Boi Cerbus	1,30	Coll. FSRU Portovesme
0252	Stagno di Forrus	1,00	Coll. FSRU Portovesme

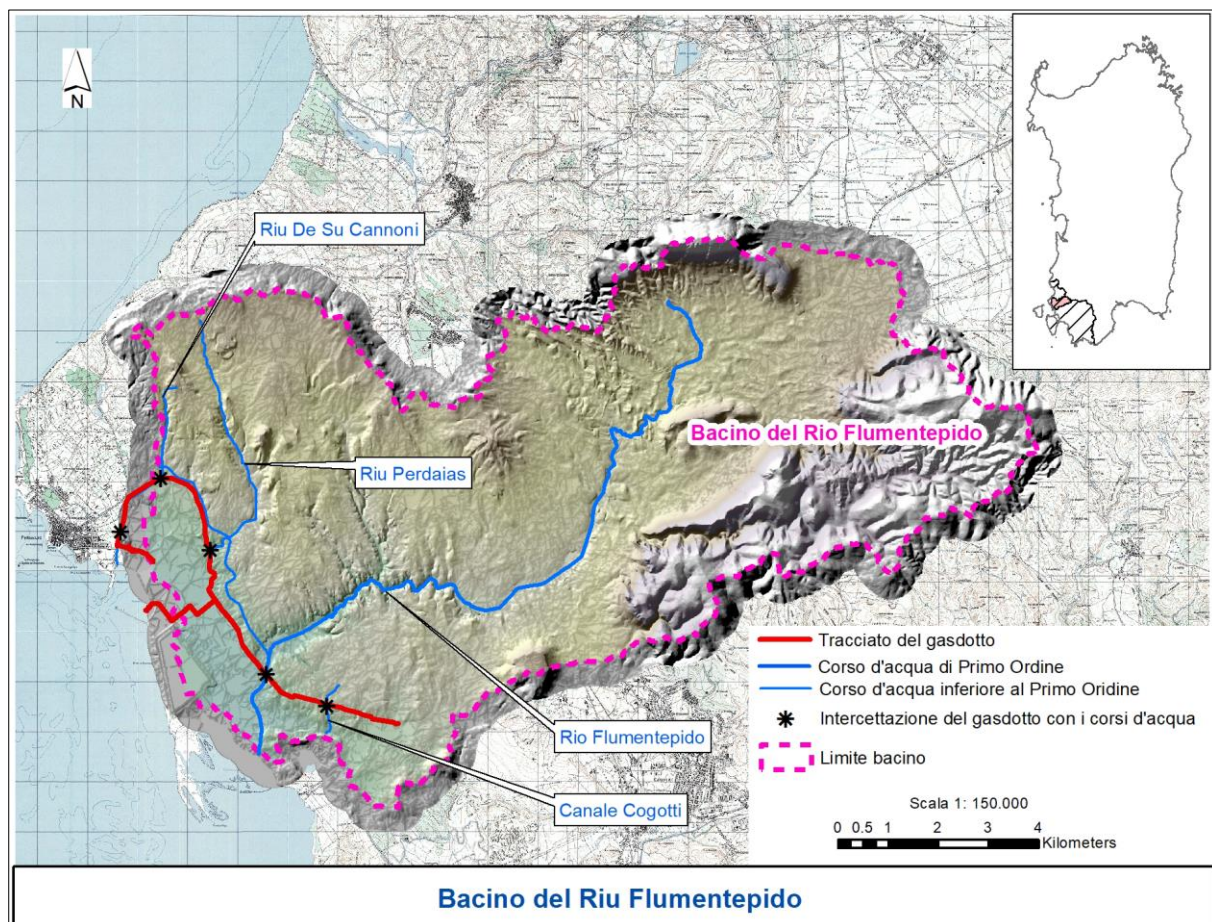


Fig. 4-3: Bacino dell'U.I.O. del Palmas, Bacino del Flumentepido e intercettazioni del tracciato del gasdotto con i corsi d'acqua principali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 23 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

I metanodotti sono opere a sviluppo lineare, che producono un impatto generalmente limitato sulle acque sotterranee. Infatti, il fattore principale di impatto, ovvero la profondità di scavo della trincea, è in linea di massima di valore ridotto. Nel progetto in esame può essere compreso tra poco meno di 2 metri (allacciamenti e stacchi con tubazioni di diametro nominale pari a 150 mm), ed un massimo di circa 2,5 metri (le linee principali con tubazioni di diametro nominale pari a 650 mm, per il Collegamento FSRU Portovesme). Valori superiori possono essere raggiunti localmente, in corrispondenza degli attraversamenti stradali o di corsi d'acqua.

5.1 Aspetti metodologici

Per l'analisi degli aspetti idrogeologici si è fatto riferimento alla classificazione dei corpi idrici sotterranei predisposta dalla Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna in ottemperanza della Dir. 2000/60/CE, nell'ambito dello studio denominato "Piano di Monitoraggio dei Corpi Idrici Sotterranei della Sardegna".

Nel piano, per la definizione e l'individuazione dei confini dei complessi idrogeologici degli acquiferi e dei corpi idrici, ci si è basati sulla Carta Geologica della Sardegna - scala 1:200.000 (Servizio Geologico Nazionale, 1996) e sulle informazioni desunte dalle stratigrafie dei sondaggi disponibili per le aree non in affioramento.



La suddivisione dei complessi idrogeologici in acquiferi invece è stata predisposta sulla base di limiti geologici o idrodinamici, mentre quella degli acquiferi in corpi idrici è stata effettuata sulla base di limiti geologici, limiti idrodinamici, differenze significative sulla distribuzione delle pressioni antropiche o sulla base dello stato di qualità desunto dai monitoraggi disponibili.

Particolare attenzione merita l'aspetto legato alla individuazione degli acquiferi in senso stretto, in quanto tutte le litologie, in funzione della loro porosità naturale e secondaria e dello stato di alterazione e di fratturazione possono potenzialmente essere attraversati da flussi idrici sia in modo permanente sia occasionale o temporaneo.

In riferimento alla Direttiva 2000/60/CE, il "Piano di Monitoraggio dei Corpi Idrici Sotterranei della Sardegna" identifica gli acquiferi sulla base del concetto di "flusso significativo" e di "estrazione di quantità significative". Cosa si debba intendere per flusso significativo o estrazione di quantità significative è chiarito dal D.lgs. 30/2009 che, coerentemente con il WFD CIS *Guidance document* n. 2, prevede che l'individuazione degli acquiferi debba comunque soddisfare due criteri: flusso significativo e quantità significativa. Le unità stratigrafiche sono da considerarsi pertanto un acquifero se uno o entrambi i criteri sono soddisfatti.

La metodologia suddetta può essere schematizzata come nella Fig. 5-1 che rappresenta la procedura prevista dal D.lgs. 30/2009 per l'individuazione degli acquiferi.

L'applicazione dei criteri descritti, nel Distretto Idrografico della Sardegna ha portato alla individuazione di 114 Corpi Idrici Sotterranei e di 38 Complessi Idrogeologici.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 24 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

Per ciascun Complesso Idrogeologico (C.I) sono elencati gli Acquiferi individuati (Acq) e i relativi Corpi Idrici Sotterranei (CIS): l'unione dei suddetti identificativi dà origine al codice univoco per ciascun corpo idrico (ID CIS).

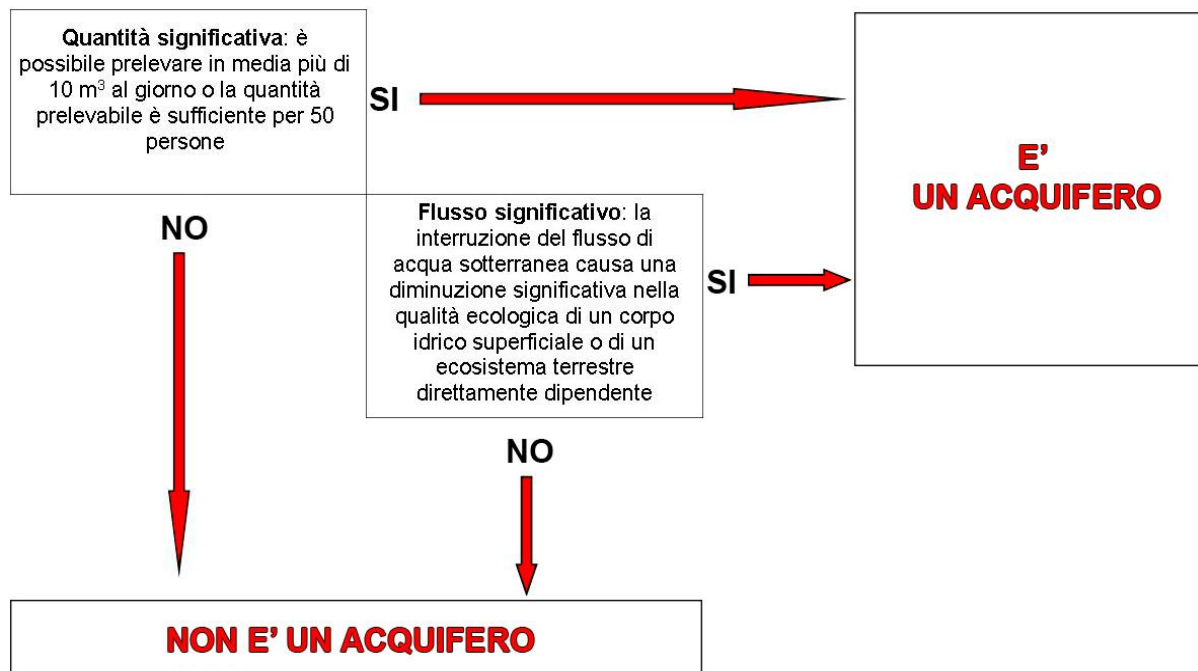


Fig. 5-1: Metodologia per la definizione degli acquiferi.



I tracciati dei metanodotti in progetto interessano esclusivamente le aree pianeggianti e sub-collinari della piana di Portoscuso.

In riferimento al “Piano di Monitoraggio dei Corpi Idrici Sotterranei della Sardegna”, nelle Tab. 5-1 e

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 25 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023


Tab. 5-2 vengono indicati i Complessi Idrogeologici che interferiscono direttamente con i tracciati oggetto di analisi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 26 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

Tab. 5-1: Unità idrogeologiche, litologie, tipo e grado di permeabilità dei complessi idrogeologici interessati dai tracciati del gasdotto.

ID	Complesso idrogeologico	Unità idrogeologiche	Descrizione delle litologie presenti nel complesso	Tipo e grado di permeabilità
14	Sulcis	Unità delle alluvioni plio-quadernarie	Depositi alluvionali conglomeratici, arenacei, argillosi; depositi lacustro-palustri	Permeabilità per porosità complessiva medio-bassa; localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana
30	Sulcis	Unità delle vulcaniti oligomioceniche	Rioliti, riolaciti, daciti e subordinate comenditi in espandimenti ignimbrici, cupole di ristagno e rare colate, con associati prodotti piroclastici e talora livelli epiclastici; andesiti, andesiti basaltiche, basalti andesitici erari basalti, talora brecciati, in cupole di ristagno e colate; gabbri, gabbrodioriti in corpi ipoabissali e quarzodioriti porfiriche; filoni associati	Permeabilità per fessurazione complessiva medio-bassa, più alta nei termini con sistemi di fratturazione marcati (espandimenti ignimbrici e lavici) e più bassa in quelli meno fratturati (cupole di ristagno) e nei livelli piroclastici ed epiclastici

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 27 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

Tab. 5-2: Elenco dei corpi idrici sotterranei (CIS) interessati dai tracciati.

C.I.	Acq.	CIS	ID CIS	Denominazione corpo idrico
14	1	1	1411	Detritico-alluvionale plio-quadernario di Carbonia - Golfo di Palmas
14	3	1	1431	Detritico-Alluvionale plio-quadernario di Portoscuso
30	1	1	3011	Vulcaniti oligo-mioceniche del Sulcis
30	1	2	3012	Vulcaniti pligo-mioceniche di Portoscuso

C.I. = complesso idrogeologico; **Acq** = acquifero; **CIS** = corpo idrico sotterraneo

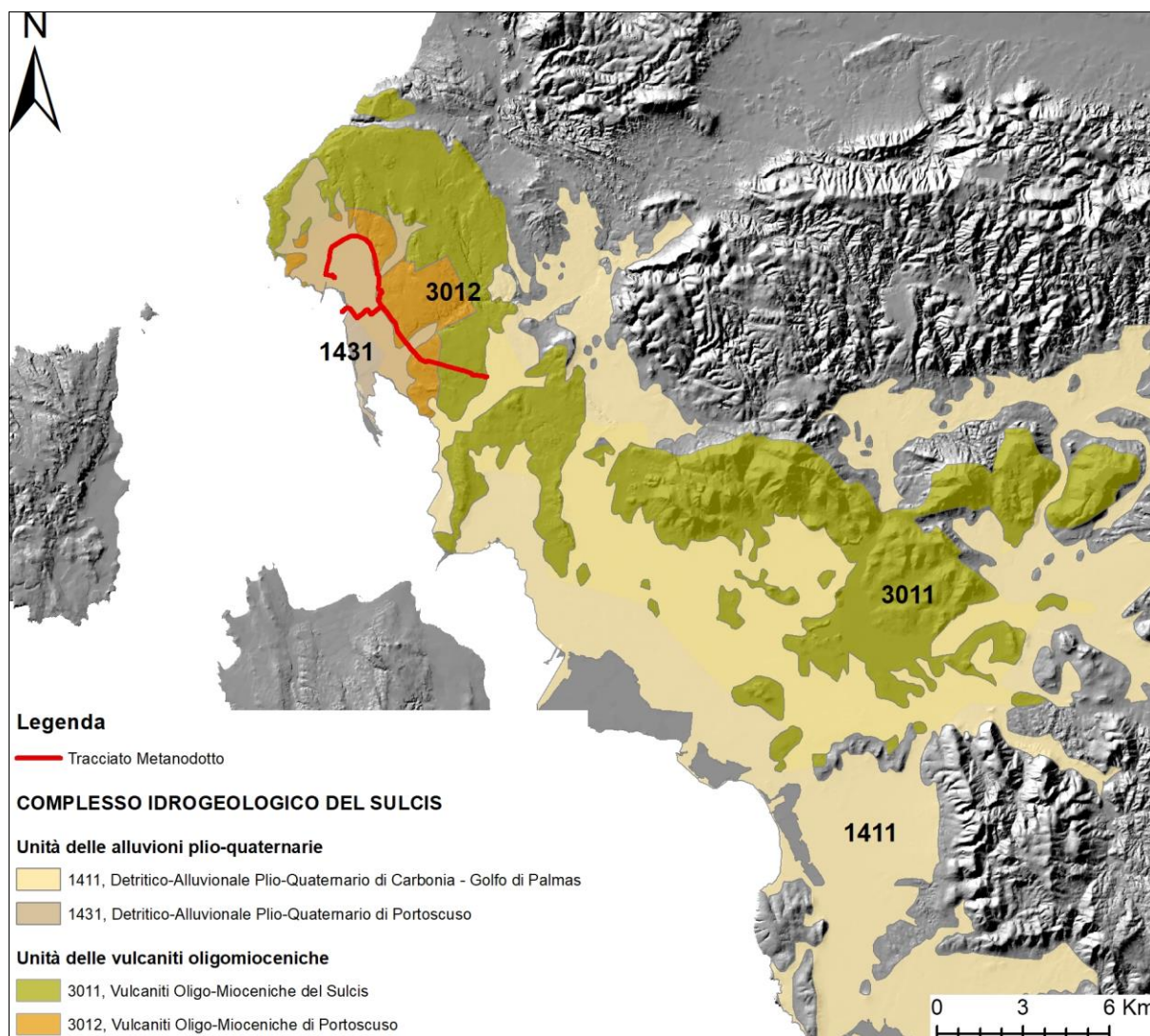



Fig. 5-2: Corpi idrici sotterranei interessati dalle opere in progetto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 28 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

5.2 Corpi idrici sotterranei interessati dal tracciato

I tracciati in progetto interferiscono in maniera continua con il Complesso Idrogeologico del Sulcis, rappresentato nell'area di interesse dall'Unità delle alluvioni plio-quadernarie e dall'Unità delle vulcaniti oligomioceniche.

I corpi idrici (C.I.) afferenti a queste due unità sono.

Unità delle alluvioni plio-quadernarie:

- C.I. Detritico-alluvionale plio-quadernario di Carbonia - Golfo di Palmas;
- C.I. Detritico-alluvionale plio-quadernario di Portoscuso;

Unità delle vulcaniti oligomioceniche:

- C.I. Vulcaniti oligo-mioceniche di Portoscuso;
- C.I. Vulcaniti oligo-mioceniche del Sulcis.

Tabella 5-1: Interferenze dei metanodotti in progetto con i corpi idrici sotterranei (CIS) interessati dai tracciati.

Da Km	A Km	Percorrenza parziale (Km)	Percorrenza totale (km)	ID CIS
Coll. FSRU Portovesme DN650 (26") DP 75 bar				
0,000	0,347	0,347	6,638	Non cartografato
0,347	1,801	1,454		1431
1,801	3,414	1,613		3012
3,414	3,794	0,380		1431
3,794	4,809	1,015		3012
4,809	6,638	1,829		3011
Derivazione per Portoscuso DN 400 (16") DP 75 bar				
0,000	1,170	1,032	5,619	3012
1,170	1,501	0,031		1431
1,501	2,867	0,054		3012
2,867	5,619	0,168		1431
Allacciamento Eurallumina DN 300 (12") DP 75 bar				
0,000	0,165	0,165	0,165	1431

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 29 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

In funzione delle caratteristiche litologiche e dei rapporti stratigrafici che contraddistinguono e accomunano i 4 corpi idrici presenti nell'area, questi, possono per semplicità essere accorpati in due complessi idrogeologici omogenei: quello detritico-alluvionale plio-quadernario, e quello delle vulcaniti oligo-mioceniche.

Il corpo idrico detritico-alluvionale plio-quadernario è rappresentato dall'insieme dei depositi detritici del Quadernario antico e recente, costituiti in prevalenza dalle sabbie e arenarie eoliche del Pleistocene superiore (PVM2b), estesamente diffuse soprattutto nel settore settentrionale della piana di Portoscuso-Carbonia, che in parte ricoprono e si interdigitano con le i depisiti di conoide del Pleistocene superiore (PVM2a) alimentate dai rilievi montano-collinari.

I depositi alluvionali terrazzati ed attuali (bn - b) formanti la rete di drenaggio superficiale attiva e inattiva dei rii che confluiscono poi nella Peschiera di Boi Cerbus, attraverso il canale di Paringianu, sono limitati agli stretti fondovalle che incidono sia i depositi alluvionali Pleistocenico-olocenici, sia il locale basamento litificato costituito dalla successione vulcanica oligo-miocenica.

Limitata importanza hanno i depositi olocenici e attuali di ambiente stagnale e lagunare a componente granulometrica per lo più limo-argillosa (e5) come quelli che si rinvengono lungo li Coll. FSRU Portovesme tra le progressive Km 4+780 e 5+090, in prossimità dello svincolo tra la SP2 Paringianu – Flumentepido e la strada per Bruncuteula, i depositi eluvio-colluviali (b2), i depositi detritici di versante (a) ed infine il variegato insieme di depositi antropici (h) per lo più dovuti alle attività minerarie del settore. Lo spessore complessivo può variare da qualche metro in prossimità dell'appoggio con i versanti impostati sulle varie litologie del basamento vulcanico sino a decine di metri in direzione prossimità della costa.

La permeabilità dell'acquifero quadernario è piuttosto varia in funzione della prevalenza di granulometrie fini o grossolane e in genere risulta medio-alta nei depositi alluvionali attuali e dell'Olocene recente mentre tende a diminuire decisamente entro le alluvioni Pleistoceniche e nelle coeve facies eoliche. La produttività comunque, anche nelle condizioni più favorevoli, è molto ridotta (< 1.l/sec). Studi effettuati sull'acquifero alluvionale quadernario hanno accertato una permeabilità di 0.7-0.8 x10⁻⁴ m/s e una trasmissività di 0.6 x10⁻³ mq/s su uno spessore del mezzo saturo di 8 m.

Dai dati provenienti da alcuni sondaggi eseguiti in prossimità dell'area di interesse dalla Carbosulcis S.p.A. la potenza dei depositi varia sino ad un massimo di 40 m. Il gradiente idraulico si aggira intorno al 2% ma tende ad aumentare sino al 6% in prossimità delle due faglie di Cortoghiana e di Paringianu, che si intersecano con direzione all'incirca ortogonale e danno origine a due soglie idrauliche.

Il corpo idrico delle vulcaniti oligo-mioceniche interferisce con il tracciato della condotta per circa 3 Km, prevalentemente nel settore meridionale dell'area in studio. L'acquifero è impostato principalmente entro i depositi vulcanici a prevalente carattere ignimbrítico, che si estendono lungo tutto l'entroterra sulcitano e la zona costiera sino a comprendere le isole di San Pietro e di Sant'Antioco, impostatisi nel corso del Miocene inferiore. Presenta una permeabilità per porosità secondaria (da fessurazione) che complessivamente può essere considerata medio-bassa, moderatamente più alta nei termini con sistemi di fratturazione più fitti e marcati (espandimenti ignimbríticos e lavici) e più bassa in quelli meno fratturati (cupole di ristagno) e nei livelli piroclastici ed epiclastici spesso argillificati. Talora, la presenza di intercalazioni

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 30 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

epiclastiche argillificate tra due differenti unità piroclastiche sovrapposte o di livelli di tufi e tufiti liparitiche a grana fine coerenti o pseudo coerenti con permeabilità molto bassa, oltre a consentire piccole emergenze idriche per limite di permeabilità, favorisce la formazione di acquiferi distinti e non intercomunicanti tra loro, in quanto la fessurazione di ciascun corpo vulcanico tabulare viene assorbita in modo plastico dall'intercalazione argillosa (che diventa conseguentemente un setto impermeabile). Questo complesso, ben individuabile all'interno della miniera di Nuraxi Figus ha una potenzialità complessiva valutabile in 20 l/sec.


In questo corpo idrico, dato l'esiguo numero dei pozzi distribuiti in maniera non uniforme, è difficile determinare l'andamento della piezometrica con precisione. Si individua comunque una falda di potenza limitata con gradienti idraulici rilevati tra 0,5 e 1 %.

Per quanto riguarda specificatamente le andesiti è stata verificata una permeabilità molto varia compresa tra da 0.16 e 0.016 x10⁻⁴ m/s, mentre la trasmissività per potenze del mezzo saturo comprese tra circa 10 e 200 m, altrettanto varia, viene valutata tra 0,35 e 1,4 x 10⁻³ mq/s.

Si tratta in ogni caso di acquiferi profondi, per cui le probabilità di una interazione diretta con gli scavi per la messa in opera del metanodotto e dei relativi impianti sono estremamente basse, qualora venisse intercettata la superficie piezometrica, saranno adottate le opportune tecniche di abbassamento della superficie piezometrica con sistemi well point. Dai risultati delle prove di emungimento risulta che gli acquiferi alluvionali sono quelli che possiedono le caratteristiche più omogenee di permeabilità e trasmissiva, mentre dalle prove condotte sulle vulcaniti si ricavano valori assai variabili, generalmente bassi legati all'intensità di fratturazione della roccia.

Lo schema idrogeologico di Portoscuso-Carbonia (Fig. 5-3) evidenzia la direzione di deflusso della falda che segue un andamento circa Sud-Ovest, dall'area pedemontana di Carbonia verso la piana di Portoscuso.

In tale contesto la direzione di deflusso della falda superficiale è circa parallela alla direzione del metanodotto, pertanto il rischio che la realizzazione della condotta, modifichi il moto della falda, risulta essere minimo, anche nell'ipotesi in cui la trincea rappresenti eventualmente una direzione preferenziale. La sezione della condotta risulta esiguo rispetto lo spessore dell'acquifero, su questo tema sono stati effettuati studi specifici atti a dimostrare la non sussistenza/modifica del moto della falda, le linee di flusso/gradienti idrici si ripristino subito dopo il passaggio della condotta ed il successivo re interro, in caso di scavo della trincea in roccia con interferenza della falda, verranno adottati opportuni accorgimenti operativi, quali setti impermeabili inseriti all'interno della trincea, atti al ripristino delle condizioni idrogeologiche ante operam.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 31 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

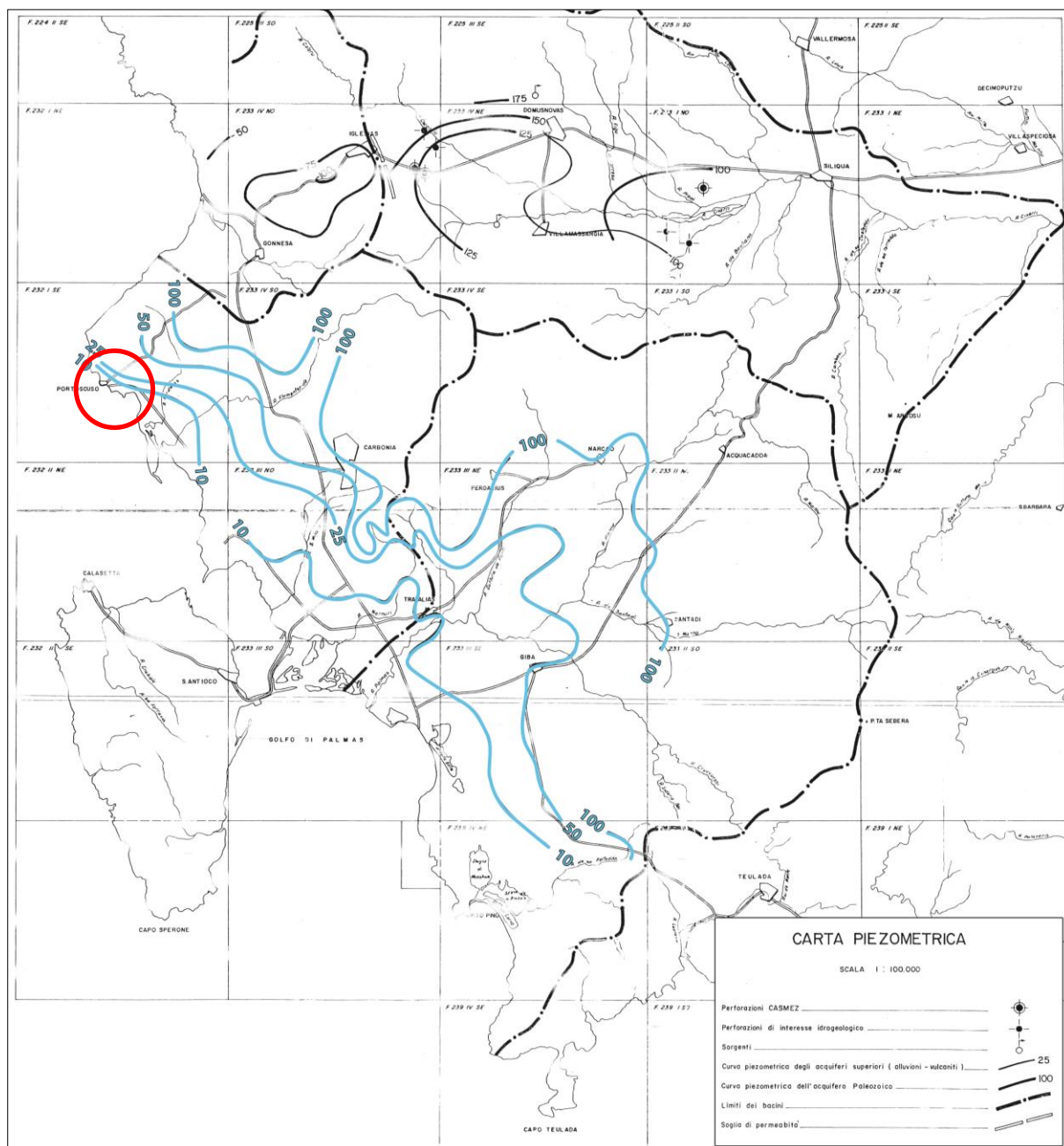


Fig. 5-3: Schema idrogeologico dell'area di Portoscuso-Carbonia (Carta Piezometriche. CASMEZ, 1984).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 32 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

5.3 Analisi della falda superficiale e possibili interazioni con l'opera

Per l'analisi della falda superficiale e della sua possibile interazione con l'opera in progetto si è fatto riferimento al "Progetto interaziendale di bonifica della falda nell'area di Portovesme (SU) mediante barrieramento idraulico" redatto dalla società Golder.

I dati presenti e analizzati all'interno del progetto costituiscono un database unico, vista l'impossibilità di realizzare una nuova campagna di monitoraggio della falda attraverso i numerosi piezometri presenti all'interno dell'area del polo industriale.

Il progetto si è avvalso dei dati relativi a 319 piezometri distribuiti all'interno dell'area industriale di Portoscuso rilevati durante la campagna di monitoraggio del 2019 (ultima campagna condotta).

L'obiettivo della campagna del 2019 era quello di determinare una nuova piezometrica statica di riferimento, sospendendo gli emungimenti dei sistemi barriera presenti nel polo industriale per una durata di 6 giorni.

Da quanto emerge dallo studio la sospensione degli emungimenti non ha portato alla restaurazione del naturale livello piezometrico della falda e pertanto con i dati della campagna del 2019 non è stato possibile definire il livello piezometrico statico della falda superficiale, ma bensì il suo livello dinamico, influenzato dal funzionamento della barriera idraulica.

Nell'ambito del presente studio l'analisi dell'interazione tra la falda superficiale e la condotta del metanodotto viene condotta in riferimento ai dati forniti dallo studio Golder sul livello dinamico della falda riportati nell'Allegato 3.A (Report campagne piezometriche agosto 2018 e febbraio 2019), Annesso 2 (Quote piezometriche rilevate nel febbraio 2019), prendendo in considerazione i dati rilevati in data 13/02/2019, rilevati dopo 6 giorni dalla sospensione della barriera in quanto caratterizzati da quote piezometriche più alte e pertanto più cautelative, nei confronti dei lavori in progetto, rispetto a quelle rilevate prima dello spegnimento e dopo il riavvio della barriera.

Volendo seguire un approccio ancora più severo si poteva far riferimento alla campagna di monitoraggio del 2009, utilizzata dalla stessa Golder come riferimento per definire la quota statica della falda. Nei dati rilevati nel 2009 l'influenza della barriera idraulica sulla quota piezometrica della falda è stata considerata come trascurabile visto l'esiguo numero di pozzi in esercizio, numero notevolmente incrementato nel 2019 e che subirà un ulteriore incremento in base alle risultanze del "Progetto interaziendale di bonifica della falda nell'area di Portovesme (SU) mediante barrieramento idraulico".

Nel presente studio, si è scelto di analizzare l'interferenza tra opera e falda in riferimento al livello dinamico del 2019 in quanto ritenuto rappresentativo dell'odierna condizione della falda e comunque cautelativo in previsione dal potenziamento dell'attuale barriera che porterà a un incremento dell'abbassamento del livello dinamico della stessa.

I dati analizzati sono riferiti 319 piezometri distribuiti uniformemente nell'area del comparto industriale, elaborando i dati relativi alla quota piezometrica e alla soggiaceva della falda sono state elaborate in ambiente GIS le carte delle curve piezometriche e della soggiacenza della falda di Fig. 5-4 e Fig. 5-5.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 33 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

Gli elaborati cartografici ottenuti descrivono con una buona approssimazione l'assetto idrogeologico del settore centro-meridionale dell'area interessata dal passaggio della condotta mentre, per la mancanza di dati, non sono ritenuti rappresentativi del settore meridionale, esterno al comparto industriale, in cui affiorano le litologie del basamento vulcanico oligo-miocenico.

Come precedentemente discusso, il polo industriale di Portovesme si è sviluppato quasi completamente sulle unità che costituiscono la successione sedimentaria quaternaria costituita da sabbie medie e fini intercalate a lenti limose e argillose caratterizzate da una conducibilità idraulica variabile tra $6 \cdot 10^{-4}$ e $2.7 \cdot 10^{-7}$ m/s.

L'unità quaternaria è sede di una falda freatica poco profonda il cui moto è diretto da monte verso il mare in direzione circa ENE – WSW (così come evidenziato dalle piezometriche di Fig. 5-4). Il limite laterale verso Nord e verso Est è rappresentato dagli estesi affioramenti delle vulcaniti, oligo-mioceniche che presentano un'importante discontinuità strutturale di direzione NW–SE (faglia di ponente, settore Est), quello laterale ad Ovest è rappresentato dal Mare di Sardegna, quello a Sud è sempre rappresentato dal basamento vulcanico che contorna e delimita la piana di Portoscuso.


Come evidenziato dalle ricostruzioni morfologica della superficie inferiore dell'acquifero (Golder 2020) ricostruita sulla base di 123 sondaggi profondi, il limite inferiore dell'acquifero è rappresentato dalle vulcaniti terziarie; la potenza dell'acquifero varia, da NE verso SW, da pochi metri (Zona Est dello stabilimento Portovesme) fino a circa 100 metri in corrispondenza dello spigolo SW del Bacino dei Fanghi Rossi, in conseguenza di una strutturazione tettonica di tipo semigraben.

La falda superficiale ha un gradiente medio pari a 0.03 nell'area degli Stabilimenti e pari a 0.005 nell'area del bacino dei Fanghi Rossi. La portata naturale della falda nella condizione di massimo e minimo regime è rispettivamente di circa 5000 e 2900 m³/g.

A partire dal Canele di Paringianu fino ad arrivare al Porto de Sa Linna la condotta denominata "Coll. FSRUP DN 650", attraversa un settore in cui la soggiacenza della falda si attesta intorno ai 3-4 m. Il diametro della condotta (DN 650) lascia presumere che gli scavi per la sua messa in opera possano andare a interferire direttamente con la falda soprattutto nel tratto in cui la condotta attraversa il Canale di Paringianu. In tale settore, esterno rispetto all'area del comparto industriale e pertanto poco influenzato dagli effetti dell'emungimento prodotti dalla barriera idraulica, si ritiene che nei mesi in cui si concentrano le precipitazioni la soggiacenza della falda alimentata dai deflussi del Canale di Paringianu possa raggiungere una quota inferiore ai 2 m.

Un ulteriore punto di criticità viene individuato nel tratto in cui il "Coll. FSRUP DN 650" raggiunge il Porto de Sa Linna, in tale settore, prossimo alla costa, la falda ha una soggiacenza di 2-3 m, ma non si esclude, vista la sua vicinanza con il mare, che ci siano settori in cui la falda può presentare una soggiacenza di 1 m.

Il metanodotto "Der. Portoscuso DN 400", il cui tracciato aggira il polo industriale, è quello che presumibilmente non andrà in contro ad un'interferenza diretta con la falda. Questo è dovuto sia alla vicinanza con l'area di interferenza della barriera idraulica, che abbassa in modo considerevole la superficie della falda, sia alla conformazione morfologica dell'area che

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 34 di 39	Rev. 0



TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

raggiunge quote di 29-30 m sul livello del mare. In questo settore lo spessore dei depositi quaternari risulta molto ridotto a favore del substrato vulcanico che conferisce all'area una morfologia sub-collinare.

Allo stesso modo anche per il metanodotto "All. Eurallumina DN 300" si ritiene, nonostante la sua vicinanza con il mare, che la sua interferenza diretta con la falda sia da escludere. In questo settore la soggiacenza della falda varia tra 4-9 m, in funzione di un andamento altimetrico che raggiunge i 7-10 m sul livello del mare.

Per quanto concerne il settore meridionale dell'area in studio, privo di dati idrogeologici, si ritiene che il tracciato del metanodotto "Coll. FSRUP DN 650" che si sviluppa lungo il tracciato della strada Provinciale N.2, non vada ad interferire in maniera diretta con la falda superficiale.

In questo settore le unità quaternarie lasciano il posto alle unità della successione vulcanica che affiorano con buona continuità dando conferendo all'area una morfologia sub-collinare. In tale contesto la quota della falda superficiale è presumibilmente superiore ai 10 m.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 35 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

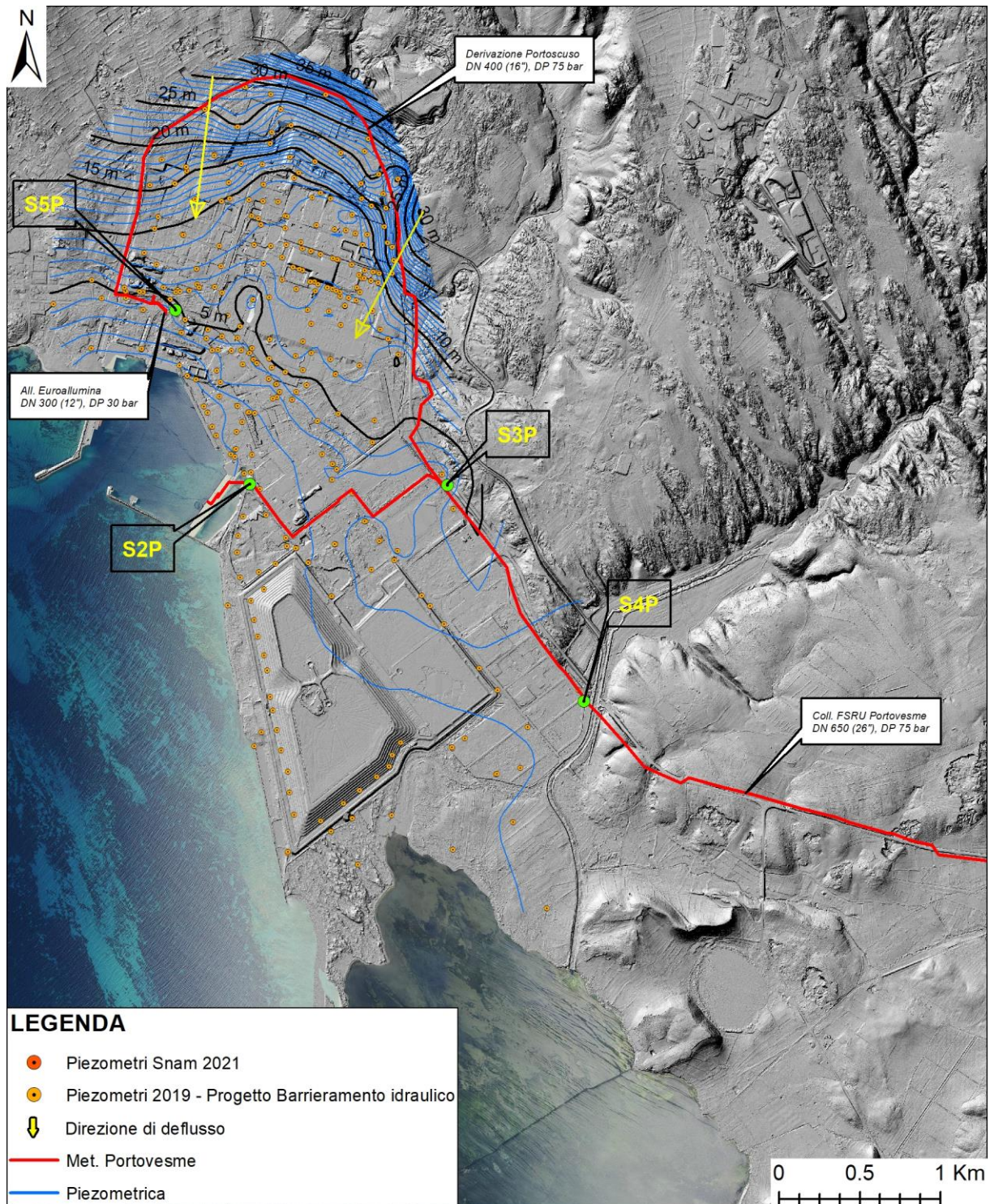




Fig. 5-4: Schema idrogeologico dell'area di Portoscuso – Carta delle piezometriche.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 36 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

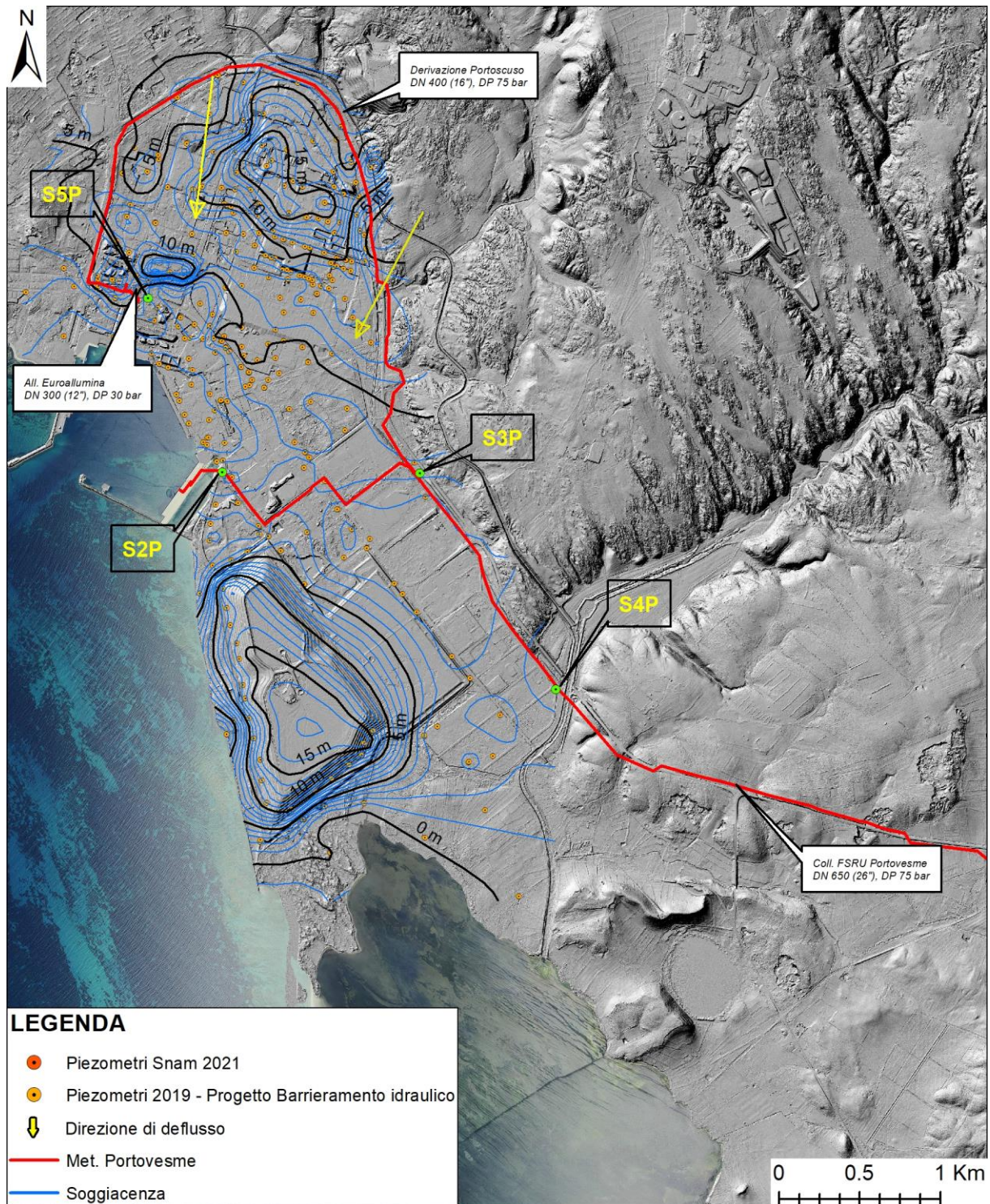


Fig. 5-5: Schema idrogeologico dell'area di Portoscuso - Carta delle soggiacenze.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 37 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

6 ACCORGIMENTI OPERATIVI E RIPRISTINI

Anche se la profondità degli scavi è generalmente contenuta nell'ambito dei primi 3 metri dal piano campagna, i lavori di realizzazione dell'opera possono localmente interferire con il sistema di circolazione idrica sotterranea, come nel caso di tratti particolari quali gli attraversamenti in subalveo o quelli caratterizzati da condizioni di prossimalità della falda freatica.

Negli acquiferi alluvionali l'impatto delle opere in sotterraneo con la circolazione idrica è generalmente riferibile ad un possibile effetto barriera. Tuttavia, le dimensioni delle tubazioni rispetto agli spessori saturi degli acquiferi sono tali da rendere minimo tale effetto. Ciò è in accordo con l'esperienza delle numerose condotte in esercizio in varie parti d'Italia.


Nel caso in cui tale eventualità si verifichi in prossimità di opere di captazione (pozzi di emungimento, canali di drenaggio interrati) ovvero di emergenze naturali (sorgenti), ritenendo che i lavori possano alterare gli equilibri piezometrici naturali, verranno adottate, prima, durante e a fine lavori, opportune misure tecnico-operative volte alla conservazione del regime freaticometrico preesistente. In relazione alla variabilità delle possibili cause ed effetti d'interferenza, le misure da adottare saranno stabilite di volta in volta scegliendo tra le seguenti tipologie d'intervento:

- rinterro della trincea di scavo con materiale granulare, al fine di preservare la continuità della falda in senso orizzontale;
- esecuzione, per l'intera sezione di scavo, di setti impermeabili in argilla e bentonite, al fine di confinare il tratto di falda intercettata ed impedire in tal modo la formazione di vie preferenziali di drenaggio lungo la trincea medesima;
- rinterro della trincea, rispettando la successione originaria dei terreni (qualora si alternino litotipi a diversa permeabilità) al fine di ricostituire l'assetto idrogeologico originario.
- Nelle operazioni più critiche quali attraversamenti stradali e fluviali verranno adottate le tecniche "Trenchless".

Con questa tecnica la stabilizzazione delle pareti del foro è assicurata dalla messa in opera di giunti a tenuta idraulica tra gli elementi tubolari posati, contestualmente all'avanzamento dello scavo.


In sintesi, le caratteristiche delle tecnologie trenchless permettono di contenere al minimo il disturbo geotecnico ed idraulico del terreno attraversato, infatti:

- in corso d'opera, l'equilibrio delle pressioni al fronte scavo inibisce in modo sostanziale l'afflusso d'acqua verso il tunnel, minimizzando di conseguenza l'effetto di drenaggio sul deflusso in subalveo;
- la ridotta differenza di dimensioni tra il diametro del foro e quello del tubo di protezione assicura il contenimento degli effetti di plasticizzazione per rilassamento del volume di terreno circostante il foro;
- l'iniezione di miscele bentonitiche in corso di trivellazione contribuisce all'intasamento idraulico delle cavità tra tubo e terreno, riducendo il flusso idrico lungo tale percorso;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 38 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

- a lungo termine, infine, le operazioni di intasamento della trivellazione e la tenuta dei giunti tra i tubi di protezione garantiscono la assoluta assenza di interferenza tra tunnel ed il contesto idrogeologico circostante.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/E19001	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	REL-CI-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO VIRTUAL PIPELINE SARDEGNA – RETE ENERGETICA DI PORTOVESME DN VARI - DP VARI	Pag. 39 di 39	Rev. 0

TPIDL: 201969C-200-RT-3220-0023

7 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Di seguito si riportano i riferimenti bibliografici citati e consultati per la stesura del presente documento.

- Comune di Carbonia, 2009, P.U.C. Piano Urbanistico Comunale in Adeguamento al Piano Paesaggistico Regionale. Relazioni Specialistiche: Relazione Agronomica, Relazione Geologica, Febbraio.
- Fadda Antonio F., Pala Antonio, 1992, Le acque della Sardegna. Coedisar Cagliari.
- Fenza P., Buttau C., Da Pelo S., Ghiglieri G., 2016, Modellistica geologica e idrogeologica tridimensionale per la valutazione quali-quantitativa delle risorse idriche sotterranee. Rendiconti della Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali.
- Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 564 Carbonia.
- Regione Autonoma della Sardegna (RAS), 2006, Piano di Tutela delle Acque (PTA). Piano Stralcio di Settore del Piano di Piano di Bacino. Linee Generali – Relazione di Sintesi e Cartografia correlata.
- Regione Autonoma della Sardegna (RAS), 2008, Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000.
- Regione Autonoma della Sardegna (RAS), 2010, Caratterizzazione, Obiettivi e Monitoraggio dei Corpi Idrici Sotterranei della Sardegna.
- Regione Autonoma Sardegna (RAS), 2013, Monitoraggio dei Corpi Idrici Sotterranei della Sardegna - Sintesi dei Risultati 2011.
- Regione Autonoma Sardegna (RAS), 2014, Riesame ed Aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna – Progetto di Aggiornamento del Piano di Gestione- Allegato – Caratterizzazione, Obiettivi e Monitoraggio dei Corpi Idrici Sotterranei – Direttiva 2000/60/CE – D.Lgs 152/2006. Appendice A – Sintesi del monitoraggio 2011/2013 - Schede per corpo idrico.
- Regione Autonoma della Sardegna (RAS), 2016, Riesame e Aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna 2° Ciclo di pianificazione 2016 - 2021 Allegato No.2 - sez. No. 3 Caratterizzazione, Obiettivi e Monitoraggio dei Corpi Idrici Sotterranei.
- Regione Autonoma della Sardegna - Autorità di Bacino (RAS - ADB), 2006, Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), Relazione Generale, Interventi sulla Rete Idrografica e sui Versanti Legge 183/89 e Legge 267/98, Norme di Attuazione e Cartografia.
- Regione Autonoma della Sardegna - Autorità di Bacino (RAS - ADB), 2011, Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183.