

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 1 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

METANIZZAZIONE SARDEGNA Tratto Sud

Studio di impatto ambientale

APPROFONDIMENTI TEMATICI RELATIVI ALLA RICHIESTA MATTM DEL 02.05.2018 E OTTIMIZZAZIONI PROGETTUALI

Vol. 1 di 4 Approfondimenti tematici

ANNESSE B

STUDIO IDROGEOLOGICO DELL'INTERAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO CON LE ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI E CENSIMENTO DI POZZI E SORGENTI IN PROSSIMITA' DEI TRACCIATI

0	Emissione	F. CALLAI F.FANELLI	M.FORNAROLI	V.FORLIVESI O.CORDA	02/07/2018
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 2 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Premessa	3
1.2	Inquadramento dell'opera	4
1.1	Descrizione delle fasi di realizzazione dell'opera in progetto	7
1.2	Normativa di Riferimento	9
2	ASSETTO IDROGEOLOGICO	10
2.1	Aspetti metodologici	10
2.2	I dati di base dell'analisi idrogeologica	14
2.3	La carta idrogeologica di sintesi	14
2.4	MACROAREA 1 – CAMPIDANO DI CAGLIARI	21
2.5	MACROAREA 2 – CAMPIDANO DI ORISTANO	31
2.6	MACROAREA 3 – PIANA DEL CIXERRI	40
2.7	MACROAREA 4 – BACINO DEL SULCIS	43
3	PREVEDIBILI EFFETTI DELL'OPERA SULLA FALDA	47
3.1	Acquiferi a permeabilità primaria per porosità	47
3.2	Acquiferi a permeabilità secondaria per fratturazione	48
3.3	Opere in sottterraneo con tecnica trenchless	49
3.4	Pozzi ad uso potabile	51
4	CONCLUSIONE	54
5	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	55

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 3 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

1 INTRODUZIONE

1.1 Premessa

Il presente elaborato, “Studio idrogeologico dell’interazione delle opere in progetto con le acque sotterranee e superficiali e censimento di pozzi e sorgenti in prossimità dei tracciati”, viene redato in riferimento alla richiesta, prot. DVA-0010093, del 02.05.2018, trasmessa dalla Direzione Generale per le Valutazioni e le Autorizzazioni Ambientali del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, in cui si espone la necessità di acquisire una serie di chiarimenti ed approfondimenti relativi alla documentazione contenuta nel SIA del progetto “Metanizzazione della Sardegna – Tratto Sud”.

In particolare al punto 3.1.2. della nota allegata alla richiesta, in cui si richiede di: *“presentare uno studio in cui venga effettuata una preventiva ricostruzione dell’andamento della piezometria della falda superficiale lungo l’intero percorso, dalla piana del Campidano (lato Cagliari e lato Oristano), alla piana di Cixerri e del Sulcis, in modo da poter individuare i tratti in cui la trincea andrà ad intercettarla e prevedere in questi tratti un opportuno monitoraggio della falda prima, durante e dopo le operazioni di costruzione del metanodotto”.*

Il presente elaborato, redato in riferimento alla richiesta di approfondimento conoscitivo delle caratteristiche della falda superficiale, inoltra dal Ministero, analizza i dati raccolti nell’ambito del censimento dei punti d’acqua (pozzi e sorgenti) rilevati in prossimità dei tracciati dei metanodotti e ricadenti in una fascia di circa 150 m, estesa cautelativamente a 200 m a cavallo delle linee, integrati con i dati dei pozzi e piezometri del Sistema informativo regionale ambientale della Sardegna (Sira) e dall’archivio nazionale delle indagini del sottosuolo ISPRA (Legge 464/1984).

L’elaborazione dei dati ha consentito di ricostruire in maniera indicativa l’andamento della soggiacenza della falda superficiale in corrispondenza dell’asse del tracciato dei metanodotti in progetto. I dati relativi alla falda, rappresentati graficamente mediante curve di soggiacenza, sono stati integrati con la suddivisione, delle unità litostratigrafiche della carta geologica di base (RAS 2008), in Unità idrogeologiche, realizzata secondo le indicazioni riportate nel “Riesame ed aggiornamento del piano di gestione del Distretto idrografico della Sardegna – Caratterizzazione, Obiettivi e Monitoraggio dei Corpi Idrici Sotterranei” della Regione Autonoma della Sardegna (Regione Autonoma Sardegna, 2014), al fine di ottenere l’elaborato Carta Idrogeologica (PG-CI).

I dati derivanti dal censimento dei punti d’acqua, unitamente ai dati del SIRA e dell’ISPRA, sono stati schematicamente rappresentati in schede descrittive in cui si riportano, la tipologia di opera e uso (captazione, piezometro, sorgente), l’inquadramento geografico della stessa e le caratteristiche della falda rilevate e/o censite.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 4 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

1.2 Inquadramento dell'opera

Il progetto denominato "Metanizzazione Sardegna Tratto Sud" ricade nel territorio della regione Sardegna, interessando tre province, Città Metropolitana di Cagliari, Sud Sardegna ed Oristano e si articola in una serie di interventi che riguardano la posa di tre condotte principali e di nove linee secondarie (o derivate) funzionalmente connesse alla realizzazione delle stesse condotte principali e che assicureranno il collegamento alle diverse utenze esistenti lungo il tracciato delle stesse (vedi fig. 1.2/A).

In sintesi, il progetto prevede la messa in opera di:

- tre condotte principali DN 650 (26")/DN 400 (16") per una lunghezza complessiva pari a 151,085 km
- nove linee secondarie di vario diametro (DN 250 (10") / DN 150 (6")) per una lunghezza complessiva pari a 83,600 km.



PROGETTISTA



COMMESSA
NR/14327/R-L10

CODICE
TECNICO

LOCALITA'

REGIONE SARDEGNA

RE-CI-002

PROGETTO / IMPIANTO

METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD

Pag. 5 di 56

Rev.
0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036



Figura 1-1 - Tracciati metanodotti in progetto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 6 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

Di seguito (Tab. 1-1) si riporta l'elenco delle linee in progetto, le lunghezze ed i comuni attraversati.

Tab. 1-1 - Elenco metanodotti in progetto.

Denominazione	Lunghezza (km)	Comune
Metanodotto Cagliari-Palmas Arborea DN 650 (26") DP 75 bar	93,215	Cagliari, Assemini, Sardara, Decimoputzu, Serramanna, San Gavino Monreale, Pabillonis, Villacidro, Marrubiu, Mogoro, Oristano, Palmas Arborea, Santa Giusta, Villasor, Villaspeciosa, Uras, Uta, Valdermosa.
Metanodotto Valdermosa-Sulcis DN 400 (16") DP 75 bar	43,610	Iglesias, Musei, Villamassargia, Carbonia, Domusnovas, Siliqua, Valdermosa
Metanodotto Coll. Terminale di Oristano DN 650 (26") DP 75 bar	14,260	Oristano, Palmas Arborea, Santa Giusta.
Metanodotto Derivazione per Capoterra DN 150 (6") DP 75 bar	18,925	Capoterra, Sarroch, Uta
Metanodotto Derivazione per Monserrato DN 250 (10") DP 75 bar	16,815	Assemini, Villaspeciosa, Sestu, Uta
Metanodotto Derivazione per Serramanna DN 250 (10") DP 75 bar	7,880	Serramanna, Villacidro
Metanodotto Derivazione per Villacidro DN 150 (6") DP 75 bar	5,120	Villacidro
Metanodotto Derivazione per Sanluri DN 150 (6") DP 75 bar	11,220	Sanluri, San Gavino Monreale, Villacidro
Metanodotto Derivazione per Guspini DN 150 (6") DP 75 bar	11,115	Pabillonis, Guspini
Metanodotto Derivazione per Terralba DN 150 (6") DP 75 bar	8,035	Mogoro, Terralba, Uras
Metanodotto Derivazione per Oristano Città DN 150 (6") DP 75 bar	4,395	Oristano, Palmas Arborea, Santa Giusta
Metanodotto Allacciamento al Comune di Cagliari DN 250 (10") DP 75 bar	0,095	Cagliari

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 7 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

1.1 Descrizione delle fasi di realizzazione dell'opera in progetto

Le fasi di realizzazione dell'opera in progetto sono state dettagliatamente descritte nella relazione RE-SIA-001 per le linee principali e RE-SIA-003 per le derivazioni; di seguito viene fornita una sintetica descrizione.

La realizzazione dell'opera prevede l'esecuzione di fasi sequenziali di lavoro che permettono di contenere le operazioni in un tratto limitato della linea di progetto, avanzando progressivamente nel territorio.

Le operazioni di montaggio della condotta in progetto si articolano principalmente nella seguente serie di fasi operative.

Apertura dell'area di passaggio

Lo svolgimento delle varie fasi operative e cantieristiche relative alla costruzione del metanodotto richiede l'apertura di un'area di passaggio che deve essere per quanto possibile continua e di larghezza tale da garantire la massima sicurezza nei lavori ed il transito dei mezzi di servizio e di soccorso.

L'apertura dell'area di passaggio è realizzata con mezzi cingolati, quali ruspe, escavatori e pale caricatori, ecc.

Contestualmente all'apertura dell'area di passaggio sarà eseguito, ove presente, la salvaguardia dello strato umico superficiale che, accantonato con adeguata protezione al margine della fascia di lavoro, sarà riposizionato nella sede originaria durante la fase dei ripristini.

In questa fase verranno realizzate talune opere provvisorie, come tombini, guadi o quanto altro serve per garantire il deflusso naturale delle acque.

L'area di passaggio per la messa in opera delle nuove condotte varia in funzione del diametro delle tubazioni, come di seguito illustrato.

L'area di passaggio per condotte DN 650 (26") avrà una larghezza pari a 24 m. In tratti caratterizzati da particolari condizioni morfologiche, ambientali e vegetazionali (presenza di vegetazione arborea d'alto fusto) tale larghezza potrà, solo per tratti limitati, essere ridotta ad un minimo di 20 m.

L'area di passaggio per condotte DN 400 (16") avrà una larghezza pari a 19 m.

Infine, per le linee secondarie DN 200 (8") è prevista un'area di passaggio di ampiezza pari a 16 m, mentre per le linee DN 150 (6") l'ampiezza dell'area di passaggio normale sarà di 14 m riducibile a 12 m.

Sfilamento dei tubi lungo l'area di passaggio

L'attività consiste nel trasporto dei tubi dalle aree di deposito ed al loro posizionamento lungo la fascia di lavoro, predisponendoli testa a testa per la successiva fase di saldatura. Per queste operazioni, saranno utilizzati mezzi cingolati o gommati, adatti al trasporto delle tubazioni.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 8 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

Saldatura di linea

I tubi saranno collegati mediante saldatura. L'accoppiamento sarà eseguito mediante accostamento di testa di due tubi, in modo da formare, ripetendo l'operazione più volte, un tratto di condotta.

I tratti di tubazioni saldati saranno temporaneamente disposti parallelamente alla traccia dello scavo, appoggiandoli su appositi sostegni in legno per evitare il danneggiamento del rivestimento esterno.

I mezzi utilizzati in questa fase saranno essenzialmente trattori posatubi, motosaldatrici e compressori ad aria.

Scavo della trincea

Lo scavo destinato ad accogliere la condotta sarà aperto con l'utilizzo di macchine escavatrici adatte alle caratteristiche morfologiche e litologiche del terreno attraversato (escavatori in terreni sciolti, martelloni in roccia).

Le dimensioni standard della trincea sono riportate nei Disegni tipologici di progetto.

La profondità dello scavo della trincea varia da 1,8 m a 2,3 m, in funzione del diametro delle tubazioni.

Il materiale di risulta dello scavo sarà depositato lateralmente allo scavo stesso, lungo la fascia di lavoro, per essere riutilizzato in fase di rinterro della condotta. Tale operazione sarà eseguita in modo da evitare la miscelazione del materiale di risulta con lo strato humico accantonato, nella fase di apertura dell'area di passaggio.

Posa della condotta

Ultimata la verifica della perfetta integrità del rivestimento, la condotta saldata sarà sollevata e posata nello scavo con l'impiego di trattori posatubi (sideboom).

Rinterro della condotta

La condotta posata sarà ricoperta utilizzando totalmente il materiale di risulta accantonato lungo la fascia di lavoro all'atto dello scavo della trincea. Le operazioni saranno condotte in due fasi per consentire, a rinterro parziale, la posa di una polifora costituita da tre tubi in Pead DN 50 e del nastro di avvertimento, utile per segnalare la presenza della condotta in gas.

A conclusione delle operazioni di rinterro si provvederà, altresì, a ridistribuire sulla superficie il terreno vegetale accantonato.

Esecuzione dei ripristini

Questa fase consiste in tutte le operazioni necessarie a riportare l'ambiente allo stato preesistente i lavori.

Al termine delle fasi di montaggio, collaudo e collegamento si procede a realizzare gli interventi di ripristino. Le opere di ripristino possono essere raggruppate nelle seguenti due tipologie principali:

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 9 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

Ripristini geomorfologici

Si tratta di opere ed interventi mirati alla sistemazione dei tratti di maggiore acclività, alla sistemazione e protezione delle sponde dei corsi d'acqua attraversati, al ripristino di strade e servizi interferiti dal tracciato, ecc.

Ripristini vegetazionali

Tendono alla ricostituzione, nel più breve tempo possibile, del manto vegetale preesistente i lavori nelle zone con vegetazione naturale. Le aree agricole saranno ripristinate al fine di restituire l'originaria fertilità.

1.2 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

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, "Norme in materia ambientale"

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 10 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

2 ASSETTO 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). Valori superiori possono essere raggiunti localmente, in corrispondenza degli attraversamenti stradali o di corsi d'acqua.

2.1 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'identificazione 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 Figura 2-1, che rappresenta la procedura prevista dal D.lgs. 30/2009 per l'identificazione 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 NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 11 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

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).

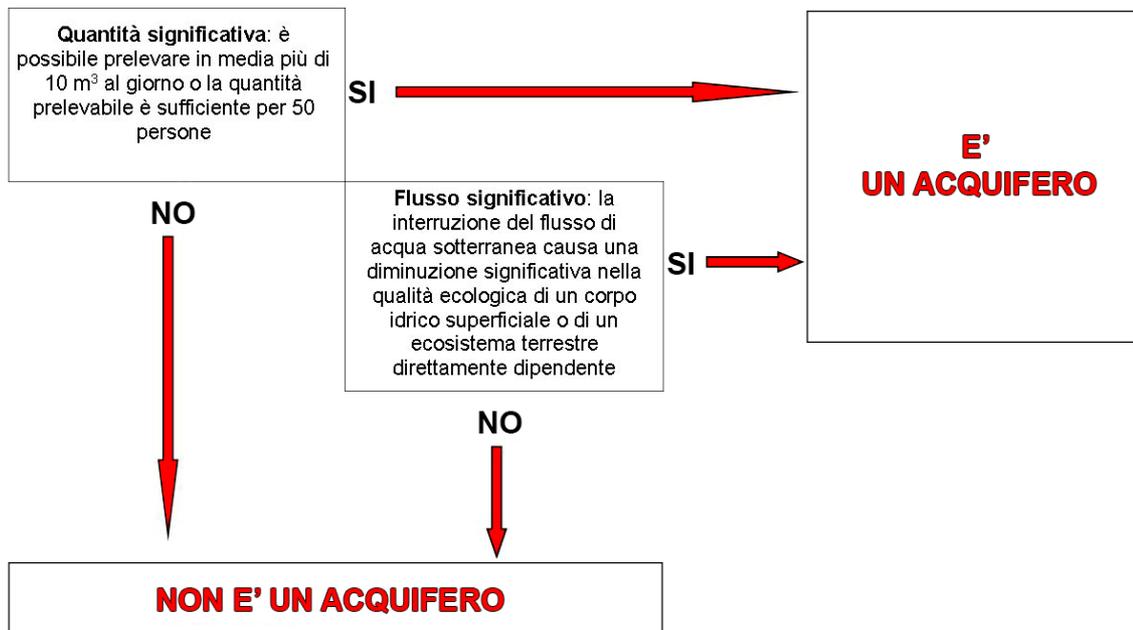


Figura 2-1 - Metodologia per la definizione degli acquiferi.

Il tracciato complessivo del metanodotto interessa prevalentemente le aree pianeggianti e sub-collinari della Sardegna sud occidentale attraversando la piana del Campidano (distinguibile in Campidano di Cagliari e Campidano di Oristano) e del Cixerri nella loro interezza e un limitato settore del bacino sulcitano (settore di Carbonia).

Per semplicità di trattazione è possibile pertanto distinguere quattro macroaree di intervento che, per particolarità geografiche, geomorfologiche e idrografiche, sono sede di corpi idrici sotterranei a loro volta facenti parte di specifiche Unità idrogeologiche.

Le quattro macroaree suddette sono le seguenti:

- **Macroarea 1 – Campidano di Cagliari;**
- **Macroarea 2- Campidano di Oristano;**
- **Macroarea 3 – Piana del Cixerri;**
- **Macroarea 4 – Bacino del Sulcis.**

In riferimento al “Piano di Monitoraggio dei Corpi Idrici Sotterranei della Sardegna”, nella Tabella 2-1 vengono indicati i Complessi Idrogeologici e i Corpi Idrici sotterranei (Tabella 2-2) che interferiscono direttamente con il tracciato del metanodotto oggetto di analisi

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 12 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

ID	Complesso idrogeologico	Unità idrogeologiche	Descrizione della 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
16	Cixerri	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
17	Campidano	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
21	Monte Arci	Unità delle vulcaniti plio-quadernarie	Basalti, basaniti, trachibasalti, hawaiiiti, andesiti basaltiche, trachiti, fonoliti e tefriti in cupole e colate con intercalazioni e coni di scorie; livelli sedimentari fluvio-lacustri intercalati, rioliti, riodaciti e daciti in cupole e colate, con sporadici depositi piroclastici associati; filoni associati.	Permeabilità complessiva per fessurazione da medio-bassa a bassa; localmente, in corrispondenza di facies fessurate, vescicolari e cavernose, permeabilità per fessurazione e subordinatamente per porosità medio-alta
26	Carbonia	Unità detritico-carbonatica eocenica.	Conglomerati, arenarie e siltiti argillose. Calcarei, calcari marnosi, marni argillose, argille arenarie e conglomerati	Permeabilità complessiva media; media per porosità nei termini arenacei e conglomeratici; medio-alta per fessurazione e carsismo nei termini carbonatici; bassa per porosità nei termini argillosi
30	Sulcis	Unità delle vulcaniti oligomioceniche	Rioliti, riodaciti, daciti e subordinate comenditi in espandimenti ignimbritici, 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 ignimbritici e lavici) e più bassa in quelli meno fratturati (cupole di ristagno) e nei livelli piroclastici ed epiclastici.

Tabella 2-1 - Unità idrogeologiche, litologie, tipo e grado di permeabilità dei complessi idrogeologici interessati dai tracciati dei gasdotti.

C.I.	Acq.	CIS	ID CIS	Denominazione corpo idrico
14	1	1	1411	Detritico-alluvionale plio-quadernario di Carbonia - Golfo di Palmas
16	1	1	1611	Detritico-alluvionale plio-quadernario del Cixerri
17	1	2	1712	Detritico-alluvionale plio-quadernario di Oristano
17	1	4	1714	Detritico-Alluvionale Plio-Quadernario del F. Mannu di Pabillonis
17	2	1	1721	Detritico-alluvionale plio-quadernario del Campidano di Cagliari
17	2	2	1722	Detritico-Alluvionale Plio-Quadernario di Macchiareddu
17	2	3	1723	Detritico-Alluvionale Plio-Quadernario di Sarroch
21	1	1	2111	Vulcaniti plio-pleistoceniche del Monte Arci
26	1	1	2611	Detritico-carbonatico eocenico di Carbonia
30	1	1	3011	Vulcaniti oligo-mioceniche del Sulcis

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

Tabella 2-2 - Elenco dei corpi idrici sotterranei (CIS) interessati dal tracciato del gasdotto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 13 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

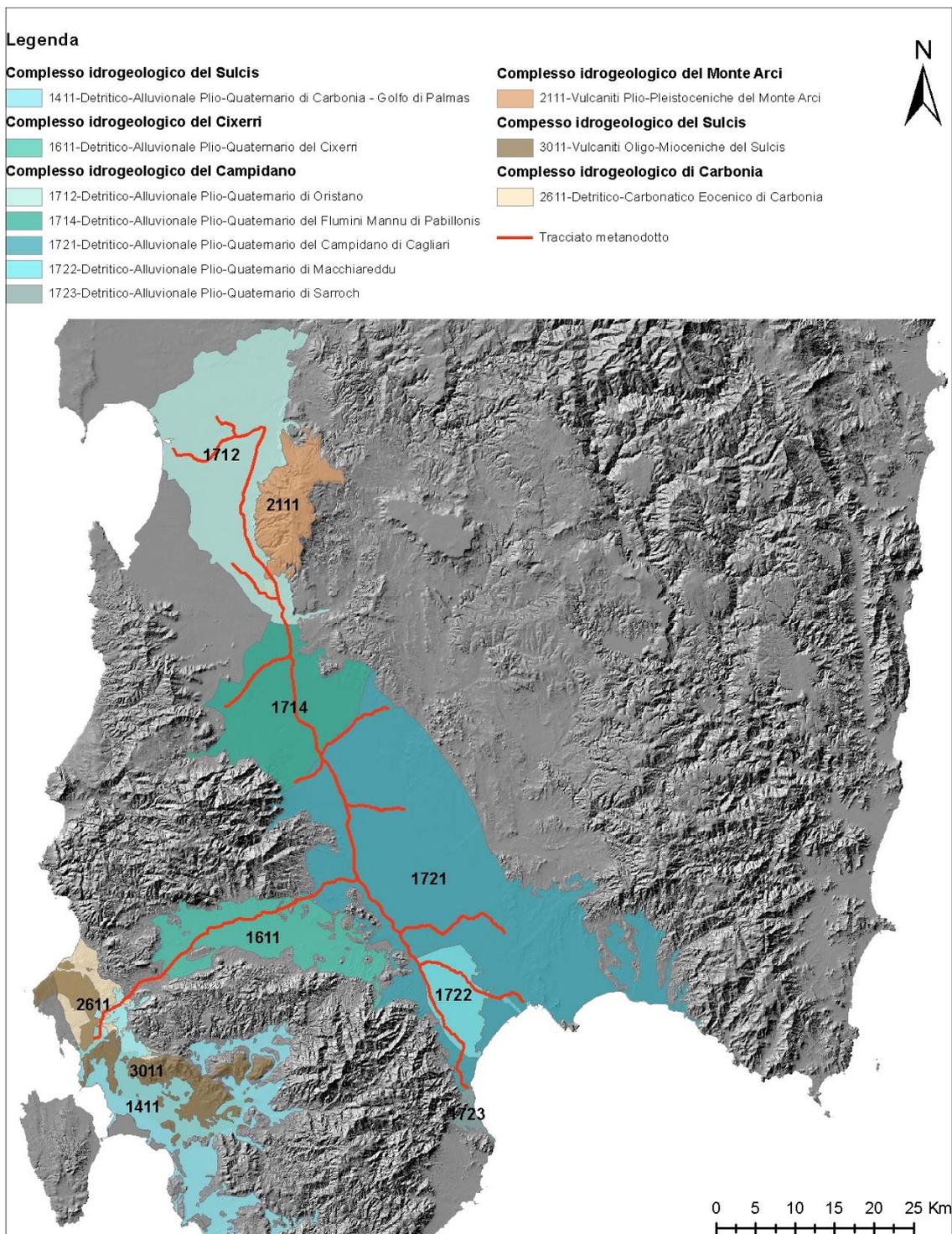


Figura 2-2 - Corpi idrici sotterranei interessati dall'opera.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 14 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

2.2 I dati di base dell'analisi idrogeologica

I dati riportati nel presente elaborato e utilizzati a fini dell'analisi dei compressi idrogeologici e dei relativi acquiferi hanno diverse fonti tra cui:

Fonti bibliografiche

1. **SIRA** – Il sistema informativo regionale ambientale, che dispone di un database dei pozzi, piezometri e sorgenti, presenti sul territorio regionale;
2. **ISPRA** – L'Archivio Nazionale delle Indagini del Sottosuolo, riporta i dati relativi ai pozzi realizzati sul territorio nazionali e soggetti agli obblighi della Legge 464/1984;
3. **Carta Geologica d'Italia (Progetto CARG)** – nelle note illustrative della carta vengono riportati i dati dei pozzi e dei sondaggi per conto della Cassa per il Mezzogiorno (Cas. Mez. 1983);
4. **Letteratura scientifica** - Faenza et ali., Modellistica geologica e idrogeologica tridimensionale per la valutazione quali-quantitativa delle risorse idriche sotterranee; Ghiglieri et ali., Piezometria delle falde del campidano di Oristano; Pala A. et ali., Geologia e idrogeologia di un settore del Campidano centrale; Pala A. et ali., Struttura idrogeologica della soglia di Siliqua tra la fossa del Campidano e la fossa del Cixerri (Sardegna meridionale);
5. **Strumenti urbanistici** - studi di carattere idrogeologico locale predisposti nell'ambito della pianificazione territoriale comunale (P.U.C.).

Dati di rilievo

1. **Censimento dei punti d'acqua** - dati derivanti dal censimento dei pozzi, piezometri e sorgenti operato nell'ambito del progetto di Metanizzazione dalla Sardegna tratto Sud.

2.3 La carta idrogeologica di sintesi

La carta idrogeologica realizzata nell'ambito del progetto "Metanizzazione della Sardegna tratto Sud" ha l'obiettivo di rappresenta in modo sintetico e schematico le principali informazioni idrogeologiche dei terreni interessati dal passaggio dei metanodotti.

Il termalismo realizzato può essere assimilato ad un carta idrogeologica di sintesi che consente la lettura del territorio in chiave idrogeologica, fornendo in modo sintetico le principali informazioni sulle condizioni idrodinamiche esistenti all'interno e ai limiti dei singoli domini idrogeologici.

La carta deriva dalla sovrapposizione di tre tematismi principali:

1. Unità Idrogeologiche di base;
2. Distribuzione areale dei punti d'acqua;
3. Curve della soggiacenza della falda.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 15 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

2.3.1 Definizione delle Unità Idrogeologiche

Per la definizione delle Unità Idrogeologiche di base si è fatto riferimento alle indicazioni date dalla Direzione Generale Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna 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.

Nell'ambito del presente studio, si è utilizzata come base per la descrizione delle Unità Idrogeologiche, la Carta Geologica della Sardegna – scala 1:25.000 (RAS 2008), la definizione è stata fatta sulla base di limiti geologici, accorpando tra loro le unità litostratigrafiche in relazione a tipologia di roccia e a grado e tipologia di permeabilità (primaria per porosità o secondaria per fratturazione).

Questo ha portato alla definizione di 11 Unità Idrogeologiche:

Unità Idrogeologica	Permeabilità
Unità delle alluvioni plio-quadernarie	Permeabilità complessiva da medio-basa a medio-alta
Unità detritico carbonatica quadernaria	Permeabilità complessiva alta
Unità delle vulcaniti plio-quadernarie	Permeabilità complessiva medio-basa
Unità detritico carbonatica miocenica superiore	Permeabilità complessiva medio-alta
Unità detritico carbonatica miocenica inferiore	Permeabilità complessiva media
Unità delle vulcaniti oligo-mioceniche	Permeabilità complessiva medio-basa
Unità detritico carbonatica eocenica	Permeabilità complessiva media
Unità carbonatica mesozoica	Permeabilità complessiva medio-alta
Unità magmatica paleozoica	Permeabilità complessiva bassa
Unità carbonatica cambriana	Permeabilità complessiva medio-alta
Unità metamorfica paleozoica	Permeabilità complessiva bassa

Tabella 2-3 – Unità Idrogeologiche definite per la carta idrogeologica di sintesi.

2.3.2 Censimento dei punti d'acqua

Nell'ambito del presente progetto è stato realizzato un censimento dei punti d'acqua (pozzi, piezometri e sorgenti) presenti all'interno di una fascia di 200 m dall'asse della condotta.

Il censimento è stato condotto seguendo il seguente fasi:

Raccolta dati bibliografici

- **SIRA** – Il sistema informativo regionale ambientale, che dispone di un database dei pozzi, piezometri e sorgenti, presenti sul territorio regionale;
- **ISPRA** – L'Archivio Nazionale delle Indagini del Sottosuolo, riporta i dati relativi ai pozzi realizzati sul territorio nazionali e soggetti agli obblighi della Legge 464/19

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 16 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

- **DBMP 10K** – Il database multi precisione della RAS presenta alcuni livelli informativi contenenti dati sull'ubicazione di pozzi e sorgenti.

Analisi cartografica

- **Ortofoto** – attraverso l'analisi delle ortofoto (RAS 2016 e Google 2017) a video sono stati individuati tutti i possibili punti interessati dalla presenza di punti d'acqua all'interno di una fascia di 200 m dall'asse dei metanodotti che in alcuni casi è stata estesa oltre i limiti della stessa, in funzione del numero di opere rilevate nell'area di interesse.

Costruzione di un database

- **Database** – tutti i dati ottenuti sono stati organizzati in un database, caricati su un supporto informatico, che consentisse alle squadre di rilevatori di poter identificare e verificare la presenza dei pozzi, piezometri e delle sorgenti preventivamente individuate.

Verifica dei dati in campo

- **Rilievo** – le operazioni condotte in campo nei mesi di Maggio-Giugno 2018, hanno consentito, compatibilmente con l'accessibilità dei luoghi, di verificare la presenza dei punti d'acqua del database, rilevandone quando individuati le caratteristiche costruttive e i parametri idrogeologici di base (soggiacenza). Durante i rilievi è stata inoltre verificata la presenza di eventuali punti non rilevati durante le precedenti fasi, individuati a vista o grazie alla disponibilità dei proprietari degli stessi.

Le principali criticità incontrate in questo lavoro sono dovute prevalentemente alla scarsa accuratezza delle coordinate con cui sono stati rappresentati i punti d'acqua reperiti presso gli uffici pubblici.

Costruzione del database finale

- **Database finale** – tutti i dati rilevati in situ, coordinate geografiche, altimetria, soggiacenza della falda, quota piezometrica, tipologia di opera di costruzione e destinazione d'uso (quando nota), etc., sono stati organizzati in un database finale. Nel database si è cautelativamente scelto di inserire anche la posizione e le relative informazioni di alcune opere di captazione non ritrovate facenti parte degli archivi del SIRA e dell'ISPRA, ma presenti all'interno della fascia di rilievo. Inoltre sono stati inseriti i dati dei piezometri realizzati a supporto della progettazione da SNA Rete Gas nel periodo Aprile-Maggio 2018.

Schedatura dei punti d'acqua

- **Schede descrittive** – per ciascuno dei punti d'acqua censiti nel database finale sono state realizzate delle schede descrittive, suddivise per metanodotto in cui sono stati riportati i dati idrogeologici caratteristici dell'opera, la tipologia e l'utilizzo che viene fatto della stessa, corredata da foto e inquadramento cartografico.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 17 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

2.3.3 Punti d'acqua censiti

Pozzi e Piezometri

Nella Tabella 2-4 e nella Tabella 2-5 viene riportato il totale dei punti d'acqua sotterranei censiti suddivisi tra piezometri e pozzi.

POZZI				
METANODOTTI	SIRA*	ISPRA*	RILEVATI	TOTALI
Met. Cagliari-Palmas	9	0	101	110
Met. Vallermosa-Sulcis	5	3	41	49
Met. Coll. Terminale Oristano	1	0	13	14
Met. All. al Comune di Cagliari	0	0	0	0
Met. Der. Capoterra-Sarroch	9	0	39	48
Met. Der. Monserrato	1	0	46	47
Met. Der. Serramanna	3	6	20	29
Met. Der. Villacidro	0	0	20	20
Met. Der. Sanluri	3	0	4	7
Met. Der. Guspini	1	0	27	28
Met. Der. Terralba	0	0	27	27
Met. Der. Oristano Città	0	0	10	10
Schede totali				389
SIRA* - punti censiti, ma non rilevati. – ISPRA* - punti censiti, ma non rilevati.				

Tabella 2-4 – Totale pozzi censiti.

PIEZOMETRI				
METANODOTTI	SIRA*	SNAM	RILEVATI	TOTALI
Met. Cagliari-Palmas	24	16	14	54
Met. Vallermosa-Sulcis	13	4	4	21
Met. Coll. Terminale Oristano	0	1	0	1
Met. All. al Comune di Cagliari	0	0	0	0
Met. Der. Capoterra-Sarroch	7	1	2	10
Met. Der. Monserrato	0	5	0	5
Met. Der. Serramanna	0	4	0	4
Met. Der. Villacidro	0	0	0	0
Met. Der. Sanluri	0	0	0	0
Met. Der. Guspini	0	1	0	1
Met. Der. Terralba	0	4	0	4
Met. Der. Oristano Città	0	2	0	2
Schede totali				102
SIRA* - punti censiti, ma non rilevati.				

Tabella 2-5 – Totale piezometri censiti.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 18 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

Sorgenti

La presenza di sorgenti all'interno dell'area di rilievo (200 m dall'asse della condotta) è stata valutata in riferimento al database del SIRA, che ha evidenziato la presenza di una sola sorgente censita lungo il Met. Vallermosa-Sulcis, nel comun di Domusnovas, in località Aremizza.

Durante le operazione di censimento dei punti d'acqua non è stata rilevata la presenza di sorgenti o di venute d'acqua che potessero essere classificate come tali, pertanto tale termalismo non è stato considerato all'interno del censimento operato nell'ambito del presente studio. Questo dato non deve sorprendere in quanto l'opera in progetto attraversa quasi completamente l'area interna della piana del Campidano e della valle Cixerri, in tali contesti morfologici le venute d'acqua classificabili come sorgenti sono solitamente limitate ai settori bordieri del graben campidanese e della stessa valle del Cixerri.

La sorgente di Aremizza, non individuata durante i sopralluoghi si trova ad una distanza di circa 176 m dal tracciato del Met. Vallermosa-Sulcis, pertanto si esclude quasi tipo di interazione con l'opera in progetto

2.3.4 Considerazioni sull'acquisizione dei dati di campo

Il rilievo dei punti d'acqua è stato condotto da personale esperto e qualificato (tecnici geologi) nel periodo Maggio-Giugno 2018. Storicamente per la Sardegna il periodo primaverile e la prima parte dell'estate è caratterizzato da una debole piovosità soprattutto sotto forma di temporali di breve durata.

Contrariamente alle previsioni, la Sardegna tutta ha incontrato durante i mesi di Aprile-Maggio e per tutta la prima parte del mese Giugno 2018, una piovosità di gran lunga superiore alle medie mensili stagionali, che seppur non avendo assunto il carattere alluvionale, a causa della sua intensità e durata ha allagato le coltivazioni e fortemente penalizzato le coltivazioni foraggere e cerealicole dell'isola.

Allo stesso modo, si ritiene, che l'intensità e la durata delle piogge, possa aver condizionato la soggiacenza della falda superficiale rilevata nei pozzi scavati che sfruttano la falda ad una profondità non superiore ai 6,0-7,0 m. Questa tipologia di opere di captazione è priva di accorgimenti che impediscono l'infiltrazione delle acque superficiali, anzi, l'infiltrazione di queste, talvolta viene incentivata ponendo dei dreni fino alla quota del piano campagna.

Le quota di tutti i punti d'acqua censiti sono state comunque utilizzate e analizzate tendo in considerazione che le anomalie locali riscontrate possono derivare dalle problematiche precedentemente discusse.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 19 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

2.3.5 Costruzione delle curve di soggiacenza

I dati raccolti sono stati analizzati e discussi in termini di soggiacenza media della falda, in quanto, le informazioni acquisite sulla reale quota della falda superficiale risultano insufficienti per poter analizzare la stessa in termini di quota assoluta.

I dati di soggiacenza raccolti nel database finale, sono stati elaborati con l'obbiettivo di ottenere una carta delle curve di soggiacenza che consenta una rapida valutazione di questo dato in prossimità delle aree interessate dallo scavo per la posa delle condotte dei metanodotti.

I dati sono stati elaborati e analizzati in ambito GIS attraverso il seguente approccio metodologico:

Di ogni pozzo, piezometro è stata calcolata la quota piezometrica, attraverso lo strumento "Topo To Raster" il dato puntuale di piezometria è stato trasformato in una superficie che descrivesse l'andamento della falda in profondità.

Questo metodo utilizza una tecnica di interpolazione a differenze finite iterative. È ottimizzato per avere l'efficienza computazionale dei metodi d'interpolazione locali, come l'interpolazione a distanza inversa (IDW inverse distance weighted), senza perdere la continuità di superficie dei metodi di interpolazione globale, come Kriging e Spline. Si tratta essenzialmente di una tecnica di spline (Wahba, 1990) per cui la rugosità è stata modificata per consentire alla superficie di seguire bruschi cambiamenti nel terreno, come ruscelli, creste e dirupi o come nel nostro caso di seguire bruschi cambiamenti di permeabilità dell'acquifero come ad esempio presenza di faglie o fratture.

Lo strumento è tarato per tollerare molti punti collinari (massimi locali) e pochi sink (minimi locali). "Topo to Raster" impone quindi dei vincoli sul processo d'interpolazione che si traduce nella rimozione di sink spuri che si discostano da un andamento uniforme della superficie. Nel caso della ricostruzione della superficie di falda questo vincolo evita di contaminare il dato di falda superficiale con pozzi su falda profonda che possono essere stati rilevati e non individuati.

Il dato di piezometria è stato arricchito inserendo lo zero idraulico al livello del mare per impedire che lo scarso numero di campioni generasse superfici con gradienti invertiti. Nelle impostazioni di calcolo è stato inserito un ulteriore vincolo, il numero di interazioni limitato a 5. Come detto in precedenza questo metodo è ottimizzato per avere l'efficacia locale dei metodi IDW, nel nostro caso questo è ancora più essenziale in quanto i pozzi sono stati rilevati proprio in prossimità del tracciato del gasdotto quindi un numero limitato di interazioni tra i pozzi nella interpolazione garantirà una migliore rappresentazione locale riducendo contestualmente la possibilità di influenze sulla superficie interpolata da parte di sink spuri.

Al termine del calcolo la superficie ottenuta rappresenta la superficie piezometrica idealizzata relativa alla livello del mare, questo dato è di non facile lettura per le necessità dello studio; con strumenti di Map Algebra e nello specifico la tool "Raster Calculator", che sostanzialmente esegue calcoli matematici utilizzando raster, alla superficie piezometrica è stata sottratta la superficie topografica.

Questo calcolo ha generato una terza superficie che rappresenta nuovamente la soggiacenza. Questa superficie avrà valori negativi quando la superficie piezometrica si troverà al di sotto della superficie, e valori positivi in caso contrario.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 20 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

2.3.6 Le criticità delle curve di soggiacenza

Le curve di soggiacenza ottenute attraverso l'elaborazione in ambiente GIS del dato, descrivono in maniera sufficientemente esaustiva l'andamento della soggiacenza della falda in prossimità dell'area interessata dalla posa della condotta.

La precisione e l'attendibilità della rappresentazione cartografica delle curve di soggiacenza risulta influenzata dal numero e dalla distribuzione spaziale dei punti rilevati. Questo comporta un'eccessiva approssimazione del dato nelle aree marginali a quella di rilievo e nelle aree in cui i dati rilevati risultano essere radi e/o troppo distanti tra loro.

Nell'analisi dell'assetto idrogeologico delle aree interessate dai metanodotti, le limitazioni della rappresentazione cartografica della soggiacenza della falda, sono state integrate con le risultanze di diversi articoli accademici e sulla base dell'esperienza diretta degli scriventi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 21 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

2.4 MACROAREA 1 – CAMPIDANO DI CAGLIARI

Nella Macroarea 1 – Campidano di Cagliari il Complesso Idrogeologico del Campidano (Unità delle alluvioni plio-quadernarie) consta di tre distinti corpi idrici tra loro sostanzialmente simili le cui peculiarità dipendono esclusivamente dal settore geografico di appartenenza che da sud verso nord prendono il nome di:

- C.I. Detritico-Alluvionale Plio-Quadernario di Sarroch.
- C.I. Detritico-Alluvionale Plio-Quadernario di Macchiarreddu;
- C.I. Detritico-alluvionale plio-quadernario del Campidano di Cagliari;

I suddetti corpi idrici interferiscono in maniera continua e più o meno diretta con:

- Met. Cagliari – Palmas di Arborea DN 650

e con le sue dirette diramazioni:

- Met. Allacciamento al Comune di Cagliari DN 250
- Met. Derivazione per Capoterra-Sarroch DN 150
- Met. Derivazione per Monserrato DN 250
- Met. Derivazione per Serramanna DN 250
- Met. Derivazione per Villacidro DN 150

Dal punto di vista litologico, il Complesso Idrogeologico del Campidano è rappresentato dall'insieme di depositi detritici del Quadernario antico, recente ed attuale costituiti in prevalenza dalle alluvionali terrazze del Pleistocene superiore (**PVM2a**) e dell'Olocene (**bn**) costituenti le conoidi alimentate dai rilievi montano-collinari bordieri, in facies sia ghiaioso-ciottolosa poligenica con matrice sabbio-limo argillosa, sia sabbioso-ghiaioso limosa e limo argillosa. Seguono tutti i depositi alluvionali recenti ed attuali (**b**) formanti la complessa rete di drenaggio superficiale attiva e inattiva costituita sempre da corpi detritici più o meno vasti e potenti nei quali sono distinguibili facies grossolane (ghiaie e ghiaie ciottolose poligeniche con matrice sabbioso-limosa più o meno abbondante), intermedie (sabbie e sabbie più o meno ghiaiose o limose) e fini (limi, limi-argillosi e argille). Risultano costituenti di questo complesso idrogeologico anche i depositi sabbiosi costieri formanti gli antichi cordoni litorali (**g**) nonché le fasce sabbiose litorali attuali (**g2**), i depositi olocenici e attuali di ambiente stagnale e lagunare a componente granulometrica per lo più limo-argillosa (**e5**), i depositi eluvio-colluviali (**b2**), i depositi detritici di versante (**a**) siano essi attuali o antichi ed infine il variegato insieme di depositi antropici (**h**). Lo spessore complessivo può variare da qualche metro lungo la zona di contatto con i rilievi bordieri del Campidano, a diverse centinaia di metri nella zona centrale della piana.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 22 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

A scala ampia la circolazione idrica sotterranea può essere rappresentata da una falda idrica superiore, a carattere freatico o semi freatico soggetta a variazioni sensibili della piezometrica in funzione della stagionalità che interessa principalmente le unità detritiche Attuali e dell'Olocene recente e una falda idrica più profonda confinata o semi confinata del tipo multi falda entro le unità afferenti al Pleistocene superiore e al Pliocene (laddove i sedimenti riferibili a quest'ultima sono presenti), le cui relazioni verticali e orizzontali tra i vari livelli saturi sono state ben studiate nel corso delle attività di ricerca idrica per vari utilizzi nonché per finalità scientifiche.

La permeabilità inoltre, fatte salve le variazioni di porosità indicate, connesse con la prevalenza o meno di granulometrie fini, intermedie e grossolane, risulta in genere maggiore nei depositi olocenici e attuali diminuendo in quelli del Pleistocene superiore e Pliocene in virtù dell'aumento graduale dell'addensamento e dei fenomeni diagenetici con la profondità.

In questa macroarea ricadono anche 5 derivazioni che, nella loro distribuzione lineare rispetto alla tratta principale sia verso sud (Derivazione Capoterra-Sarroch, allacciamento al Comune di Cagliari), verso il bordo orientale del Campidano (Der. per Monserrato, Der. per Serramanna; Der per Sanluri) e verso il bordo occidentale della stessa (Der. per Villacidro) interessano la maggior parte dell'area in studio.

Nel settore più meridionale della Macroarea 1 nell'area costiera di Capoterra-Sarroch, l'acquifero plio-quadernario è formato, in prevalenza, a spese dei rilievi montano-collinari bordieri impostati su rocce granitoidi e su rocce metamorfiche della successione Cambro-Ordoviciano alloctona (Figura 2-3). Lo spessore complessivo può variare da qualche metro lungo la zona di contatto con i rilievi bordieri del Campidano sud orientale e della piana di Sarroch-Pula, sino circa 60 m nella fascia prossima alla linea di costa e dell'area stagnale di Santa Gilla. Il complesso presenta una permeabilità per porosità complessivamente medio-bassa relativamente alle facies alluvionali pleistoceniche a causa dell'elevato grado di addensamento e per la presenza di una componente detritica fine limo-argillosa talora significativa e medio-alta nei depositi alluvionali olocenici in facies ghiaioso-ciottolosa e sabbiosa, nei depositi eluvio-colluviali e nei detriti di falda. Diminuzioni nette della permeabilità possono riscontrarsi in presenza di intercalazioni limo-argillose entro il complesso alluvionale olocenico, terrazzato o meno.

Nella piana di Uta e Capoterra si riscontra la presenza di due acquiferi sovrapposti, il più superficiale dei quali ha una potenza di circa 30 m mentre il più profondo supera in alcuni punti i 150 m, entrambi costituiti principalmente dall'alternanza di ghiaie e sabbie argillose e argille che danno origine a locali variazioni di permeabilità e di trasmissività. I due acquiferi sono separati da uno strato lenticolare sabbioso-argilloso a bassa permeabilità di potenza variabile compresa tra 10-25 m, che sostiene la falda a carattere freatico, mentre l'acquifero profondo poggia a est (area costiera) su un altro substrato argilloso e a ovest (area pedemontana) direttamente sul basamento cristallino. L'oscillazione stagionale media della falda è di circa 2,20 metri come verificato delle osservazioni condotte sui pozzi dell'area, da Pala (1984, 1994).

Dall'analisi delle direzioni di deflusso si capisce che l'alimentazione dell'acquifero proviene dal sistema di fratture con andamento NW-SE che interessa i rilievi paleozoici metamorfici e cristallini. Un importante asse di alimentazione era costituito, sino al recente passato, dal Rio Santa Lucia, ma la realizzazione di una traversa sull'alveo impostata direttamente sul basamento roccioso attualmente impedisce quasi completamente i deflussi naturali nel sottosuolo limitando pesantemente l'interscambio

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 23 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

tra acque superficiali di subalveo e sotterranee. I gradienti idraulici misurati in diverse zone della piana hanno valori compresi tra 1,5 e 3,5 ‰. Nella piana del Rio Santa Lucia i valori della trasmissività e della permeabilità sono stati desunti dalle prove di emungimento di alcuni pozzi che hanno evidenziato una trasmissività di 4 e di 3×10^{-2} mq/s con portate medie di 14 e 11 l/s. Nel bacino del rio San Gerolamo, in un pozzo realizzato nelle alluvioni attuali (località Frutti d'Oro) è stato registrato un valore di trasmissività di $7,9 \times 10^{-2}$ mq/s con una portata di 0,4 l/s.

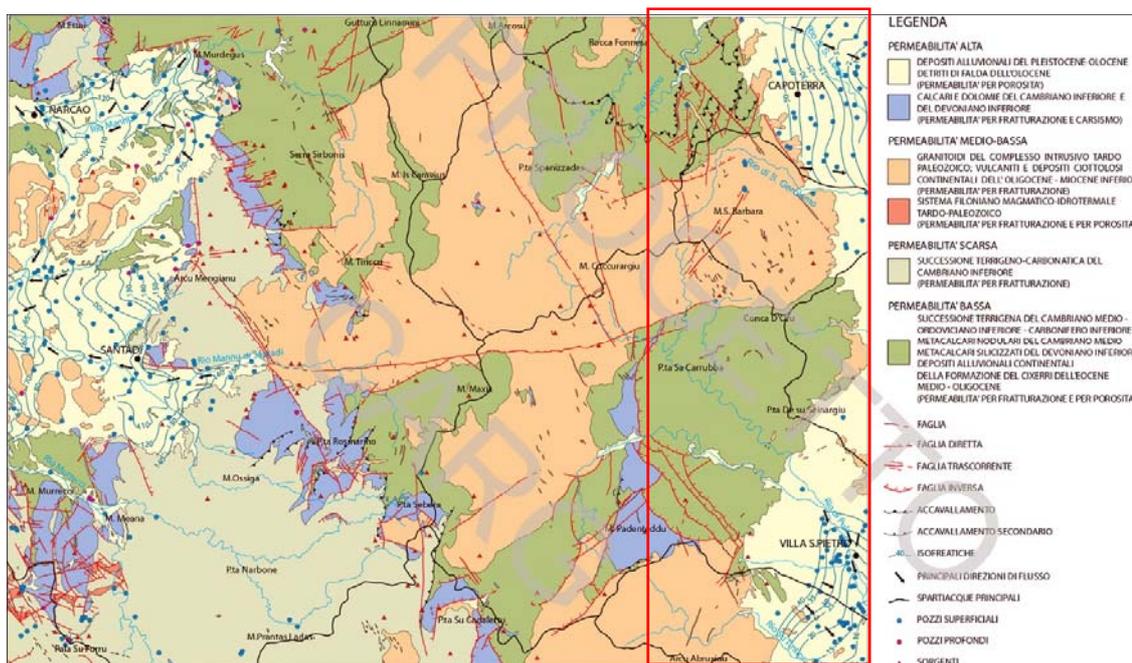


Figura 2-3 - Schema idrogeologico dell'area di Capoterra (Foglio 565, CARG).

Nel settore più a nord comprendente la vasta area industriale di Macchiareddu, l'area stagnale a ovest del capoluogo sino ad arrivare alla zona centrale del Campidano di Cagliari, le coperture alluvionali quaternarie mostrano potenze molto maggiori e nel contempo ancor più variabili in quanto a granulometria, permeabilità e trasmissività.

La successione è sempre costituita da un complesso insieme di corpi lentiformi di strati ghiaioso-ciottolosi e sabbioso-ghiaiosi con intercalazioni limoso-argillose originate dall'azione congiunta dei due principali corsi d'acqua del settore, il rio Cixerri e il Flumini Mannu e dei loro affluenti che, lungo il margine orientale della fossa tettonica campidanese materializzata dal tracciato della S.S. 131 hanno come substrato di appoggio le unità litostratigrafiche appartenenti al Miocene inferiore e medio (RML - F.ne della Marmilla, ADP - F.ne delle Arenarie di Pirri e GST - F.ne delle Marne di Gesturi), della successione vulcanica oligomiocenica e delle facies detritiche eoceniche della F.ne del Cixerri (CIX). Nei settori di piana che contornano l'asta fluviale del Flumini Mannu, sono frequenti facies alluvionali ad elevata componente limo-argillosa da mettere in correlazione con antiche divagazioni dell'alveo, talora rinvenibili nel sottosuolo sino a circa 50 m di profondità dal p.c.

La sequenza idrogeologica produttiva del Campidano di Cagliari può essere pertanto rappresentata anche in questo suo settore centrale da una successione sabbioso-

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 24 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

ghiaiosa a permeabilità generalmente elevata, intercalata da strati limosi argillosi a permeabilità medio-bassa sino a nulla, all'interno della quale possono individuarsi livelli piezometrici differenti che su grande scala determinano la formazione di un esteso acquifero multistrato, spesso con buone caratteristiche di salienza. L'acquifero freatico, limitato ai primi 5-10 m di profondità, nei settori morfologicamente più depressi e prossimi al fondovalle del rio Flumini Mannu e dei rii maggiori può presentare una piezometrica mediamente stabilizzata a qualche metro di profondità rispetto al p.c. con possibilità di risalita sino alla superficie o di abbassarsi ulteriormente in funzione dell'andamento stagionale delle precipitazioni. La falda ha infatti una soggiacenza generalmente compresa tra -2 e -3 m sotto il piano campagna nel periodo invernale e fra i -3 e -5 m nel periodo estivo, con escursioni che variano mediamente tra 1 e 2 m. Condizioni di particolare sensibilità si rinvencono nel settore più prossimo alla zona degli stagni costieri di Santa Gilla dove, a causa delle quote assolute del p.c. prossime al livello del mare, la circolazione idrica a carattere freatico spesso raggiunge e supera il p.c. in particolari condizioni meteo climatiche. I dati di trasmissività e di permeabilità del sistema multi falda sono prevalentemente desunti da pozzi che interessano l'acquifero quaternario; nell'area di Assemini le prove di portata effettuate su numerosi pozzi hanno consentito di determinare una permeabilità che varia tra $1,7$ e $3,3 \times 10^{-4}$ m/s e una trasmissività compresa tra 7 e 25×10^{-3} mq/s (Figura 2-4).

Nei pressi di San Sperate risulta invece una permeabilità $1,82 \times 10^{-4}$ con una potenza complessiva dell'acquifero di circa 50 m; nell'area di Decimomannu la permeabilità varia da $4,6 \times 10^{-5}$ a $1,37 \times 10^{-4}$ m/s mentre la trasmissività varia da $1,2$ a $9,5 \times 10^{-3}$ mq/s con spessori dello strato produttivo variabili tra 25 e 70 m. Nell'area di Decimomannu e Assemini la falda presenta un deflusso sotterraneo generale con direzione da NW a SE, con un gradiente idraulico medio del 0,5 ‰.



Figura 2-4 - Schema idrogeologico dell'area di Assemini Decimoputzu (da Foglio 556, CARG).

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 25 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

Nell'area tra Serramanna e Samassi la piana del Campidano è caratterizzata dai depositi alluvionali del Flumini Mannu e del Torrente Leni, articolati entrambi in diversi ordini di terrazzi. Quelli ubicati in destra idrografica del Flumini Mannu sono costituiti da prevalenti alluvioni ciottolose ad elementi di rocce del basamento metamorfico e intrusivo mentre quelli in sinistra da elementi provenienti anche dallo smantellamento della successione vulcano sedimentaria miocenica. Tuttavia i parametri idrodinamici non sembrano risentire della suddetta differenza compositiva; la porosità efficace determinata con alcune prove di emungimento è risultata tra il 10% e il 12% in entrambi i tipi di sedimento.

Il complesso alluvionale presenta una permeabilità per porosità complessivamente medio-alta in riferimento alle alluvioni terrazzate subattuali ciottolose e sabbiose, con matrice arenaceo-argillosa, che può subire sostanziali variazioni in funzione della maggiore o minore presenza di frazione argillosa. Si ha invece una permeabilità medio-bassa in presenza dei sedimenti sabbioso argillosi della Formazione di Samassi, individuata solo nel corso di sondaggi profondi.

Il questo ulteriore settore del Campidano i dati disponibili indicano che le alluvioni hanno una porosità efficace compresa tra il 12 e il 15%; molto più bassa è la porosità efficace della Formazione di Samassi, che, approssimativamente, si stima compresa tra il 3 e il 7%. La falda, analogamente a quanto riportato per le aree della piana più meridionali, si colloca tra -2 e -5 m sotto il piano campagna con escursioni che variano mediamente tra 1 e 2 m. Le principali direzioni di deflusso convergono verso il corso d'acqua principale (Flumini Mannu) il cui subalveo drena le acque di falda del settore. Lo stesso andamento si rileva nel Canale Collettore Basso, un affluente artificiale del Flumini Mannu.

Ad Est di Serramanna e Samassi, lungo la strada che collega i due paesi, le isofreatiche tendono a sovrapporsi indicando la presenza di una soglia idraulica causata da una brusca diminuzione della permeabilità. Nell'area di Serramanna, il sondaggio CAS.MEZ. (n.6 CARG – Figura 2-5) realizzato in prossimità di Casa Aru, sulla sinistra idraulica del Torrente Leni, è stato spinto sino a 112 m di profondità, intercettando 4 livelli acquiferi. La prova di portata ha consentito di determinare una permeabilità di $2,3 \times 10^{-5}$ m/s e una trasmissività di $1,9 \times 10^{-3}$ mq/s.

Particolarità del settore settentrionale della piana del campidano di Cagliari attraversata dal tracciato riguarda i depositi di ambiente lacustre/palustre argillosi e limo argillosi (ea) che si rinvencono esclusivamente in prossimità della Derivazione per Sanluri e che un tempo costituivano un'ampia area di ristagno alimentata dai corsi d'acqua provenienti sia dal bordo occidentale del Campidano (es: Rio Seddanus) sia da quello orientale.

Nel settore interessato dalla Discarica Consortile subito a est della Z.I. di Villacidro, il sistema di monitoraggio della falda freatica, garantito da una quindicina di pozzi spia spinti sino ad una profondità massima di 15 m dal p.c., indica, entro tale profondità, la presenza di una irregolare distribuzione di piccole falde confinate e semiconfinate di scarsa produttività ($<<$ di 0.5 l/ec) che solo negli ultimi 2-3 m superficiali, assumono caratteri di circolazione idrica di tipo freatico.

Risulta invece importante, per produttività e spessore, il sistema multi falda che si intercetta sin da una profondità di circa 20-25 m e prosegue quasi ininterrottamente sino a 50-60 m dal p.c., oggetto di intenso sfruttamento mediante pozzi per uso irriguo in tutto il comparto agricolo con portate che talora raggiungono e superano i 7.0 l/sec. In ogni caso la presenza di numerosi setti argillo-limosi consistenti e di spessore plurimetrico

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 26 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

garantisce, in genere, l'isolamento della falda idrica più profonda da quella più superficiale, piuttosto vulnerabile nei confronti dell'inquinamento a causa della forte pressione antropica.

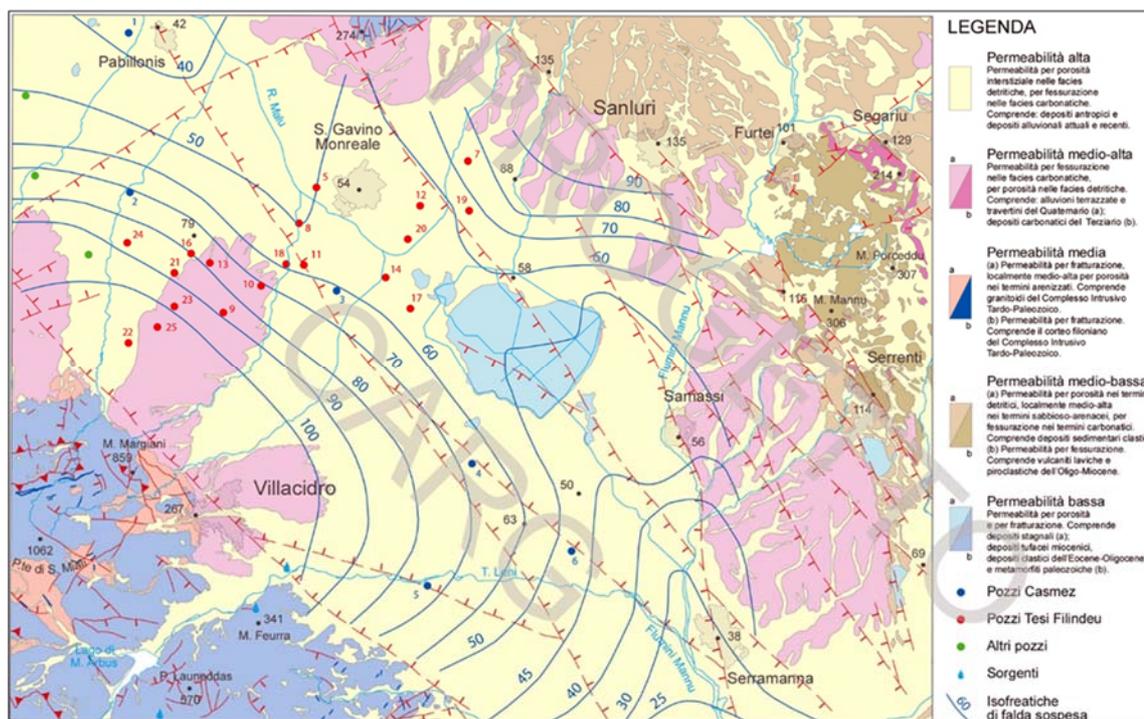


Figura 2-5 - Schema idrogeologico del settore centrale del Campidano (da Foglio 547, CARG).

Il complesso basale del complesso idrogeologico quaternario del Campidano, perlomeno in questo settore, è probabilmente rappresentato dai sedimenti argilloso-sabbiosi e in parte conglomeratici della Formazione di Samassi (non affiorante) mentre verso il margine est, questo viene sostituito in genere dai sedimenti marnoso arenacei miocenici che affiorano diffusamente.

Un elemento di rilievo di questo settore attiene alla morfologia della falda idrica in virtù della presenza, nel sottosuolo, di uno spartiacque che corrisponde alla soglia strutturale presente all'incirca all'altezza di San Gavino Monreale – Pabillonis e che separa i deflussi sotterranei del settore meridionale, con direzione da N verso S, da quelli del settore settentrionale di verso opposto.

Nel complesso, in questo settore del Campidano centrale si riscontra una permeabilità per porosità complessivamente medio-alta (ad esclusione dei settori ora bonificati, presenti a Sud, Sud Est e Sud Ovest della località Sa Stovina - Sanluri Stato, un tempo sede di uno stagno interno alimentato da acque dolci) in riferimento alle alluvioni terrazzate subattuali ciottolose e sabbiose, con matrice arenaceo-argillosa, che può subire sostanziali variazioni in funzione della maggiore o minore presenza di frazione argillosa e del suo addensamento. Condizioni di minore permeabilità complessiva si osservano invece nelle alluvioni terrazzate costituenti il glaciais pleistocenico (PVM2a) a causa della matrice limo argillosa ferrettizzata che riduce la porosità interstiziale.

Per quanto concerne gli acquiferi la soggiacenza del primo livello piezometrico oscilla in

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 27 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

tutta l'area della piana di Villacidro, San Gavino e Sanluri tra circa -2,00 e -5,00 m dal piano di campagna, con forti oscillazioni stagionali. Solo lungo le conoidi e sui terrazzi alluvionali più antichi la falda in alcuni casi risulta attestarsi a quote leggermente inferiori, comunque comprese entro i -10 e -15 m. Oltre i 20 m di profondità si incontra l'acquifero multi falda impostato nei depositi alluvionali a matrice sabbioso-limosa e cemento argilloso caratterizzato da uno spessore variabile che aumenta progressivamente raggiungendo profondità anche molto superiori ai 100 m nell'area al confine tra il comune di Villacidro, di Sanluri e di San Gavino Monreale.

Nel comune di San Gavino Monreale i sondaggi CAS.MEZ. (n.3 e n.2 CARG in Figura 2-5, da Foglio 547, CARG), profondi rispettivamente 97,80 e 152 m, intercettano tra la quota di -7 e -100 m una serie di 9 acquiferi alcuni dei quali in pressione. Nel primo sondaggio la trasmissività è risultata di $1,5 \times 10^{-3}$ mq/s con una permeabilità di $2,7 \times 10^{-5}$ m/s, nel secondo $1,2 \times 10^{-3}$ mq/s con una permeabilità di $1,5 \times 10^{-5}$ m/s. Sempre nel comune di San Gavino Monreale la società mineraria Monte Vecchio, ha realizzato alcuni pozzi profondi sino a 300 m, in cui la temperatura delle acque era compresa tra i 23 e 29°C e il chimismo delle acque risultava prevalentemente bicarbonato-alcalino.

2.4.1 Interazione con la falda

Per quanto concerne la **Macroarea 1 – Campidano di Cagliari**, sulla base delle risultanze dell'analisi idrogeologica condotta e sulla base dell'analisi della carta delle soggiacenze elaborata si possono evidenziare le seguenti aree di potenziale interferenza tra la falda superficiale e le opere in progetto:

Met. Cagliari – Palmas di Arborea DN 650

Met. Allacciamento al Comune di Cagliari DN 250

All'interno della Macroarea 1, il settore più sensibile per quanto concerne l'interferenza dell'opera in progetto con falda superficiale è senza dubbio l'area umida dello stagno di Cagliari, di cui di seguito si esplicitano le principali peculiarità:

1. Nell'area del Porto Canale, in cui si trova il tratto iniziale della condotta del metanodotto Cagliari-Palmas Arborea, la carta della soggiacenza indica una quota media della falda superficiale variabile, compresa tra -1,0 e -4,0 m, in riferimento alla conformazione morfologica del terreno. I rilievi freaticometrici, condotti in uno dei piezometri di nuova realizzazione (censito come PZ 101-01), hanno consentito di stabilire la soggiacenza puntuale pari a -3,3 m, mentre nei sondaggi archeologici (non allestiti a piezometro), realizzati lungo il tracciato della condotta, nella stessa area, indicano una quota media di soggiacenza della falda pari a -2,00 m.

In riferimento all'conformazione morfologica sub-pianeggiante dell'area si può assumere come quota di riferimento cautelativa quella di -2, 0 m dal p.c.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 28 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

2. Nella fascia di terra, attraversata dalla SS 195 Sulcitana, che spara il settore Nord-Ovest del Porto Canale dalla laguna di Santa Gilla la quota media della falda superficiale riscontrata dalla carta delle linee di soggiacenza è di circa - 1.0 m, così come evidenziato dalle misure freaticometriche in situ.

L'area, sarà, in parte interessata dalla messa in opera della condotta mediante tecnica trenchless, nel caso specifico, 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, inoltre trattandosi di un area prossima alle aree perilagunari e marine, la falda non presenta una ben definita direzione di flusso preferenziale.

3. La laguna di Santa Gilla viene attraversata dalla condotta del metanodotto attraverso il corridoio di terra in rilevato, realizzato per la posa dei tralicci della linea elettrica. Lungo il rilevato, che in parte costeggia la SP1, in direzione dello stabilimento Conti Vecchi, sono stati realizzati una serie di piezometri le cui letture hanno evidenziato per la falda superficiale una quota di soggiacenza media compresa tra -2,0 e - 2,80 m.

In virtù della quota sul livello medio del mare, del corridoi di terra, si può ipotizzare in quest'area un interazione limitata tra la falda superficiale e l'opera in progetto e/o limitata solo ad alcune aree.

4. Nell'area antistante lo stabilimento Syndial e la ex-discarica della Rumianca la carta della soggiacenza indica una quota media per la falda superficiale compresa tra -1,0 e -2,0 m, le misure condotte su un piezometro antistante lo stabilimento confermano la quota con una lettura di -1,50 m pertanto in riferimento alla conformazione morfologica dell'area e alla sua vicinanza con l'area laguna si ritiene che per tale aree possa essere presa come riferimento una quota media di -1.5 m.

In virtù della quota media della falda superficiale, si può ipotizzare in quest'area una parziale interazione tra la falda e l'opera in progetto.

In tutta l'area perilagunare, la falda superficiale ha una quota media compresa tra -1,0 e -2.5 m con locali variazioni dovute alla modifica della conformazione piano altimetrica prodotta dall'attività industriale o semplicemente dalla conformazione morfologica del terreno.

Nelle aree prossime alla laguna e/o al mare la falda può subire delle deboli escursioni giornaliere (0,20 - 0,40 m) indotte, nella falda, dalle dinamiche di marea che caratterizzano la laguna. Nel complesso, la falda superficiale presente nell'area lagunare e perilagunare dello stagno di Santa Gilla, può essere considerata come una falda direttamente controllata dalle dinamiche lagunari, pertanto non caratterizzata, da una direzione di flusso preferenziale.

In tale contesto si ritiene che i rischi connessi con la modificazione del campo di moto della falda, indotto dalla presenza della condotta, siano limitati se non assenti.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 29 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

Lungo il tracciato del metanodotto in studio dall'area dello stabilimento della Syndial fino alla derivazione per Villacidro, non sono state rilevate particolari criticità date dall'interferenza tra l'opera in progetto e la falda superficiale.

Met. Derivazione per Capoterra-Sarroch DN 150

Lungo la derivazione per Capoterra non si segnalano aree di particolare criticità la quota media della falda superficiale è superiore a -3.0 m con località in cui la stessa supera abbondantemente i -10.0 e -20,0 m.

La direzione di deflusso della falda superficiale desunta dallo schema idrogeologico dell'area di Capoterra (Figura 2-3) e della carta della soggiacenza, indica un andamento del deflusso circa Ovest-Est, che si muove dall'are pedemontana verso il settore costiero di Capoterra-Sarroch.

In tale contesto, la direzione di deflusso della falda risulta essere circa normale alla condotta del metanodotto, condizione che lascia presupporre un modesto rischio che la trincea stessa possa modificare il campo di moto della falda freatica, rappresentando una via di deflusso preferenziale, o un parziale impedimento al deflusso. Ciò nonostante, vista la quota media della soggiacenza della falda superficiale rilevata lungo questa derivazione, non si prevede che la quota di imposta della condotta vada ad interferire in maniera significativa con la falda.

Met. Derivazione per Monserrato DN 250

Lungo la derivazione per Monserrato, nel settore compreso tra Uta e Decimomannu il tracciato del metanodotto attraversa l'area golenale del Flumini Mannu. In questo settore la carta delle soggiacenza evidenzia una quota media della falda superficiale compresa tra -2,0 e -3,0 m, così confermato anche dalle misure freatimetriche puntuali condotte nella zona. Come facilmente prevedibile, lungo la sezione di imposta del Flumini Mannu, morfologicamente depressa, la falda assume un carattere più superficiale rispetto a quanto rilevato nelle aree limitrofe, in cui si riscontra una quota media di circa -5,0 e -7,0 m.

L'attraversamento del Flumini Mannu, da parte della condotta del metanodotto è previsto in progetto, mediante la tecnica Trenchless. Negli acquiferi alluvionali l'impatto delle opere in sotterraneo con la circolazione idrica è generalmente riferibile ad un possibile effetto barriera operato dalla condotta, tuttavia le ridotte dimensioni delle tubazioni rispetto allo spessore saturo dell'acquifero quaternario interessato sono tali da rendere minimo tale effetto.

Met. Derivazione per Serramanna DN 250

Nella derivazione in esame, il tracciato del metanodotto, si sviluppa parallelamente alla sponda sinistra del Torrente Leni, che in prossimità dell'abitato di Serramanna confluisce le sue acque nel Flumini Mannu. Dall'analisi della carta di soggiacenza, si riscontra che nel settore centro-terminale della derivazione, in località Santu Pardu, la soggiacenza media della falda superficiale è compresa tra -1,0 e -2,0 m, così come confermato dalle

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 30 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

misure freaticometriche puntuali condotte nei pozzi della zona e nei piezometri di nuova realizzazione.

L'andamento delle curve della carta della soggiacenza, evidenzia una direzione di deflusso principale dell'acquifero da Ovest verso Est, circa parallela all'asse di drenaggio del Torrente Leni, che in parte, se non completamente, viene alimentato dalla falda stessa.

Allo stesso modo la direzione di deflusso della falda superficiale e 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 di deflusso, in ragione di una maggiore permeabilità della stessa.

Met. Derivazione per Villacidro DN 150

Dal punto di stacco dalla linea principale (Met. Cagliari-Palmas), per circa 2,5 km, verso l'abitato di Villacidro, il tracciato della condotta, percorre un'area sub-pianeggiante a debole pendenza caratterizzata dalla presenza di una falda superficiale con soggiacenza media compresa tra -1,0 e -2,0 m, così come confermato dalle misure puntuali condotte sui numerosi pozzi distribuiti lungo il tracciato.

L'andamento delle curve piezometriche descritto nello schema idrogeologico del settore centrale del Campidano (Figura 2-5) e l'andamento delle curve di soggiacenza elaborate, evidenzia una direzione di deflusso principale dell'acquifero diretto da Ovest verso Est, che va dall'are pedemontana di Villacidro fino all'asse centrale della piana del Campidano.

La direzione di deflusso della falda superficiale, circa parallela alla direzione della condotta metanodotto, riduce al minimo il rischio che la stessa, modifichi il moto della falda, anche nell'ipotesi in cui la trincea rappresenti eventualmente una direzione preferenziale di deflusso, in ragione di una maggiore permeabilità della stessa.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 31 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

2.5 MACROAREA 2 – CAMPIDANO DI ORISTANO

Nella Macroarea 2 – Campidano di Oristano, il Complesso Idrogeologico del Campidano (Unità delle alluvioni plio-quadernarie) consta di due distinti corpi idrici sostanzialmente simili le cui peculiarità dipendono esclusivamente dal settore geografico di appartenenza, inoltre nell'area è presente anche il Complesso Idrogeologico del Monte Arci (Unità delle vulcaniti plio-quadernarie), i cui corpi idrici da sud verso nord prendono il nome di:

- C.I. Detritico-Alluvionale Plio-Quadernario del F. Mannu di Pabillonis;
- C.I. Vulcaniti plio-pleistoceniche del Monte Arci;
- C.I. Detritico-alluvionale plio-quadernario di Oristano

I suddetti corpi idrici interferiscono in maniera continua e più o meno diretta con:

- Met. Cagliari – Palmas di Arborea DN 650
- Met. Coll. Terminale di Oristano DN 650

e con le sue dirette diramazioni:

- Met. Derivazione per Sanluri DN 150
- Met. Derivazione per Guspini DN 150
- Met. Derivazione per Terralba DN 150
- Met. Derivazione per Oristano Città DN 150

Il tracciato attraversa questa macroarea mantenendosi per lo più lungo la fascia pedemontana orientale, delimitata dall'esteso complesso vulcanico del Monte Arci, per poi deviare, in prossimità di Tiria, verso il centro della piana costiera fermandosi in prossimità della costa. I complessi idrogeologici interessati sono due, dei quali il Complesso Idrogeologico del Campidano mostra identiche caratteristiche generali di quello omonimo analizzato per la Macroarea 1 ma una direzione di flusso idrico opposta.

Il Complesso idrogeologico del Monte Arci (Unità delle vulcaniti plio-quadernarie), localizzato nel settore NE della piana campidanese, è invece costituito da tutte le facies vulcaniche, vulcanoclastiche ed epiclastiche a composizione varia (da acida a intermedia sino a basica) che formano l'edificio vulcanico e le sue estensioni in direzione della zona depocentrale del Campidano di Oristano. Esso interferisce con il tratto principale "Cagliari - Palmas Arborea" per circa 1.5 km e per circa di 1 Km nella Derivazione Mogoro -Uras – Terralba esclusivamente nel settore nord-est del comune di Uras con l'acquifero rappresentato dalla sola Unità di Cuccuru Aspru che rappresenta le emissioni laviche dell'ultima fase di attività del vulcano.

L'acquifero, esteso anche in direzione del Campidano a profondità variabili tra qualche decina di metri sino a ettometrica a causa della strutturazione indotta dall'evoluzione

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 32 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

della fossa tettonica contestualmente e successivamente alle eruzioni laviche, si incunea entro quello delle alluvioni plio-quadernarie e presenta in genere una permeabilità per fessurazione complessiva da medio-bassa a bassa anche se localmente, in corrispondenza di facies con elevata frequenza di diaclasi, vescicolari e cavernose, la permeabilità complessiva dell'unità, per fessurazione e subordinatamente per porosità, può divenire medio-alta. In alcuni pozzi trivellati realizzati a Uras, profondi 50 m si riscontra la presenza di livelli produttivi tra - 30 e -40 m dal piano campagna, mentre procedendo verso la piana di Oristano il basamento vulcanico si immerge velocemente verso ovest, determinando una scarsa possibilità di intercettare l'acquifero vulcanico se non attraverso la realizzazione di trivellazioni profonde: tale acquifero pertanto, risulta sfruttato in modo ottimale solo nella fascia pedemontana occidentale del Monte Arci.

La limitata interazione tra il Complesso Idrogeologico del Monte Arci con il tracciato viene compensata da maggiore interferenza con il Complesso Idrogeologico del Campidano che nella Macroarea 2 è rappresentato dal settore Oristanese.

Dal punto di vista litologico, il Complesso Idrogeologico del Campidano è rappresentato dal medesimo insieme di depositi detritici presenti nel Campidano di Cagliari appartenenti al Quaternario antico, recente ed attuale costituiti in prevalenza dalle alluvionali terrazzate del Pleistocene superiore (**PVM2a**) e dell'Olocene (**bn**) costituenti le conoidi alimentate dai rilievi montano-collinari bordieri, in facies sia ghiaioso-ciottolosa poligenica con matrice sabbio-limo argillosa, sia sabbioso-ghiaioso limosa e limo argillosa.

Notevole estensione hanno anche i depositi alluvionali recenti ed attuali (**b**) formanti la complessa rete di drenaggio superficiale attiva e inattiva dei rii che confluiscono poi nel Flumini Mannu (Rio di Aletzia, Rio Terramaistus - Bellu, Rio Malu, Riu Tzizzerri, Riu Porcidda-Putzu Nieddu), del rio di Mogoro nonché del sistema deltizio del Tirso costituita sempre da corpi detritici più o meno vasti e potenti, nei quali sono distinguibili facies grossolane (ghiaie e ghiaie ciottolose poligeniche con matrice sabbioso-limosa più o meno abbondante), intermedie (sabbie e sabbie più o meno ghiaiose o limose) e fini (limi, limi-argillosi e argille).

Risultano costituenti di questo complesso idrogeologico anche i depositi sabbiosi più o meno cementati del Pleistocene superiore di ambiente eolico (**PVM2b**), i depositi sabbiosi costieri formanti gli antichi cordoni litorali (**g**) nonché le fasce sabbiose litorali attuali (**g2**), i depositi olocenici e attuali di ambiente stagnale e lagunare a componente granulometrica per lo più limo-argillosa (**e5**), i depositi eluvio-colluviali (**b2**), i depositi detritici di versante (**a**) siano essi attuali o antichi ed infine il variegato insieme di depositi antropici (**h**). Lo spessore complessivo può variare da qualche metro lungo la zona di contatto con i rilievi bordieri del Campidano, a diverse centinaia di metri nella zona centrale della piana (300 m nell'oristanese).

Nell'area di Guspini e Pabillonis il complesso idrogeologico è essenzialmente costituito da una successione sabbioso-conglomeratica intercalata da strati limoso-argillosi, con potenze variabili da 20 m ad oltre 100 m, all'interno del quale si individuano di frequente differenti livelli piezometrici. Il complesso basale è rappresentato dalle rocce basaltico-andesitiche del Miocene inferiore, che affiorano nell'abitato di Guspini e vengono intercettate alla profondità di 23 m in alcuni pozzi realizzati nella periferia nord dell'abitato; anche alla periferia di Pabillonis, in un pozzo realizzato ad uso irriguo, viene segnalata la presenza di rocce basaltiche a partire dalla profondità di 20 m; proseguendo

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 33 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

verso Sardara il complesso idrogeologico del quaternario poggia direttamente sulla successione marina delle marne mioceniche (F.ne della Marmilla – RML). In generale si riscontra una permeabilità per porosità complessivamente medio-alta in riferimento alle alluvioni terrazzate subattuali ciottolose e sabbiose, con matrice arenaceo-argillosa, che può subire sostanziali variazioni in funzione della maggiore o minore presenza di frazione argillosa e del suo addensamento. Il basamento roccioso vulcanico presenta nel complesso una permeabilità bassa.

Nei pressi dell'abitato di Guspini, analogamente a quanto rilevato settore a sud di Sanluri, fanno parte di questa unità idrogeologica anche i depositi di ambiente lacustre/palustre argillosi e limo argillosi (**ea**) che si rinvergono esclusivamente a ovest dell'abitato di Pabillonis in limitati areali.

In alcuni pozzi realizzati alla periferia nord dell'abitato di Pabillonis la falda è stata rinvenuta alla profondità di -23 m, coincidente con la quota a cui si rinvergono le unità basaltiche Plioceniche (**UCU**) connesse con l'edificio vulcanico del Monte Arci, costituenti, localmente il complesso basale impermeabile o scarsamente permeabile. Percorrendo il tracciato in direzione nord-est verso Pabillonis, in località Perdas Longas (in territorio di Guspini), in un pozzo profondo 100 m, si incontra esclusivamente la successione sedimentaria quaternaria, caratterizzata da un acquifero multifalda, con livelli produttivi a -30 e -76 m. In territorio di Pabillonis in località Domu e Campu, in un pozzo spinto sino a -50 m di profondità, l'acquifero multistrato ha mostrato la presenza di livelli produttivi a partire da -16 m fino a -45 m; in località Bia Sardara, a nord-est dell'abitato di Pabillonis, in un pozzo di 100 m di profondità, si rinviene il basamento basaltico già a partire da -20 m, con una falda alla quota di -10 m dal piano campagna. I valori di trasmissività e di permeabilità dell'acquifero descritto possono assimilarsi, per conformazione geologica e idrogeologia, a quelli indicati nella derivazione per Villacidro.

Tra gli abitati di Terralba, Marrubiu e Uras il Complesso Idrogeologico del Campidano di Oristano è costituito in prevalenza da sabbie, sabbie-limose con intercalati livelli ghiaiosi-ciottolosi, con potenze variabili che tendono progressivamente ad aumentare verso la piana di Oristano città. Le unità litostratigrafiche interessate sono rappresentate pertanto dalle stesse che sono state analizzate in precedenza ad esclusione delle facies argillose di ambiente palustre/lacustre che in tale ambito vengono sostituite dai depositi prevalentemente limo-argillosi (**e5**) della piana di Arborea e degli stagni costieri. Sempre nell'area costiera, tra Terralba e Arborea, in superficie prevalgono infatti le sabbie medio-fini con presenza di resti conchigliari, con progressivo aumento della frazione ghiaiosa in profondità; localmente si rinvergono livelli calcarenitici, anche a bassa profondità, legati alla risalita del livello del mare nel tardo Olocene.

Lungo il margine orientale della fossa del Campidano da Marrubiu a Uras si estende una vasta area a conoidi detritico-alluvionali, con spessori che a tratti raggiungono i 150 m, alimentate dal rilievo vulcanico del Monte Arci. Come anticipato nella descrizione del Complesso idrogeologico del Monte Arci, nel settore sud-est del comune di Uras, il ridotto spessore della coltre detritica quaternaria, consente l'affioramento delle lave basaltiche plio-pleistoceniche del Monte Arci meridionale. In questa zona alcuni pozzi trivellati incontrano una successione costituita da basalti fratturati alternati con strati di argille montmorillonitiche di colore verde.

Nel complesso si riscontra una permeabilità per porosità complessivamente medio-alta in riferimento alle alluvioni terrazzate subattuali e oloceniche, ciottolose e sabbiose, che può subire sostanziali variazioni in funzione della maggiore o minore presenza di

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 34 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

frazione argillosa. Una riduzione della permeabilità è possibile entro le facies detritico-alluvionali del Pleistocene superiore **PVM2a**.

Nei comuni di Uras e Terralba, si riscontra la presenza di un acquifero freatico superficiale, impostato sui depositi alluvionali olocenici e attuali sabbiosi o sabbioso-ciottolosi, prevalentemente alimentato dai deflussi del Rio Mogoro e dalla sua falda idrica di subalveo.

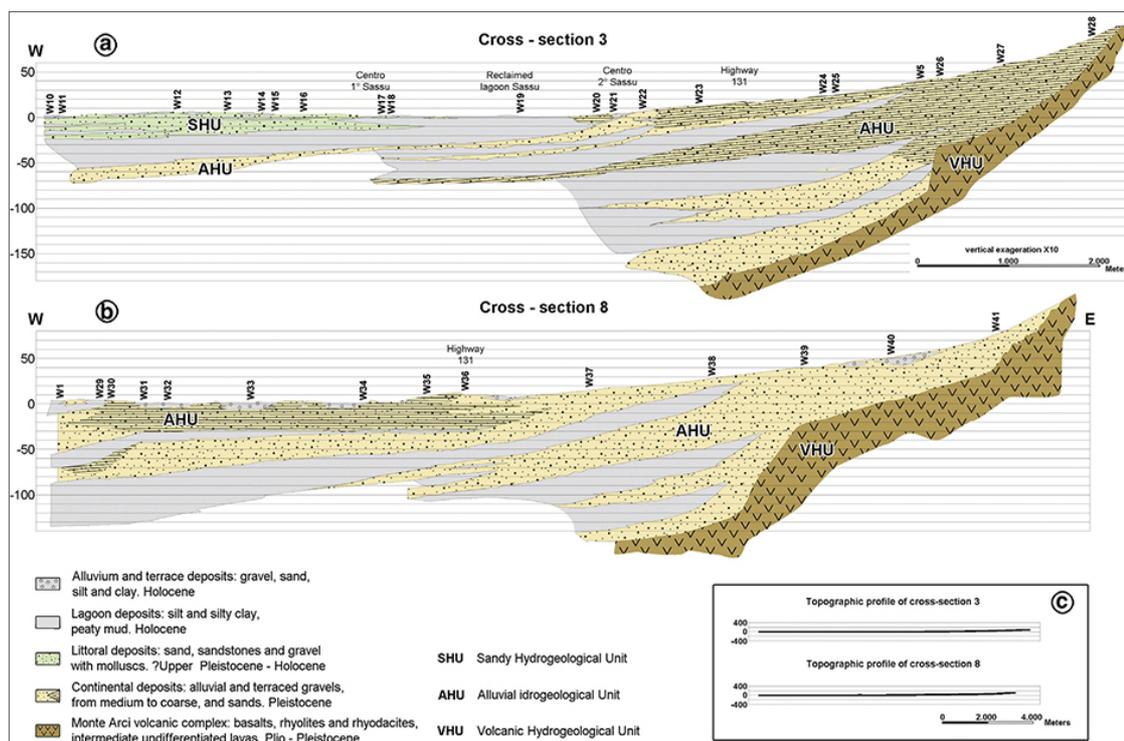


Figura 2-6 - Stratigrafia degli acquiferi della piana di Oristano.

Infatti, nonostante la netta deviazione artificiale del tracciato originario (un tempo il rio Mogoro sfociava nello stagno di S'Ena Arrubia), è ancora ben osservabile la morfologia conseguente al suo percorso naturale, ora sede di importanti attività agricole favorite anche dalla ricca falda freatica delimitata, alla base, da livelli argillosi, spesso semi permeabili o a drenaggio lento; la falda ha una soggiacenza media di 5÷6 m dal p.c.

Da una profondità di circa 20 m fino ad oltre 60 m si incontra un acquifero multistrato, costituito dall'alternanza di livelli sabbioso-ghiaiosi e argillosi, la cui alimentazione si presume derivi preferenzialmente dai deflussi profondi provenienti dall'edificio vulcanico del Monte Arci. In località Corongeddu, in prossimità del confine comunale tra Uras e Terralba, in un pozzo di 73 m, è stato rinvenuto un acquifero multi falda, impostato nella successione sedimentaria quaternaria, con livelli produttivi posizionati a quota -5, -29, -44, -68 m dal p.c..

I depositi alluvionali del settore che contorna gli abitati di Oristano, Santa Giusta e Palmas Arborea nonché la zona degli stagni costieri di Santa Giusta sono parte integrante del grande cono di deiezione alluvionale del Tirso il cui vertice può individuarsi

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 35 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

ad una distanza di circa 20 km dal mare, all'uscita del fiume da una gola incisa nei basalti presso Villanova Truscheddu.

I sedimenti sono costituiti da ghiaie-ciottolose poligeniche, eterometriche, in matrice sabbioso-limosa. La geometria dei corpi sedimentari è piuttosto complessa, con frequenti eteropie di facies dovute all'ambiente morfodinamico in passato molto attivo. Il pozzo Oristano 1 (sondaggio realizzato dall'Agip spinto sino a -1802 m di profondità) ha messo in luce una serie stratigrafica caratterizzata da uno spessore di oltre 800 m di sedimenti plio-quadernari fra i quali si intercala un unico orizzonte basaltico piuttosto sottile alla quota di circa 300 m di profondità.

Nel complesso si distingue una parte superiore caratterizzata da un maggior numero di strati sabbiosi e ghiaiosi, rispetto ad un complesso basale con tenori più elevati di argilla. L'evoluzione della successione sedimentaria dell'estuario del Tirso è stata notevolmente influenzata dalle fluttuazioni glacio-eustatiche del Quaternario, che hanno prodotto la migrazione del sistema transizionale (spiaggia-laguna) con la conseguente messa in posto di un sistema eteropico caratterizzato dall'alternanza di livelli lacustri argilloso-sabbiosi e marino sabbiosi con i depositi terrigeni ghiaioso-sabbiosi trasportati verso la costa dal fiume.

L'assetto idrogeologico dei luoghi attraversati dal tracciato è caratterizzato dalla presenza di due acquiferi di rilevante importanza, 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 (vedi Figura 2-7).

L'acquifero profondo, di tipo multistrato, è impostato sui prodotti alluvionali pleistocenici ed è di tipo multistrato, a causa dei numerosi orizzonti a permeabilità più o meno bassa che lo costituiscono. Lo spessore massimo di questo acquifero può essere dedotto dalla stratigrafia del pozzo Oristano 1 che appunto indica che la profondità del basamento vulcanico si trova a circa 300 m sotto la successione quadernaria. 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 $3,8 \times 10^{-4}$ 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. La geometria dei corpi sedimentari permette una "filtrazione" dei livelli acquiferi superiori a quelli profondi, sebbene in tempi lunghi.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 36 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

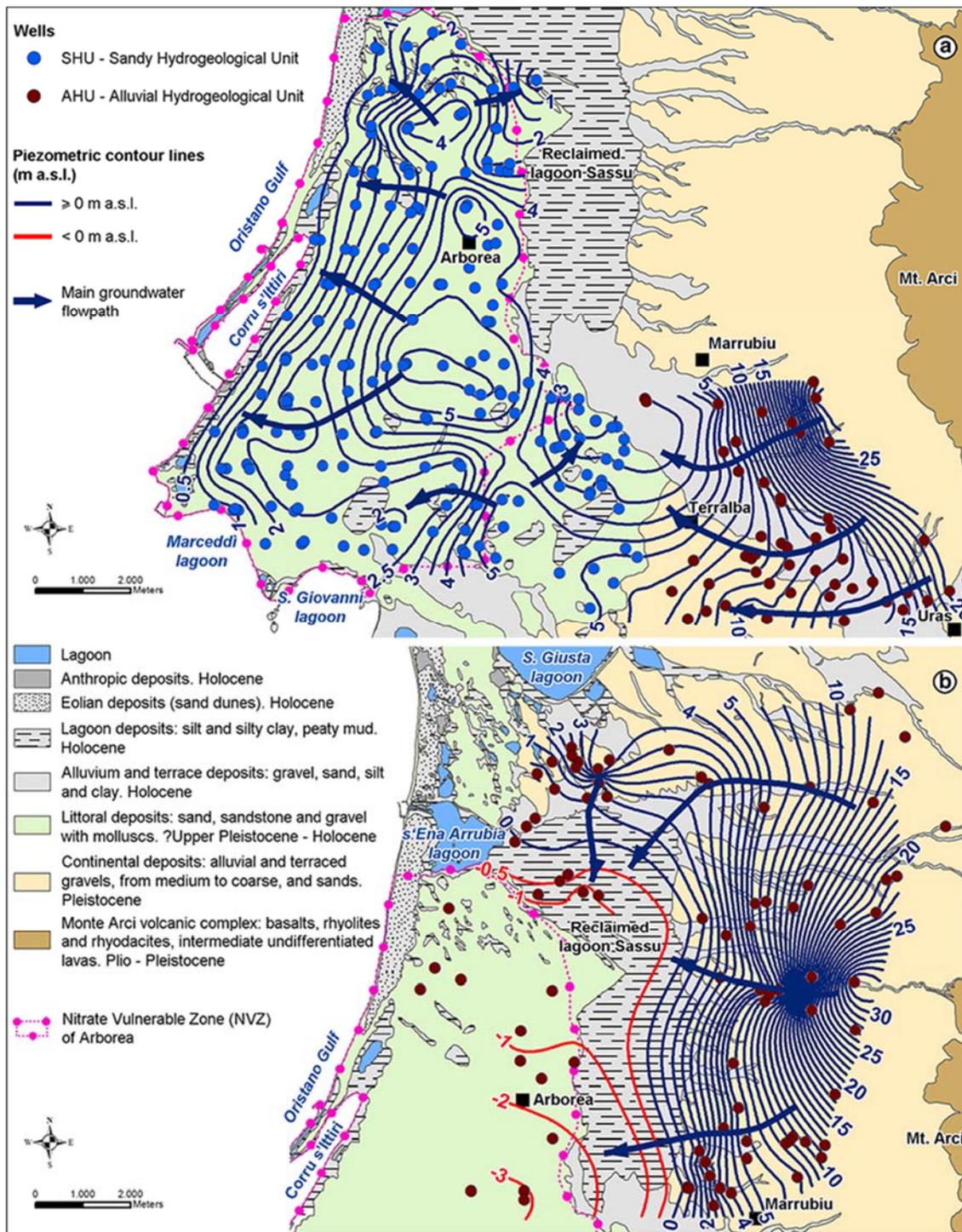


Figura 2-7 - Andamento delle piezometriche dell'area nord della piana del Campidano di Oristano.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 37 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

2.5.1 Interazione con la falda

Per quanto concerne la **Macroarea 2 – Campidano di Oristano**, sulla base delle risultanze dell'analisi idrogeologica condotta e sulla base dell'analisi della carta delle soggiacenze elaborata si possono evidenziare le seguenti aree di potenziale interferenza tra la falda superficiale e le opere in progetto:

Met. Cagliari – Palmas di Arborea DN 650

Dallo stacco per la derivazione di Sanluri il tracciato del metanodotto entra nel dominio idrogeologico del Campidano di Oristano. Nel tratto di metanodotto (Met. Cagliari-Palmas) delimitato a Sud dalla derivazione per Sanluri e a Nord da quella per Guspini, la condotta traversa un'area sub-pianeggiante localmente depressa caratterizzata da una soggiacenza media della falda superficiale compresa tra -1,0 e 2,40 m, con locali punti in cui si ha un riscontro della stessa ad una quota di -0,50-0,70 m, così come evidenziato dalle curve di soggiacenza e confermato dai rilevamenti freaticometrici condotti nei pozzi della zona.

In prossimità del confine tra il territorio di San Gavino e quello di Sanluri l'assetto idrografico cambia in modo sostanziale poiché viene a configurarsi la chiusura dello spartiacque che separa le acque drenate verso il Campidano di Cagliari da quelle che defluiscono verso il Campidano di Oristano. Anche l'assetto idrogeologico risente della modificazione dei deflussi superficiali, infatti come evidenziato dalla carta delle curve di soggiacenza e come confermato da numerosi studi idrogeologici la direzione di deflusso della falda è circa NW-SE, in direzione della piana di Oristano.

Nel contesto analizzato, in cui l'andamento della falda è circa parallelo a quello del metanodotto, risulta essere minimo il rischio di modificazione del campo di moto della falda, anche nell'ipotesi in cui la trincea rappresenti eventualmente una direzione preferenziale di deflusso, in ragione di una maggiore permeabilità della stessa.

Il tracciato prosegue verso Oristano mantenendosi per lo più lungo la fascia pedemontana orientale, delimitata dall'esteso complesso vulcanico del Monte Arci, in questo tratto la quasi totale assenza di punti d'acqua (elevato utilizzo delle reti di irrigazione consortili), non consente di fare una valutazione approfondita della falda superficiale. In riferimento ai pochi dati rilevati si può comunque ipotizzare che questa abbia una soggiacenza media di circa -10,0 m.

Met. Derivazione per Sanluri DN 150

Lungo la derivazione per Sanluri, la presenza di aziende agricole e/o zootecniche di grandi dimensioni, servite dalla rete idrica consortile, ha fortemente limitato negli anni la ricerca di acque sotterranee. Questa attitudine è stata confermata dai soli n. 5 pozzi censiti lungo tutta la diramazione.

Sulla base dei dati a disposizione una valutazione compiuta delle condizioni della falda superficiale risulta pertanto difficoltosa; ciò nonostante in riferimento alle quote di soggiacenza medie rilevate per la falda superficiale comprese tra -0,8 e -2,50 m, e in riferimento alla storia recente della zona, oggetto di importanti opere di bonifica agli inizi del novecento, si ritiene che nel settore prossimale della diramazione in località Pauleddu, la soggiacenza media della falda possa trovarsi nei periodi di massima ricarica

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 38 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

ad una quota media compresa tra -1,0 e -2,50 m.

Met. Derivazione per Guspini DN 150

Nel settore terminale della diramazione in località Terras Frissas (in prossimità dell'abitato di Guspini), l'elaborazione della carta della soggiacenza, basata su un cospicuo numero di punti di controllo distribuiti lungo il tracciato, indica la presenza di una falda superficiale con una soggiacenza media compresa tra -1,0 e -2,0 m. Mentre nel tratto mediano e iniziale della diramazione la quota media della falda è compresa tra -3,0 e -6,0 m.

La direzione principale di deflusso della falda, così come riscontrato nella diramazione per Villacidro, va dall'area pedemontana verso l'asse centrale della piana del Cixerri, assumendo un andamento circa parallelo a quello dell'asse della condotta del metanolo. Come più volte rimarcato, questa condizione limita al minimo la possibilità, il motto della falda venga modificato dalla presenza della condotta, anche nell'ipotesi in cui la trincea rappresenti eventualmente una direzione preferenziale di deflusso, in ragione di una maggiore permeabilità della stessa derivante dalla destrutturazione dei terreni utilizzati per il rinterro.

Met. Derivazione per Terralba DN 150

Il tracciato della derivazione, che costeggia il settore Sud-Ovest del comune di Uras e raggiunge quello Sud-Est del comune di Terralba, attraversa un'area sub-pianeggiante, localmente depressa, sede di un acquifero freatico superficiale, impostato sui depositi alluvionali olocenici alimentato dai deflussi del Rio Mogoro.

Infatti, come precedentemente discusso, nonostante la netta deviazione artificiale del tracciato originario del Rio Mogoro che un tempo sfociava nello stagno di S'Ena Arrubia, è ancora ben osservabile la morfologia conseguente al suo percorso naturale, ora sede di importanti attività agricole favorite anche dalla ricca falda freatica.

L'elaborazione della carta delle curve di soggiacenza, basata su un cospicuo numero di punti di controllo distribuiti lungo tutta la diramazione, indica la presenza di una falda superficiale con una soggiacenza media compresa tra -1,0 e -2,0 m.

Le aree in cui la soggiacenza della falda risulta essere prossima alla superficie sono limitate alla località di Corti Santa, dove le misure puntuali hanno rilevato una soggiacenza di circa -0,85 m. Si ricorda che trattandosi di opere di captazione che sfruttano la falda superficiale, realizzate mediante scavo meccanico, sono soggette ad una forte infiltrazione da parte delle acque superficiali, che possono in conseguenza di periodi piovosi prolungati modificare rapidamente la quota della falda nel pozzo.

L'andamento delle curve della carta della soggiacenza, così come prevedibile dal contesto morfologico dell'area, suggerisce una direzione di deflusso della falda superficiale diretta verso il settore centrale della piana del campidano, pertanto, nel caso specifico, circa normale alla direzione della condotta del metanodotto.

In tale condizione vi è un modesto rischio che la trincea possa modificare il campo di moto della falda freatica, rappresentando una via di deflusso preferenziale, o un parziale impedimento al deflusso.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 39 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

Met. Coll. Terminale di Oristano DN 650

Lungo il tracciato della condotta, la presenza di aziende agricole e/o zootecniche di grandi dimensioni, servite dalla rete idrica consortile, ha fortemente limitato negli anni la ricerca di acque sotterranee. Il numero dei pozzi inizia da essere rilevante ai fini della valutazione della falda superficiale nel settore medio-terminale della condotta, in prossimità dell'area Sud-Est della laguna di Santa Giusta.

L'analisi della carta delle curve di soggiacenza, basata su un significativo numero di punti di controllo, evidenzia la presenza di una falda superficiale con una soggiacenza media compresa tra di -1,0 – 2.0 m, con settori, influenzati dalla morfologia del terreno dove la soggiacenza media risulta compresa tra -4,0 e -6,0 m.

Sia l'andamento delle curve della carta della soggiacenza che lo schema idrogeologico della piana di Oristano proposto da Ghiglieri 2016 (Figura 2-7) evidenzia per il settore in studio una direzione di deflusso della falda con orientazione circa Est-Ovest, proveniente dalle pendici del complesso vulcanico del Monte Arci e diretto verso il settore costiero del Golfo di Oristano.

In tale contesto, in cui la direzione di deflusso della falda superficiale è circa parallela alla direzione del metanodotto, il rischio di modificazione del campo di moto della falda, risulta essere minimo, anche nell'ipotesi in cui la trincea rappresenti eventualmente una direzione preferenziale di deflusso, in ragione di una maggiore permeabilità della stessa.

Met. Derivazione per Oristano Città DN 150

Lungo il tracciato della derivazione in studio, l'elaborazione della carta delle curve di soggiacenza, basata su un sufficiente numero di punti di controllo, indica la presenza di una falda superficiale con soggiacenza media compresa tra -2,0 e -6,0 m. I settori in cui la falda si approssima maggiormente alla superficie sono limitati alla sola area golenale del Riu Merd'e Cani, dove la soggiacenza della falda si attesta alla quota di -1,0 m.

L'andamento delle curve della carta della soggiacenza, così come confermato dallo schema idrogeologico della piana di Oristano proposto da "Ghiglieri 2016" (Figura 2-7), suggerisce una direzione di deflusso della falda superficiale circa normale alla direzione della condotta del metanodotto.

In tali condizioni vi è solitamente un modesto rischio che la trincea possa modificare il campo di moto della falda freatica, rappresentando una via di deflusso preferenziale, o un parziale impedimento al deflusso. Ciò nonostante vista la quota media di soggiacenza rilevata lungo il metanodotto e le prevedibili quote di scavo per l'interro della condotta si ritiene che il rischio potenziale sia quasi del tutto assente.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 40 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

2.6 MACROAREA 3 – PIANA DEL CIXERRI

Nella Macroarea 3 – Piana del Cixerri, il Complesso Idrogeologico del Cixerri (Unità delle alluvioni plio-quadernarie del Cixerri) è rappresentato da un solo corpo idrico che prende il nome di:

- C.I. Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario del Cixerri;

I suddetto corpo idrico interferisce in maniera continua e più o meno diretta con:

- Met. Vallermosa – Sulcis DN 400

La vallata del Cixerri viene percorsa per tutta la sua interezza dal tratto del metanodotto denominato “Vallermosa – Sulcis”, a partire dal suo innesto con l’asse principale Cagliari – Palmas Arborea ubicato in prossimità del limite con il bordo occidentale della piana del Campidano sino ai rilievi collinari del suo limite più occidentale che fungono da soglia per accedere all’area sulcitana in s.s.. Il tracciato, che si mantiene sub parallelo alla fascia pedemontana settentrionale, una volta giunto in prossimità degli abitati di Domusnovas e di Musei devia verso l’asse per poi attraversare il rio Cixerri a qualche chilometro a ovest di Villamassargia per poi trasferirsi nel bordo meridionale e dirigersi verso l’area sulcitana.

La struttura dell’ampia valle è strettamente legata all’evoluzione tettono-sedimentaria del settore avvenuta nel periodo di tempo compreso tra l’Oligocene Superiore e il Pleistocene che ha prodotto due grandi depressioni strutturali aventi estensione Est-Ovest: il Bacino di Narcao e il bacino del Cixerri. La depressione del Cixerri in particolare è ad oggi interpretata come un’ampia sinclinale con asse E-W formatasi a seguito degli eventi plicativi dell’Oligocene superiore? - Aquitaniano che hanno interessato il basamento, le coperture dell’Eocene inferiore e medio e la porzione basale della Formazione del Cixerri ed è bordata dalle formazioni sedimentarie del basamento paleozoico.

Entro la vallata attraversata dal metanodotto affiorano in modo discontinuo tre unità litostratigrafiche di cui le due poste alla base appartengono all’Eocene inferiore (F.ne del “Miliolitico” Auct. e F.ne del “Lignifero” Auct.) mentre quella sommitale (“F.ne del Cixerri”) è datata Eocene superiore - Oligocene inf?. Lo spessore complessivo di queste unità tende a diminuire gradualmente, fino a scomparire, procedendo da Ovest verso Est, in prossimità della Soglia di Siliqua dove, in discordanza stratigrafica, si sovrappongono rocce andesitiche dell’Unità di Siliqua, datate Oligocene superiore.

Le medesime facies si rinvengono lungo il margine orientale del Campidano dove sono ricoperte a loro volta dalla successione vulcano-sedimentaria dell’Oligocene sup. – Miocene inferiore. La colmata definitiva della depressione strutturale è avvenuta nel corso del Quaternario con la messa in posto di depositi alluvionali terrazzati attribuiti al Pleistocene superiore e all’Olocene che, oltre a costituire un vasto sistema di conoidi rappresentano altresì l’acquifero principale, limitato a Nord, Ovest e Sud dai rilievi del basamento paleozoico scistoso-metamorfico, ad est da un limite geomorfologico, noto come “Soglia di Siliqua”, che divide la valle del Cixerri dal semigraben del Campidano

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 41 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

(Funedda et al., 2009) mentre il suo limite inferiore è costituito in prevalenza dalla Formazione del Cixerri, caratterizzata da una permeabilità variabile tra bassa a molto bassa (Cas. Mez, 1984). I depositi alluvionali terrazzati quaternari sono costituiti in prevalenza da sabbie e ghiaie, con intercalazioni plurimetrische limo-argillose e hanno uno spessore max di circa 20 metri.

La falda freatica contenuta entro i depositi alluvionali pleistocenico-olocenici è di circa 10 metri e la soggiacenza media è di -2,4 m dal piano di campagna, fattori che determinano una scarsa rilevanza di questo acquifero.

La permeabilità, fatte salve le variazioni di porosità connesse con la prevalenza o meno di granulometrie fini, intermedie e grossolane, risulta in genere maggiore nei depositi olocenici e attuali diminuendo in quelli del Pleistocene superiore in virtù dell'aumento graduale dell'addensamento e dei fenomeni diagenetici con la profondità. La direzione del flusso principale dell'acquifero è nettamente da Ovest verso Est, inoltre l'andamento delle curve piezometriche evidenzia che la falda alimenta il fiume Cixerri, il quale coincide con l'asse di drenaggio principale dell'acquifero (Fenza et al., 2016).

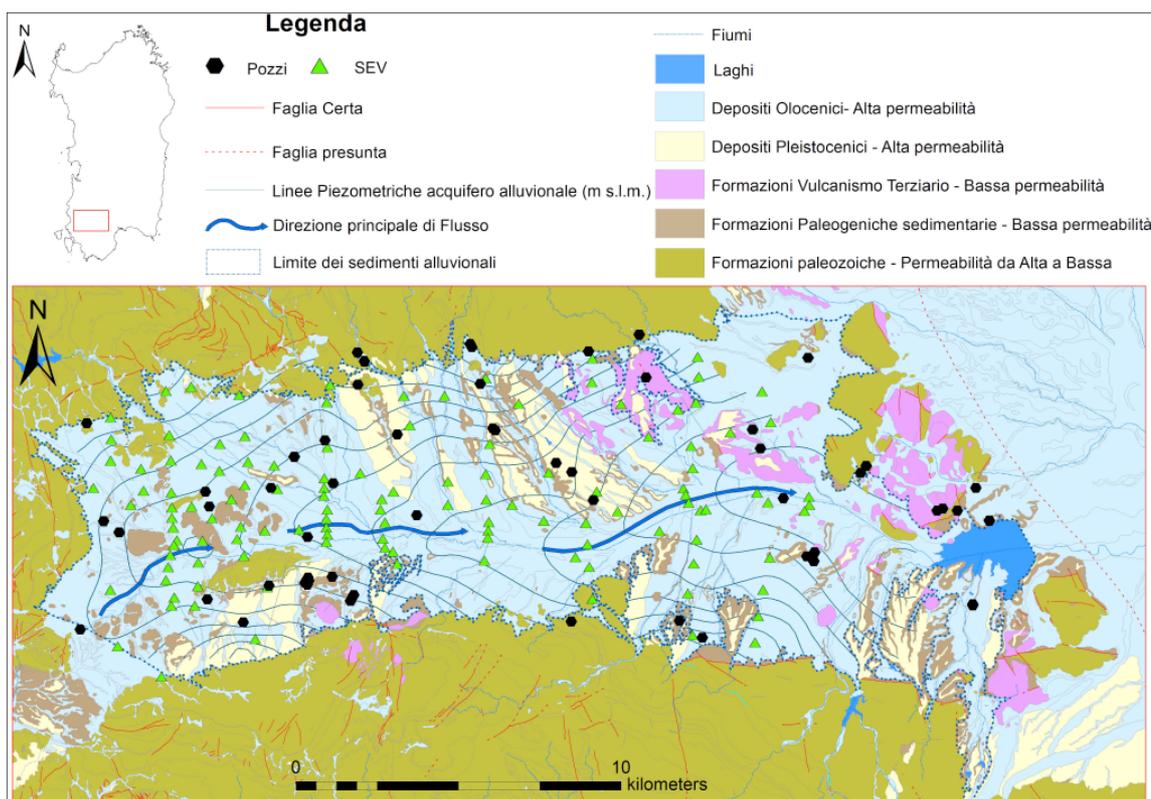


Figura 2-8 - Carta geologica semplificata della Valle del Cixerri, con ubicazione dei pozzi e dei SEV utilizzati per la ricostruzione dell'acquifero (Fenza P. et al., 2016).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 42 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

3.5.1 Interazione con la falda

Per quanto concerne la Macroarea 3 – Piana del Cixerri, sulla base delle risultanze dell'analisi idrogeologica condotta e sulla base dell'analisi della carta delle soggiacenze elaborata si possono evidenziare le seguenti aree di potenziale interferenza tra la falda superficiale e le opere in progetto:

Met. Vallermosa – Sulcis DN 400

La condotta del metanodotto Vallermosa-Sulcis, dal suo stacco dalla linea principale (Met. Cagliari-Palmas), entra nel dominio idrogeologico della valle del Cixerri.

Il numero di punti d'acqua rilevati lungo la tratta non risulta essere sufficientemente significativo per una trattazione compiuta ed esaustiva delle caratteristiche dell'acquifero superficiale, pertanto i dati rilevati verranno discussi alla luce dello studio idrogeologico condotto da Fenza (2016), che conduce una valutazione quantitativa delle risorse idriche contenute nell'acquifero quaternario.

Lo studio, basato sull'analisi dei dati rilevati nel 2015 da una serie di pozzi superficiali (profondità di 5,0-6,0 m) distribuiti in tutta la valle, individua una falda superficiale dello spessore di circa 10 m con una soggiacenza media di -2,4, con valori che variano tra un minimo di -0,4 e -8,0 m.

I dati rilevati nei punti d'acqua censiti nell'ambito di questo studio hanno evidenziato un intervallo di soggiacenza con estremi compresi tra -0,5 e 8,5 m. La buona corrispondenza con i dati rilevati da Fenza nel 2015, ci consente, allo stesso modo, di approssimare la soggiacenza della falda superficiale della valle del Cixerri alla quota media di 2,4 m.

L'andamento delle curve piezometriche ricostruite da Fenza (Figura 2-8) evidenziano una direzione di deflusso principale dell'acquifero da Ovest verso Est, inoltre l'andamento delle curve piezometriche evidenzia che la falda alimenta il fiume Cixerri, che coincide con l'asse di drenaggio principale dell'acquifero.

Allo stesso modo 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 di deflusso, in ragione di una maggiore permeabilità della stessa.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 43 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

2.7 MACROAREA 4 – BACINO DEL SULCIS

Nella Macroarea 4 – Bacino del Sulcis, il tracciato del metanodotto attraversa il Complesso Idrogeologico del Sulcis (distinto in Unità delle alluvioni plio-quadernarie e Unità delle vulcaniti oligomioceniche) il Complesso Idrogeologico di Carbonia (Unità detritico carbonatica eocenica), i cui corpi idrici da est verso ovest prendono il nome di:

- C.I. Detritico-alluvionale plio-quadernario di Carbonia - Golfo di Palmas;
- C.I. Detritico-carbonatico eocenico di Carbonia;
- C.I. Vulcaniti oligo-mioceniche del Sulcis.

I suddetti corpi idrici interferiscono in maniera continua e più o meno diretta con:

- Met. Vallermosa – Sulcis DN 400

Il tracciato del metanodotto interessa questa macroarea per circa 8 km, una volta superata la soglia impermeabile costituita dagli affioramenti del basamento metamorfico della successione silicoclastica cambro-ordoviciana autoctona che marca il passaggio tra il settore più occidentale della Piana del Cixerri e il settore strettamente sulcitano. Questa macroarea si caratterizza per la presenza di tre Complessi idrogeologici denominati: Complesso Detritico-Alluvionale plio-quadernario di Carbonia - Golfo di Palmas, Complesso Detritico-Carbonatico eocenico di Carbonia e Complesso delle Vulcaniti oligo-mioceniche del Sulcis.

Il primo, più superficiale e di limitata potenza perlomeno nel tratto intersecato dal metanodotto, è rappresentato sostanzialmente dal medesimo insieme di depositi detritici presenti nella valle del Cixerri costituito in prevalenza dalle alluvionali terrazze del Pleistocene superiore (**PVM2a**) e dell'Olocene (**bn**) in facies sia ghiaioso-ciottolosa poligenica con matrice sabbio-limo argillosa, sia sabbioso-ghiaioso limosa e limo argillosa a cui si aggiungono i depositi sabbiosi più o meno cementati del Pleistocene superiore di ambiente eolico (**PVM2b**).

I depositi alluvionali recenti ed attuali (**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 terrazzati, sia il locale basamento litificato costituito dalla successione detritico-carbonatica dell'Eocene inferiore (F.ne del Lightifero e F.ne del Miliolitico), quella dell'Eocene superiore (F.ne del Cixerri) e la 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 in prossimità dello svincolo tra la S.P. n. 2 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 sino a qualche decina di metri in direzione della costa.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 44 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

La permeabilità dell'acquifero quaternario 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 ($< 1 \text{ l/sec}$). Studi effettuati sull'acquifero alluvionale quaternario hanno accertato una permeabilità di $0.7-0.8 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ e una trasmissività di $0.6 \times 10^{-3} \text{ mq/s}$ su uno spessore del mezzo saturo di 8 m.

Dai dati provenienti da alcuni sondaggi eseguiti in prossimità dell'area di interesse dalla Carbusulcis 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.

L'Unità detritico-carbonatica eocenica del Complesso idrogeologico di Carbonia interferisce con il metanodotto in un limitato nel settore a cavallo tra la parte più orientale della Piana del Cixerri (Macroarea 3) e il Bacino del Sulcis (Macroarea 4) con maggiore frequenza soprattutto nella parte del tracciato ricadente in quest'ultimo (settore di Carbonia – fascia pedemontana). Nello specifico l'acquifero è impostato principalmente sulle unità dell'Eocene inferiore (F.ne del Lightifero e F.ne del Miliolitico anche se è possibile una circolazione idrica localmente interconnessa con le facies alluvionali grossolane della F.ne del Cixerri che, oltre alle facies decisamente impermeabili nel settore spesso si rinvencono scarsamente cementale. Per la conformazione tettonica strutturale del Sulcis, questo acquifero si immerge in direzione SW al di sotto delle vulcaniti oligo-mioceniche presentando una permeabilità complessiva media per porosità nei termini arenacei e conglomeratici, medio-alta per fessurazione e carsismo nei termini carbonatici e bassa per porosità nei termini marnosi e argillosi ricchi in lignite. Particolare rilievo assume la sequenza comprendente i calcari organogeni con interstratificazioni marnose e calcareo marnose (F.ne del Miliolitico), caratterizzato da elevata permeabilità con presenza di acquiferi confinati dai quali proveniva l'acqua di eduazione durante i lavori minerari con portate mediamente di 20/25 l/sec. Le acque mostrano talora caratteri di termalismo accentuato (42°C) ed un chimismo che le differenzia dalle falde delle vulcaniti e dei calcari cambriani.

Come per la precedente, anche l'unità delle vulcaniti oligo-mioceniche del Complesso idrogeologico del Sulcis interferisce esclusivamente con il tratto terminale del metanodotto "Vallermosa – Sulcis" per circa 3.5 km a partire dal fondovalle del rio Flumentepido sino alla sua terminazione. L'acquifero 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, ha 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 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 definito favorisce la formazione di acquiferi distinti e non intercomunicanti in quanto la fessurazione di ciascun corpo vulcanico tabulare viene assorbita in modo plastico dall'intercalazione argillosa (che diventa conseguentemente un setto

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 45 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

impermeabile), senza propagarsi in quello sottostante. Questo complesso, ben individuabile all'interno della miniera di Nuraxi Figus ha una potenzialità complessiva valutabile in 20 l/sec.

In questo complesso idrogeologico, 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 trachiandesiti per esse è stata verificata una permeabilità molto varia compresa tra da 0.16 e 0.016 per 10-4 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 $1,4 \times 10^{-3}$ 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.

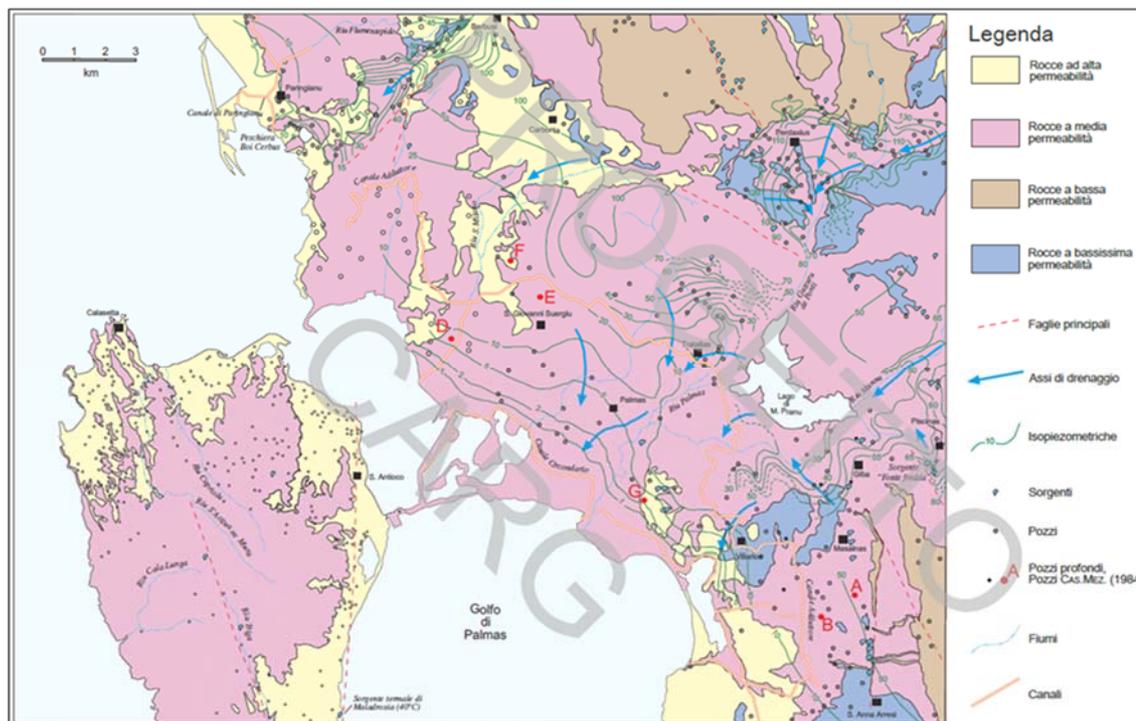


Figura 2-9 - Schema idrogeologico dell'area di Carbonia (da Foglio 564, CARG).

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 46 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

2.7.1 Interazione con la falda

Per quanto concerne la Macroarea 4 – Bacino del Sulcis, sulla base delle risultanze dell'analisi idrogeologica condotta e sulla base dell'analisi della carta delle soggiacenze elaborata si possono evidenziare le seguenti aree di potenziale interferenza tra la falda superficiale e le opere in progetto:

Met. Vallermosa – Sulcis DN 400

Così come precedentemente discusso nell'ambito della valutazione della falda superficiale della valle del Cixerri, anche nel contesto in studio l'esiguo numero dei pozzi distribuiti in maniera non uniforme lungo il tracciato del metanodotto, non risulta essere sufficientemente per una trattazione compiuta ed esaustiva delle caratteristiche dell'acquifero superficiale.

Alcuni studi condotti sull'acquifero superficiale quaternario, hanno accertato una permeabilità di $0.7-0.8 \times 10^{-4}$ m/s e una trasmissività di 0.6×10^{-3} mq/s su uno spessore del mezzo saturo di circa 8 m, caratterizzato da una produttività molto ridotta < 1 l/sec.

I punti d'acqua rilevati, in prossimità del tratto terminale del metanodotto (settore costiero di Porto Scuso), mettono in evidenza la presenza di una falda superficiale con una soggiacenza media di - 3,0 e - 4,0 m.

Lo schema idrogeologico dell'area di Carbonia (Figura 2-9) evidenzia la direzione di deflusso della falda che segue un andamento circa Est-Ovest, dall'area pedemontana di Carbonia verso la piana di Porto Scuso.

In tale contesto direzione di deflusso della falda superficiale e 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 di deflusso, in ragione di una maggiore permeabilità della stessa.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 47 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

3 PREVEDIBILI EFFETTI DELL'OPERA SULLA FALDA

3.1 Acquiferi a permeabilità primaria per porosità

Negli acquiferi con permeabilità primaria per porosità si possono verificare interferenze con la falda superficiale, tenendo conto anche dell'escursione stagionale, nelle tratte in cui la soggiacenza è bassa, con valori inferiori a 3-4 m dal p.c.

In linea di principio si possono verificare due condizioni idrogeologiche differenti, considerando l'orientazione del metanodotto rispetto alla direzione di deflusso delle acque sotterranee:

1. Direzione di deflusso della falda freatica circa parallela all'orientazione del tracciato.

In tale condizione sono minimi i rischi di modificazione del campo di moto della falda, anche nell'ipotesi in cui la trincea rappresenti eventualmente una direzione preferenziale di deflusso, in ragione di una maggiore permeabilità.

In tali tratte il rinterro con materiale granulare, generalmente derivato dal materiale scavato, è un intervento adeguato e sufficiente per preservare la continuità della falda.

2. Direzione di deflusso circa normale all'orientazione del tracciato.

In tale condizione vi è un modesto rischio che la trincea possa modificare il campo di moto della falda freatica, rappresentando una via di deflusso preferenziale, o un parziale impedimento al deflusso.

In linea di principio il rinterro dovrà essere eseguito con materiali di caratteristiche granulometriche analoghe a quelle del terreno originale, ricostruendone per quanto possibile il profilo stratigrafico originario precedente allo scavo, riducendo in tal modo al minimo le variazioni delle condizioni idrogeologiche locali.

Nei casi in cui si ritiene sussista il rischio che la trincea possa divenire una via di deflusso preferenziale, in contrasto con il campo di moto della falda, il rinterro sarà eseguito con materiale granulare ed il tratto di trincea andrà compartimentato con setti in argilla-bentonite, posizionati perpendicolarmente allo scavo ad intervalli dipendenti dalle condizioni idrogeologiche e geomorfologiche riscontrate ed all'andamento altimetrico dello scavo.

Nel caso in cui il tracciato sia trasversale alla direzione di deflusso sotterraneo, le dimensioni limitate delle tubazioni rispetto agli spessori medi dei terreni saturi, pressoché sempre di un ordine di grandezza superiori, determinano una modificazione del deflusso di modesta entità, che è generalmente riassorbita nello spazio di pochi metri.

Per quanto riguarda l'attraversamento di corsi d'acqua di portata perenne e caratterizzati da materasso alluvionale di estensione e spessore significativi, le interferenze con la falda di subalveo sono generalmente inevitabili. In fase di cantiere i possibili impatti delle operazioni di scavo possono essere così classificabili:

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 48 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

- intercettazione della falda di subalveo presente nei sedimenti alluvionali del fondo del canale di deflusso;
- eventuale intercettazione e possibile richiamo delle acque della falda di subalveo drenate dallo scavo per la posa della condotta esternamente al canale o ai canali di deflusso attivo;
- possibile intorbidamento delle acque di falda, a causa della messa in sospensione dei materiali fini limoso-argillosi presenti nei sedimenti per effetto delle operazioni di scavo;
- messa in comunicazione di eventuali falde confinate con la falda di subalveo o con le acque superficiali.

Per quanto riguarda l'intercettazione ed il drenaggio delle acque di falda, va detto che le attività di cantiere saranno realizzate per "fasi chiuse" (scavo della trincea, posa della condotta e rinterro), procedendo per tratti successivi di linea di lunghezza limitata (generalmente corrispondenti alla metà della larghezza del corso d'acqua, nel caso di attraversamenti dell'alveo, ovvero per tratti inferiori a 300 m, nel caso di percorrenze).

Il drenaggio e l'intorbidamento delle acque di falda nella trincea di scavo sono fenomeni transitori, che si esauriscono in tempi brevi una volta terminate le operazioni di posa della condotta. Ciò implica che in particolare tali fenomeni avranno carattere limitato e confinato nello spazio. Il rinterro successivo alle operazioni di scavo sarà eseguito con gli stessi materiali rimossi dalla trincea e ristabilirà l'equilibrio originario della falda di subalveo.

La messa in comunicazione di eventuali falde confinate con la falda di subalveo o con le acque superficiali durante le operazioni di scavo, è esclusa, sia per le caratteristiche dei depositi alluvionali presenti in alveo, generalmente rappresentati da sedimenti eterometrici non stratificati e senza significative intercalazioni argilloso – limose, sia per la profondità di scavo nelle alluvioni, limitata al massimo a 4 m nell'ambito fluviale.

Per quanto riguarda il possibile effetto barriera prodotto dalla condotta, poiché negli attraversamenti di corsi d'acqua, in cui vengono interessate le falde di subalveo, la condotta è posta generalmente a profondità di diversi metri dal piano campagna per un tratto sufficientemente lungo nell'intorno dell'alveo, la modificazione della superficie piezometrica e quindi del campo di moto della falda, aumentando la distanza con la condotta, si può

3.2 Acquiferi a permeabilità secondaria per fratturazione

In linea di massima, negli acquiferi fratturati la ridotta profondità di posa della condotta implica che in generale lo scavo attraversi principalmente la zona di assorbimento ed infiltrazione degli acquiferi.

L'influenza sui fenomeni di infiltrazione può essere considerata sostanzialmente poco rilevante, se si tiene conto del rapporto tra la superficie di un acquifero su cui avvengono complessivamente tali processi (di dimensioni generalmente chilometriche) e la superficie occupata da una struttura lineare di ridotte dimensioni come un metanodotto.

L'interferenza dei metanodotti con la zona satura superficiale di acquiferi fratturati, che generalmente alimenta pozzi di modesta profondità e portata, può essere ricondotta a

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 49 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

quanto detto per gli acquiferi porosi; misure di mitigazione analoghe saranno adottate in tali casi.

Il caso delle opere in sottterraneo è più complesso, sia per le maggiori dimensioni del cavo, sia perché vengono interessati dagli interventi settori più profondi dei complessi idrogeologici, in cui è possibile intercettare la porzione satura degli acquiferi ed in cui è più difficile stimare l'andamento dei deflussi sotterranei, considerati i pochi dati disponibili e le rilevanti eterogeneità che caratterizzano gli ammassi rocciosi.

Tuttavia anche nella zona satura degli acquiferi le alterazioni indotte dalle opere in sottterraneo riguardano una porzione limitata dell'estesa e fitta rete di discontinuità in cui ha luogo la circolazione idrica sotterranea e dove raramente vi sono vie di deflusso preferenziale (nelle linee di progetto è quantitativamente poco rilevante l'attraversamento di acquiferi a prevalente permeabilità per carsismo, nei quali un limitato numero di condotti e fratture possono avere portate significative).

Impatti più importanti possono verificarsi nel caso in cui il tracciato di progetto del metanodotto sia situato in prossimità di sorgenti ed emergenze idriche. Gli impatti più significativi avvengono nella fase di cantiere; tuttavia durante le operazioni di scavo è possibile intervenire con misure tecnico-operative volte alla mitigazione degli impatti, nel caso si verifichi un'intercettazione dei deflussi sotterranei.

Le misure da adottare vanno stabilite scegliendo, sulla base delle effettive condizioni idrogeologiche del sito, tra queste principali tipologie d'intervento:

- locale ottimizzazione del tracciato, in caso di prossimità all'opera di presa, allo scopo di garantire la funzionalità dell'opera e l'integrità dei manufatti esistenti;
- tempestivo confinamento delle fratture beanti e realizzazione di vincoli impermeabili per il ripristino degli esistenti limiti di permeabilità, qualora si verificino emergenze idriche localizzate in trincea;
- il recupero delle portate drenate in prossimità di punti d'acqua, previa esecuzione di locali sistemi di drenaggio e captazione (setti impermeabili di confinamento, corpi drenanti di assorbimento).

3.3 Opere in sottterraneo con tecnica trenchless

Negli acquiferi alluvionali l'impatto delle opere in sottterraneo 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.

Per quanto riguarda le opere realizzate in acquiferi fratturati, considerazioni analoghe possono essere avanzate rispetto all'effetto barriera.

Relativamente al drenaggio che l'opera in sottterraneo può produrre, si fa presente che è possibile costruire un microtunnel impermeabilizzato durante tutte le sue fasi costruttive, adottando una postazione di trivellazione a tenuta idraulica ed una fresa rotante a sezione piena ed "a bilanciamento" delle pressioni idrostatiche esterne. Con questa tecnica la stabilizzazione delle pareti del foro è assicurata dalla messa in opera

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 50 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

di giunti a tenuta idraulica tra gli elementi tubolari posati, contestualmente all'avanzamento dello scavo.

- In sintesi, le caratteristiche di applicazione della tecnologia del microtunnel 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;
- 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 NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 51 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

3.4 Pozzi ad uso potabile

In riferimento alla nota inviata dalla Direzione Generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna con prot. n. 120 del 9 Gennaio 2018, in cui la stessa segnala la problematica relativa alla salvaguardia delle acque destinate al consumo umano, di cui all'art.94 del D.Lgs. 152/2006, chiedendo, alla proponente, di fornire una valutazione dei rischi potenziali in fase di cantiere e in fase di esercizio, del metanodotto, in funzione delle distanze dai punti di captazione di acque destinate al consumo umano di cui alla Tabella 3-1.

Schema acquedotto	Codice	Denominazione	Tipo	Comune	Coord. X (Gb)	Coord. Y (Gb)
31	31/2	MASONGIU	Pozzo	Marrubiu	1472596	4406595
31	31/13	PALMAS ARBOREA	Pozzo	Palmas Arborea	1468933	4414190
31	31/14	CONSORZIO INDUSTRIALE (POZZO) -31/L	Pozzo	Palmas Arborea	1470815	4412640
31	31/4	URAS	Pozzo	Uras	1473878	4394672
37	37/2	CAMPO LINUS	Pozzo	San Gavino Monreale	1481110	4376301
40	40/12	COMUNALI (POZZO) - 40/1	Pozzo	Assemini	1499378	4349588
40	40/12	COMUNALI (POZZO) - 40/1	Pozzo	Assemini	1500167	4349555
40	40/12	COMUNALI (POZZO) - 40/1	Pozzo	Assemini	1500143	4349527
40	40/13	Pozzo Via delle Aie	Pozzo	Decimomannu	1498192	4351101
40	40/15	TANCA SA TURRI	Pozzo	Capoterra	1499798	4336620
40	40/15	TANCA SA TURRI	Pozzo	Capoterra	1499789	4336555
40	40/15	TANCA SA TURRI	Pozzo	Capoterra	1499829	4336589
40	40/15	TANCA SA TURRI	Pozzo	Capoterra	1499824	4336595
40	40/15	TANCA SA TURRI	Pozzo	Capoterra	1499804	4336643
40	40/15	TANCA SA TURRI	Pozzo	Capoterra	1499817	4336700
40	40/16	BAU MANNU	Pozzo	Capoterra	1498828	4336855
40	40/19	POGGIO DEI PINI (pozzo 1)	Pozzo	Capoterra	1498848	4332896
40	40/19	POGGIO DEI PINI (pozzo 2)	Pozzo	Capoterra	1498835	4332869
40	40/19	POGGIO DEI PINI (pozzo 3)	Pozzo	Capoterra	1496921	4332793
40	40/19	POGGIO DEI PINI (pozzo 4)	Pozzo	Capoterra	1499070	4332771
40	40/19	POGGIO DEI PINI (pozzo 5)	Pozzo	Capoterra	1498864	4332944
40	40/19	POGGIO DEI PINI (pozzo 6)	Pozzo	Capoterra	1498826	4332851
44	44/14	CORONGIU	Pozzo	Carbonia	1462037	4343339
44	44/2	CAPUT ACQUAS (POZZO) -44/A	Sorgente	Villamassargia	1466481	4347675
45	45/10	CAPUT ACQUAS BARBUSI	Sorgente	Carbonia	1456551	4340993

Tabella 3-1 – Elenco dei pozzi da cui vengono captate acque per il consumo umano.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 52 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

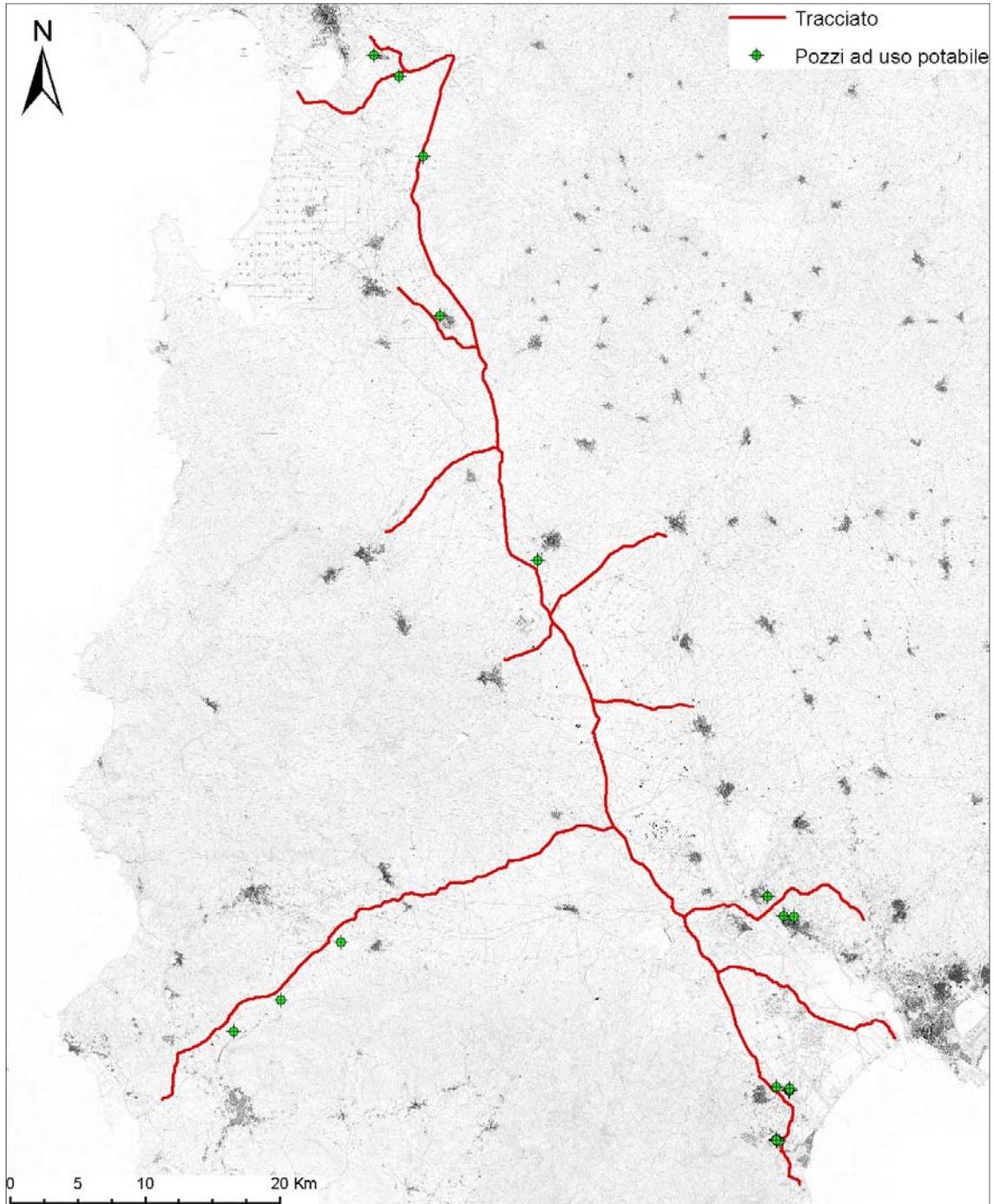


Figura 3-1 – Distribuzione lungo il tracciato del metanodotto dei pozzi segnalati ARDIS, da cui vengono captate acque per il consumo umano.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 53 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

Le opere di captazione per acque destinate al consumo umano, indicate in Tabella 3-1 dalla Direzione Generale Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, risultano essere esterne ad un'area di 200 m dall'asse della condotta, ad esclusione del Pozzo Poggio dei Pini 4 che si trova ad una distanza dall'asse della condotta di circa 191 m.

In riferimento alle osservazioni riportate dalla su citata Agenzia, si ritiene che tutte le opere di captazione, dalla stessa indicate, si trovino ad una distanza dall'opera in progetto tale da escludere qualsiasi interazione con quest'ultima. Pertanto non si rilevano rischi potenziali in fase di cantiere e in fase di esercizio, del metanodotto, in funzione delle distanze dai punti di captazione di acque destinate al consumo umano.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 54 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

4 CONCLUSIONE

Il presente elaborato, “Studio idrogeologico dell’interazione delle opere in progetto con le acque sotterranee e superficiali e censimento di pozzi e sorgenti in prossimità dei tracciati”, è stato redatto in riferimento alla richiesta di chiarimenti portata della Direzione Generale per le valutazioni e le autorizzazioni ambientali del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (rif, prot. DVA-0010093, del 02.05.2018).

In particolare al punto 3.1.2. della suddetta richiesta si rappresenta la necessità di: *“presentare uno studio in cui venga effettuata una preventiva ricostruzione dell’andamento della piezometria della falda superficiale lungo l’intero percorso, dalla piana del Campidano (lato Cagliari e lato Oristano), alla piana di Cixerri e del Sulcis, in modo da poter individuare i tratti in cui la trincea andrà ad intercettarla e prevedere in questi tratti un opportuno monitoraggio della falda prima, durante e dopo le operazioni di costruzione del metanodotto”.*

In riferimento al “Piano di Monitoraggio dei Corpi Idrici Sotterranei della Sardegna” sono state definite, in base alle particolarità geografiche, geologiche-geomorfologiche e idrogeologiche, quattro macro aree principali sede di corpi idrici sotterranei a loro volta facenti parte di specifiche Unità Idrogeologiche.

Lo studio sviluppato in riferimento alle specifiche caratteristiche dell’intervento, e al contesto territoriale interessato, ha consentito di valutare l’assetto idrogeologico in riferimento alle caratteristiche della falda superficiale analizzando in riferimento alla sua quota (soggiacenza) in corrispondenza dell’asse del tracciato dei metanodotti in progetto.

L’analisi condotta ha consentito di definire le principali peculiarità degli acquiferi con particolare riferimento alla soggiacenza della falda superficiale valutando l’interazione e i prevedibili effetti e/o criticità dell’opera in progetto sul deflusso delle acque sotterranee.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 55 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

5 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.
- Comune di Oristano, 2015, P.U.C. Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica – art. 8 c.2 delle Norme di Attuazione del PAI esteso a tutto il territorio comunale– Tavola 1R Relazione Geologica Geomorfologica.
- 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.
- Ghiglieri G., A. Carletti, S. Da Pelo, F. Cocco, A. Funedda, A. Loi, F. Manta, D. Pittalis, 2016, Three-dimensional hydrogeological reconstruction based on geological depositional model: A case study from the coastal plain of Arborea (Sardinia, Italy), Engineering Geology, 207, 103–114.
- Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 565 Capoterra.
- Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 564 Carbonia.
- Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 557 Cagliari.
- Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 556 Assemini.
- Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 547 Villacidro.
- Pala A., & Siriu 1998, Note illustrative alla Carta idrogeologica di Cagliari. Rendiconti della Facoltà Scienze Università di Cagliari, pp 68, Cagliari.
- Pala A., & Siriu 1997, Carta idrogeologica di Cagliari. Scala 1:10.000. Coedisar Cagliari.
- Pala A., Cossu M., 1994, Idrogeologia di un Settore del Campidano di Oristano. Rendiconti Seminario Facoltà Scienze Università di Cagliari, Vol. 64 Fasc. 1.
- Pala A., 1984, Studio Idrogeologico della Piana di Capoterra (Sardegna meridionale). Rend. Sed. Fac. Sc. Univ. Cagliari, 53, 171-196, Cagliari.
- Pala A., Pecorini G., Porcu A. & Serra S. 1982, Geologia e idrogeologia del Campidano. «Ricerche geotermiche in Sardegna con particolare riferimento al graben del Campidano. Relazione Finale sul tema di ricerca: "Studi geologici, idrogeologici e geofisici finalizzati alla ricerca di fluidi caldi nel sottosuolo"», CNR - Progetto Finalizzato Energetica - Sotto progetto Energia Geotermica, 87-103, Pisa.

	PROGETTISTA  TechnipFMC	COMMESSA NR/14327/R-L10	CODICE TECNICO
	LOCALITA' REGIONE SARDEGNA	RE-CI-002	
	PROGETTO / IMPIANTO METANIZZAZIONE SARDEGNA TRATTO SUD	Pag. 56 di 56	Rev. 0

Rif. TPIDL: 073670-010-RT-3220-036

- Pala A. & Vacca S., 1980, Geologia e idrogeologia di un settore del Campidano centrale. Pubbl. Ist. Geol. Paleont., 304: 3-32, Cagliari.
- Pala A., Pecorini G. & Porcu A., 1976, Struttura idrogeologica della soglia di Siliqua tra la fossa del Campidano e la fossa del Cixerri (Sardegna meridionale). Boll. Soc. Geol. It., 95: 705-724, Roma.
- 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.