



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessoradu de sos traballos pùblicos
Assessorato dei lavori pubblici



Ente acque della Sardegna

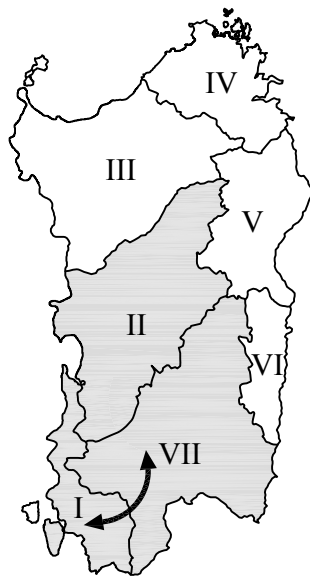
***Ulteriori interventi di efficientamento dell'interconnessione
dei sistemi idrici***

Collegamento Tirso-Flumendosa 4° lotto

Collegamento Sulcis - Iglesiente

(Delegazione Amministrativa Enas-RAS prot. n°4725 del 12.02.2019)

COLLEGAMENTO ACQUEDOTTO MULARGIA-CAGLIARI NODO CIXERRI



STUDIO DI FATTIBILITÀ TECNICA - ECONOMICA

PARTE A - GENERALE

RELAZIONE ILLUSTRATIVA GENERALE E TECNICA

Allegato:

A.1

Redatto dal Servizio Progetti e Costruzioni

Coordinatore e Responsabile dello Studio: Ing. Dina Cadoni

Gruppo di lavoro:

- **Redazione dello Studio:** Ing. Dina Cadoni, Ing. Roberto Cabras, Ing. Emanuela Sassu (Collaboratore esterno)

- **Elaborazioni grafiche:** Geom. Pierpaolo Corona

**Il Direttore del Servizio
Progetti e Costruzioni
Ing. Roberto Meloni**

**Il Direttore Generale
Ing. Maurizio Cittadini**

Maggio 2020

Sommario

1	PREMESSE, INQUADRAMENTO GENERALE E OBIETTIVI	3
2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	6
3	STATO DI FATTO - OPERE ESISTENTI E FINANZIATE.....	7
3.1	Acquedotto Mulargia - Cagliari - opere esistenti in esercizio.....	7
3.2	Tratta Cixerri - Medau Zirimilis - opere finanziate con fondi FSC 2000-2006 e FSC 2014-2020.....	11
4	LA MODELLAZIONE DEL SISTEMA TIRSO-FLUMENDOSA-CAMPIDANO-CIXERRI-SULCIS SVILUPPATA NELLO STUDIO "TIRSO-FLUMENDOSA 4° LOTTO - COLLEGAMENTO SULCIS-IGLESIENTE"	13
4.1	Caratterizzazione della risorsa idrica	13
4.2	Quadro della domanda	14
4.3	Sintesi dei risultati delle analisi di simulazione	15
4.4	Potenzialità di trasferimento dei collegamenti afferenti all'intervento "4° lotto"	16
5	OPERE PROPOSTE - COLLEGAMENTO ACQUEDOTTO MULARGIA-CAGLIARI - NODO CIXERRI.....	18
5.1	Caratteristiche progettuali di base	18
5.1.1	Definizione degli scenari di funzionamento e quantificazione dei prelievi attuali e di medio termine	18
5.1.2	Criteri e vincoli per le verifiche idrauliche	28
5.1.3	Caratteristiche dimensionali e potenzialità di trasferimento del collegamento Sa Mandara-Cixerri.....	31
5.2	La condotta di collegamento	33
5.2.1	Individuazione delle possibili alternative di tracciato e principali interferenze	33
5.2.2	Indicazioni per la scelta dei materiali	36
5.2.3	Sezione tipo di scavo e posa della condotta.....	37
5.2.4	Le opere d'arte tipo lungo linea	38
5.3	Le opere puntuali.....	39
5.3.1	Nodo idraulico Sa Mandara	39

5.3.2	Nodo idraulico del Cixerri	39
6	INQUADRAMENTO DEI TRACCIATI NELLA CARTA LITOLOGICA DELLA SARDEGNA E NEL PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI	40
7	QUADRO PRELIMINARE DEI VINCOLI TERRITORIALI, AMBIENTALI E DELLE AUTORIZZAZIONI	43
7.1	Normativa VIA nazionale e regionale.....	43
7.2	L'inserimento paesaggistico e le interferenze dell'intervento con le componenti e beni vincolati dal PPR	44
7.3	La compatibilità con gli strumenti di pianificazione urbanistica comunali	45
7.4	La compatibilità con le Norme di Attuazione del PAI e il Vincolo idrogeologico...	46
7.5	Studio preliminare per la verifica preventiva dell'interesse archeologico in sede di progettazione	47
7.6	Risoluzione delle interferenze e sintesi delle autorizzazioni	48
7.7	L'impatto sulla componente suolo e la gestione dei materiali di scavo.....	51
8	ACQUISIZIONE DELLE AREE	54
9	STIMA DEI COSTI DI INVESTIMENTO E QUADRO ECONOMICO	56
9.1	Criteri generali per la determinazione dei prezzi parametrici	56
9.2	Stima dei costi e quadro economico.....	57
9.2.1	La stima dei lavori a base d'asta	58
9.2.2	Le somme a disposizione dell'amministrazione	59
10	TEMPI PREVISTI PER LA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DEI LAVORI...	62

1 PREMESSE, INQUADRAMENTO GENERALE E OBIETTIVI

Con Delegazione Amministrativa ENAS/RAS del 12.02.2019 (prot. n. 4725, rep. n. 1), approvata con Determinazione del Direttore del Servizio Opere Idriche e Idrogeologiche dell'Assessorato dei Lavori Pubblici (LL.PP.) del 07.03.2019 (prot. n. 7729), l'Ente Acque della Sardegna (ENAS) è stato individuato quale soggetto attuatore dell'intervento denominato *"Studio di fattibilità e progettazione delle interconnessioni tra sistemi idrici: Ulteriori interventi di efficientamento dell'interconnessione dei Sistemi idrici - Collegamento Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente"*, per un importo di finanziamento pari a Euro 500.000,00 a valere sui fondi della L.R. 48/2018, con il quale sono stati finanziati due sub interventi: Sub-intervento 1 *"Collegamento acquedotto Mulargia-Cagliari - nodo Cixerri"* e Sub-intervento 2 *"Eliminazione o recupero perdite invaso Monte Pranu"*. In particolare, il Sub intervento 1 riguarda la redazione del presente Studio di Fattibilità, a cura del Servizio Progetti e Costruzioni dell'Enas – Settore Studi, e del Progetto di Fattibilità tecnico-economica per la realizzazione di una nuova condotta di collegamento tra l'acquedotto Mulargia-Cagliari e il nodo Cixerri dell'interconnessione Tirso-Flumendosa-Campidano-Sulcis-Iglesiente.

Detto collegamento era stato individuato come possibile ulteriore intervento finalizzato ad incrementare l'efficienza energetica, nonché l'affidabilità gestionale dal punto di vista della qualità della risorsa da trasferire, nello Studio di Fattibilità tecnico-economica (Febbraio 2016) dell'intervento denominato *"Interconnessione sistemi idrici: Collegamento Tirso-Flumendosa 4° lotto. Collegamento Sulcis-Iglesiente"* (di seguito *"Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente"*), redatto dal Servizio Progetti e Costruzioni dell'Enas e approvato con Determinazione del Direttore del Servizio Opere Idriche e Idrogeologiche LL.PP. RAS prot. n° 29553 rep. n° 919 del 1 Agosto 2016.

Nell'ambito del predetto intervento *"Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente"* (Convenzione Ass. LL.PP. RAS/ENAS in data 22 dicembre 2014 - € 1.000.000,00 e Convenzione LL.PP. RAS - ENAS in data 27 luglio 2017 - € 59.000.000,00 a valere sui fondi FSC 2000-2006 e FSC 2014/2020) è stato finanziato il citato Studio di Fattibilità, il Progetto di Fattibilità tecnico-economica e Definitivo dell'intervento complessivo (Linea di intervento *"A - Collegamenti infrastrutturali"*, Linea di intervento *"B - Perdite dall'Invaso di Monte Pranu"* e Linea di intervento *"C - Valorizzazione idroelettrica dello schema di collegamento Tirso-Flumendosa Campidano-Sulcis"*), nonché la progettazione esecutiva e la

realizzazione di un primo lotto funzionale della Linea di Intervento "A - *Collegamenti infrastrutturali*".

Nel succitato Studio di Fattibilità tecnico-economica (Febbraio 2016) sono state individuate le opere necessarie per trasferire dal sistema Tirso-Flumendosa-Campidano ai bacini del Sulcis e dell'Iglesiente le risorse idriche che consentiranno di equilibrare il bilancio risorse-fabbisogni nell'orizzonte temporale di medio termine. L'interconnessione tra i bacini idrografici costituisce infatti il provvedimento più efficace per aumentare la flessibilità gestionale e la resilienza complessiva del sistema idrico multisettoriale regionale nel fronteggiare in primis le situazioni di crisi idrica determinate da prolungati periodi siccitosi, nonché eventuali disservizi per guasti e/o manutenzioni straordinarie delle infrastrutture idrauliche o per problemi legati alle caratteristiche qualitative della risorsa idrica da trasferire. L'obiettivo generale della condotta di collegamento proposta nel presente Studio di Fattibilità è quello di incrementare l'efficienza energetica e la flessibilità gestionale del sistema idrico complessivo dell'area Meridionale della Sardegna e, nel contempo, rendere disponibile una risorsa idrica aggiuntiva e/o alternativa di qualità superiore rispetto a quella individuata nel richiamato Studio di Fattibilità del 2016. Nello specifico, qualora le caratteristiche qualitative delle risorse derivabili dal nodo Cixerri (invaso Cixerri, collegamento Sa Forada-Flumendosa-Tirso o canale Sud-Ovest) non fossero compatibili con le caratteristiche chimico-biologiche degli invasi di Medau Zirimilis e Bau Pressiu, l'intervento consentirebbe di trasferire a detti invasi, e quindi al Sulcis-Iglesiente, la risorsa derivata dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari.

Per una migliore comprensione si rimanda all'Allegato A.2 "*Schema idraulico generale sistema Tirso-Flumendosa-Campidano-Cixerri-Sulcis*" che contiene una descrizione schematica dell'interconnesso sistema idraulico Tirso-Flumendosa-Campidano-Cixerri-Sulcis-Iglesiente.

Il presente Studio di Fattibilità fornisce un quadro conoscitivo delle caratteristiche dimensionali e funzionali dell'acquedotto Mulargia-Cagliari e delle opere di interconnessione tra il sistema Tirso-Flumendosa e il Sulcis-Iglesiente oggetto dello Studio di Fattibilità del 2016, effettua il pre-dimensionamento della condotta di collegamento tra l'acquedotto Mulargia-Cagliari e il nodo Cixerri sulla base delle risultanze dei calcoli idraulici preliminari e fornisce una preliminare valutazione economica dell'intervento.

Il presente Studio di Fattibilità costituirà il documento da porre a base di gara per l'affidamento del servizio di redazione del Progetto di Fattibilità tecnico-economica

comprensivo delle parti del Progetto Definitivo necessarie per l'ottenimento dei pareri e delle autorizzazioni in materia ambientale.

In relazione agli obiettivi di ottimizzare il trasferimento della risorsa idrica verso il Sulcis, sono state esaminate diverse alternative di tracciato e di diametro (DN 1000, 1200, 1400) della condotta proposta. Le valutazioni preliminari riportate nel presente Studio orientano la scelta verso la realizzazione di una condotta DN 1200 che consentirebbe di trasferire verso il Sulcis una portata massima di circa $1 \text{ m}^3/\text{s}$, per un importo dei lavori a base d'asta pari a Euro 23.800.000,00 e un importo finanziario pari a Euro 35.000.000,00.

Dai risultati dei calcoli idraulici preliminari si evince che l'alternativa DN 1400 determina un incremento di portate trasferibili mediamente pari al 13% rispetto all'ipotesi di realizzare una condotta DN 1200 che, a fronte di un incremento di costo stimato pari a circa il 44%, non giustifica la posa di una tubazione di diametro maggiore. Inoltre, l'alternativa DN 1000 a cui corrisponde un importo dei lavori inferiore di circa il 21% rispetto all'importo stimato per la condotta DN 1200, garantirebbe al massimo una potenzialità di trasferimento di soli 740 l/s.

Le ipotesi qui effettuate non sono da ritenersi né definitive né vincolanti, in quanto in fase di progettazione saranno verificate e sviluppate fino ad un adeguato livello di dettaglio, e saranno presi in considerazione tutti gli elementi e gli aspetti locali necessari per l'individuazione definitiva del tracciato e delle caratteristiche dimensionali della condotta.

2 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Le opere previste nel presente Studio di Fattibilità Tecnico-Economica, riguardano:

- Il partitore per la derivazione dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari in corrispondenza del partitore di Sa Mandara (in agro del comune di Settimo San Pietro);
- La realizzazione della condotta di collegamento (di sviluppo pari a circa 24 km) tra l'Acquedotto Mulargia-Cagliari in località Sa Mandara e il nodo Cixerri in prossimità dell'invaso omonimo (comune di Uta), comprese le relative opere lungo linea;
- Il collegamento della condotta in progetto Sa Mandara-Cixerri alla condotta premente in acciaio (L=7.71 km e DN 1000 mm) Cixerri-Medau Zirimilis da realizzarsi con l'intervento già finanziato *"Interconnessione dei sistemi idrici. Collegamento Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente"*.

In sintesi, l'intervento consentirà il trasferimento a gravità della risorsa idrica derivata dal sistema Flumendosa-Mulargia sino al nodo di Medau Zirimilis, con una portata massima pari a circa 950 l/s. I volumi idrici veicolati dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari saranno trasferiti dal partitore Sa Mandara al nodo Cixerri con la condotta esaminata nel presente Studio e, dal Cixerri sino all'invaso di Medau Zirimilis con la condotta Cixerri-Medau Zirimilis bypassando la centrale di sollevamento, con un notevole risparmio energetico e una migliore efficienza gestionale del trasferimento di risorsa verso il Sulcis-Iglesiente.

I comuni interessati dalla realizzazione delle opere sopra elencate sono Settimo San Pietro, Sestu, Assemini, Decimomannu, Villaspeciosa e Uta (Città Metropolitana di Cagliari).

La corografia generale dell'intervento è consegnata nell'Allegato A.3 del presente Studio di Fattibilità Tecnico-Economica.

3 STATO DI FATTO - OPERE ESISTENTI E FINANZIATE

Prima di entrare nel dettaglio dell'analisi sistematica dell'intervento, si è ritenuto opportuno descrivere le caratteristiche dimensionali e di funzionamento e le conseguenti criticità degli schemi idraulici "Acquedotto Mulargia-Cagliari" e "Collegamento Sulcis-Iglesiente" che saranno interconnessi dalla condotta oggetto del presente Studio di Fattibilità .

Le opere esistenti di seguito esaminate sono inserite nel Sistema Idrico Multisetoriale Regionale (SIMR) del Sud Sardegna e sono codificate all'interno del Sistema 7 Flumendosa-Campidano-Cixerri.

3.1 Acquedotto Mulargia - Cagliari - opere esistenti in esercizio

Nel periodo compreso tra gli anni 1999 e 2001 è stato realizzato l'acquedotto denominato *“Collegamento del serbatoio del Mulargia agli impianti di potabilizzazione dell'area urbana di Cagliari e comuni limitrofi”*, che tramite un sistema di condotte e gallerie costituisce il sistema di approvvigionamento idrico dell'intera area meridionale della Sardegna, alternativo al trasporto attraverso i canali a pelo libero realizzati negli anni '50.

La risorsa idrica trasferita dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari (schema idraulico 7A - Medio e Basso Flumendosa; v. Figura 1) è accumulata negli invasi del Flumendosa a Nuraghe Arrubiu (codice SIMR 7A.S2) e del Mulargia a Monte Su Rei (7A.S3), tra loro interconnessi tramite galleria. Dalla diga del Mulargia, le portate sono veicolate in direzione Sud-Ovest, attraverso la galleria Uvini-Sarais (lunga circa 10 km) sino all'opera di presa (7A.V4) ubicata in località Sarais, nel comune di Senorbi.

Dal nodo idraulico Sarais ha origine l'adduttrice principale, denominata *“Acquedotto Mulargia-Cagliari”*, che termina nel ripartitore Sa Mandara (in territorio del comune di Settimo San Pietro - Codice SIMR 7A.V5), con sviluppo complessivo pari a circa 27 km.

In particolare, l'opera di presa Sarais (quota 200,8 m s.l.m.) è costituita da un canale di derivazione in c.a. con un sistema di filtrazione a tamburo e due paratoie piane che collegano due condotte in acciaio DN 1400 della lunghezza di 214 m.

Successivamente l'adduttrice (potenzialità massima pari a circa 6 m³/s) prosegue con due tratti di condotta in CAP (DN 2140+2240) di sviluppo complessivo pari a circa 10,7 km fino all'imbocco della galleria di Donori. Lungo tale tratta (denominata parte settentrionale) sono ubicate le prese per l'approvvigionamento dei comizi irrigui.

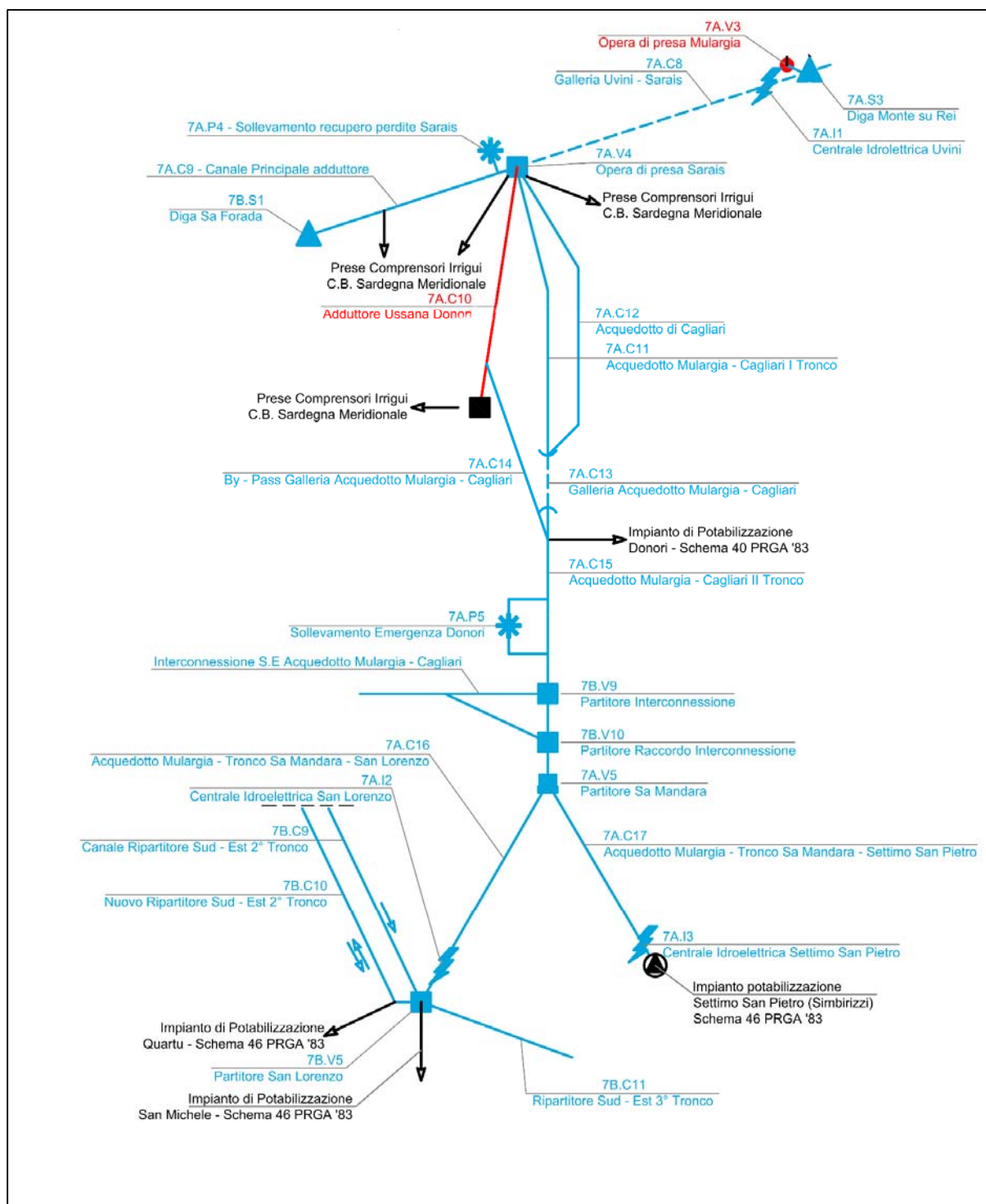


Figura 1 - Stralcio Schema funzionale 7A - Medio e Basso Flumendosa

Il controllo del carico piezometrico sulla galleria di Donori è regolato a monte da due torrini connessi attraverso due paratoie piane e a valle dal torrino di disconnessione realizzato allo sbocco della galleria.

In corrispondenza dei torrini posti all'imbocco della galleria (quota massima 193,50 m s.l.m.), sono ubicate due valvole a galleggiante tarate per mantenere costante (al valore di 5 metri) il carico sulla linea d'imposta della volta della galleria. Nello specifico, le due valvole chiudono l'afflusso all'aumentare del livello oltre la quota stabilita e impongono, mediante l'abbattimento del carico piezometrico in eccesso, che la quota piezometrica relativa alla portata in ingresso nella galleria non superi il valore di 191,13 m s.l.m.

Il torrino posizionato allo sbocco assicura il contenimento delle sovrappressioni che si possono generare in galleria conseguentemente al moto vario connesso all'esecuzione di manovre brusche a valle. La quota di sfioro di tale torrino è fissata in 192,60 m s.l.m.

Dal torrino di sbocco della galleria, l'Acquedotto Mulargia-Cagliari prosegue fino al partitore Sa Mandara per una lunghezza totale di circa 15.400 m (parte centrale).

Lungo tale linea è opportuno distinguere diverse tratte che si caratterizzano per differenti materiali e diametri, nonché per l'esistenza di diversi nodi di prelievo da parte di varie utenze:

- A valle della galleria di Donori, l'adduttrice è realizzata con una condotta DN 2200 in acciaio per una lunghezza di 38,21 m;
- Al termine della condotta in acciaio si innesta una condotta in C.A.P. DN 2240 per una lunghezza di 679,36 m fino alla diramazione di Donori, ove insistono due prelievi: la presa per l'impianto di potabilizzazione di Donori (portata massima pari a 650 l/s) e la presa per il sistema irriguo di Ussana (portata massima di circa 300 l/s);
- Dal nodo di Donori l'acquedotto prosegue fino al partitore Sa Mandara con una condotta in ghisa sferoidale DN 1600 della lunghezza complessiva di 14,66 km. Lungo tale tratta sono ubicati ulteriori punti di prelievo relativi alle derivazioni per l'interconnessione tra i sistemi del Tirso e del Flumendosa (condotte di Riassetto del Ripartitore Sud Est individuate negli schemi idraulici con la dicitura 7B.C18 e 7B.C19). Tale sistema di condotte può essere utilizzato in modo bi-direzionale: principalmente per incrementare, con le portate veicolate dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari, le risorse trasferibili dal sistema Tirso verso il Campidano di Cagliari o, in situazioni di soccorso e/o emergenza, per alimentare i potabilizzatori di Donori (mediante il sollevamento "Emergenza Donori") e dell'area metropolitana di Cagliari con la risorsa proveniente dal sistema Tirso.

Lungo il collegamento Sud-Est sono anche posizionate le prese per i comizi irrigui. A valle del raccordo d'interconnessione Sud-Est, è ubicato un ulteriore punto di prelievo per l'approvvigionamento del distretto irriguo di Serdiana-Dolianova.

In corrispondenza del partitore Sa Mandara, l'Acquedotto Mulargia-Cagliari si dirama in due tronchi: il primo ramo prosegue in direzione Sud-Est verso l'impianto idroelettrico di Simbirizzi (quota 106 m. s.l.m.) e alimenta il potabilizzatore di Settimo San Pietro con una portata media di 1.300 l/s; il secondo ramo con portata media di 900 l/s raggiunge la centrale idroelettrica di San Lorenzo (quota 50 m. s.l.m.) e prosegue verso il nodo San Lorenzo, da cui si dipartono le condotte che alimentano gli impianti di potabilizzazione di S. Michele e Sestu e le utenze del Consorzio Industriale Provinciale di Cagliari.

La condotta in ghisa sferoidale DN 1200 diretta verso il ramo San Lorenzo ha una lunghezza totale di circa 6,6 km; al termine della tratta in località San Lorenzo (comune di Sestu) è ubicata la centrale idroelettrica di San Lorenzo (codice SIMR 7A.I2), all'interno della quale è installato un gruppo turbina-alternatore costituito da una turbina Francis accoppiata a un generatore sincrono trifase con potenza di 1600 kVA. La turbina ha portata nominale Q_T 1.100 l/s per un carico nominale H_T di 117,0 m ed è stata dimensionata per funzionare entro un intervallo di portate compreso tra 800 l/s e 1.100 l/s. Ciò implica, allorquando le portate richieste in direzione del nodo di San Lorenzo eccedano o siano inferiori a tale intervallo, la disattivazione immediata della turbina. Nell'area di pertinenza della centrale è inoltre presente una vasca di restituzione della risorsa il cui intervallo di regolazione è compreso tra 63,67 m s.l.m. e 63,25 m s.l.m.. Tale vasca assolve una duplice funzione: riceve la portata rilasciata dalla turbina e disconnette la piezometrica della portata in arrivo, nel caso in cui la centrale sia bypassata.

Dalla vasca di dissipazione la risorsa idrica prosegue con una condotta in ghisa sferoidale del DN 1200 verso il nodo San Lorenzo (900 metri più a valle) dal quale si dipartono i seguenti prelievi:

- Prelievo per il potabilizzatore di San Michele (Cagliari) con portate medie di 400 l/s e potenzialità massima di 600 l/s;
- Prelievo per il potabilizzatore di Sestu (50 l/s);
- Prelievo per l'utenza industriale CASIC, portata variabile stagionalmente tra 200 e 500 l/s;

La seconda condotta che si dirama dal partitore di Sa Mandara verso l'impianto di potabilizzazione di Simbirizzi (agro di Settimo San Pietro) è in ghisa sferoidale, DN 1600, e presenta uno sviluppo complessivo di 9,2 km. Visto il carico residuo elevato della risorsa veicolata, nel 2005, è stata realizzata la centrale idroelettrica di Simbirizzi (Codice SIMR

7A.I3) destinata al recupero dell'energia potenziale. Il gruppo di produzione di Simbirizzi è dotato di una turbina Francis, accoppiata ad un generatore sincrono trifase 6kV da 1700 kVA con portata nominale Q_r 1.800 l/s per un carico nominale H_r di 74,90 m. Il gruppo è stato dimensionato per funzionare entro un intervallo di portate compreso tra 750 l/s e 2.000 l/s. La vasca di dissipazione, dotata di scarico di troppo pieno con sfioro a quota 108,40 e massimo livello a quota 109,70, è collegata all'impianto di potabilizzazione di Settimo San Pietro tramite una condotta in ghisa sferoidale DN 1600. Le portate attualmente richieste dal potabilizzatore si attestano mediamente in 1,30 m³/s.

3.2 Tratta Cixerri - Medau Zirimilis - opere finanziate con fondi FSC 2000-2006 e FSC 2014-2020

Come già detto in premessa, la condotta in progetto collegherà l'Acquedotto Mulargia-Cagliari al nodo idraulico del Cixerri, e da qui la risorsa potrà essere trasferita direttamente al alle aree del Sulcis - Iglesiente con le opere afferenti all'intervento "*Interconnessione dei sistemi idrici. Collegamento Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente*" (con finanziamento pari a 60 Milioni di Euro è prevista la progettazione e la realizzazione del primo lotto funzionale).

Pertanto, nel presente paragrafo, si è ritenuto necessario descrivere le caratteristiche dimensionali delle opere individuate nelle fasi di redazione dello Studio di Fattibilità e del Progetto di Fattibilità Tecnica-Economica (attualmente in fase di procedura di VIA nazionale) dell'intervento succitato. Tali caratteristiche sono state poste alla base dei calcoli idraulici qui eseguiti al fine di verificare il funzionamento dello schema idrico interconnesso.

In sintesi, il Progetto "*Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente*" (Linea di intervento A - "*Collegamenti infrastrutturali*") prevede la realizzazione di un sollevamento "Cixerri-Medau Zirimilis", presso la diga del Cixerri a Genna Is Abis (codice SIMR 7E.S1), che trasferisca la risorsa dal sistema Tirso-Flumendosa-Campidano al nodo di Medau Zirimilis, da qui potrà essere accumulata all'invaso di Medau Zirimilis (7D.S3) o trasferita al sollevamento Murtas (7D.P3), collegato all'invaso di Punta Gennarta (7D.S1) che serve l'area dell'iglesiente, o ulteriormente sollevata verso l'invaso di Bau Pressiu per l'approvvigionamento delle utenze del Sulcis.

Presso il nodo idraulico del Cixerri le risorse idriche sono disponibili a una quota compresa tra 27,5 m s.l.m. (quota di minima regolazione dell'invaso di Genna Is Abis) e 39 m s.l.m. (quota di massima regolazione). La diga del Cixerri dispone di un volume utile di regolazione pari a 24 Mm³.

La nuova centrale di sollevamento del Cixerri (prevalenza di 139÷151 metri e potenza di circa 1,9 MW) è stata prevista in adiacenza alle due centrali di sollevamento esistenti (1A.P1 e 7E.P1), per garantire una migliore efficienza delle attività di gestione.

La condotta premente in arrivo dal Sollevamento Cixerri giunge in un partitore, denominato “Partitore Medau Zirimilis”, da questo dipartono un tratto di condotta premente sino alla vasca di carico di Medau Zirimilis, e una seconda condotta premente per il rilascio all’invaso di Medau Zirimilis.

La vasca di carico di Medau Zirimilis (quota del pelo libero a 165÷162 m s.l.m.) è ubicata nella sommità di una collina a circa 800 metri a Nord-Ovest dallo sbarramento principale di Medau Zirimilis. Detta quota permette il trasferimento a gravità di una portata massima pari a 600 l/s al Sollevamento di Ponte Murtas.

La condotta premente Cixerri-Medau Zirimilis è stata prevista in acciaio DN 1000 mm per uno sviluppo di 7,71 km. Il tratto di condotta che collega il partitore suddetto all’invaso di Medau Zirimilis avrà uno sviluppo di circa 1,44 km dello stesso diametro.

La diga di Medau Zirimilis ha una capacità utile di regolazione di 16,7 Mm³, con quote di massima e minima regolazione pari rispettivamente a 145,00 e 117,00 m s.l.m. La capacità di invaso è attualmente ridotta a 6,1 Mm³ (quota di massima regolazione attuale pari a 135,00 m s.l.m.) a causa di problemi di tenuta del manto di impermeabilizzazione dello sbarramento principale. Per la risoluzione del suddetto problema è già disponibile un finanziamento di € 7.382.281,51 (assegnato all’ENAS con D.G.R. n. 52/8 del 27.11.2009).

L’ipotesi di collegamento in questione avrebbe quindi il vantaggio di consentire l’utilizzo della capacità di regolazione del serbatoio di Medau Zirimilis e quindi di incrementare l’erogabilità dell’invaso e più in generale dell’intero sistema idrico multisettoriale, trasferendovi e stoccandovi risorse idriche provenienti da altri bacini.

Per una maggiore comprensione di quanto descritto, si rimanda alla planimetria delle opere di collegamento relative alla tratta Cixerri-Medau Zirimilis elaborata in fase di progettazione dell’intervento “*Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente*” e consegnata nel presente Studio di Fattibilità.

4 LA MODELLAZIONE DEL SISTEMA TIRSO-FLUMENDOSA-CAMPIDANO-CIXERRI-SULCIS SVILUPPATA NELLO STUDIO "TIRSO-FLUMENDOSA 4° LOTTO - COLLEGAMENTO SULCIS-IGLESIENTE"

In fase di redazione del citato Studio di Fattibilità Tecnico-Economica dell'intervento "*Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente*", sono state sviluppate dal CINSIA (Centro Interdipartimentale di Ingegneria e Scienze Ambientali dell'Università degli Studi di Cagliari), su incarico dell'ENAS, una serie di simulazioni del sistema idrico Tirso-Flumendosa-Campidano, comprensivo dei bacini dell'Iglesiente e del Sulcis. L'obiettivo dello Studio ENAS-CINSIA è stato quello di fornire una previsione del volume medio trasferibile verso il Basso Sulcis e l'Iglesiente, in relazione ai possibili dimensionamenti delle opere e ai benefici conseguibili in termini di riduzione dei deficit idrici.

La fattibilità e la sostenibilità economica degli interventi già finanziati e dell'opera di completamento qui proposta sono, infatti, strettamente correlate alla funzione svolta dalle infrastrutture di interconnessione fra i sistemi idrici del Flumendosa e del Sulcis-Iglesiente che rispondono primariamente all'esigenza di garantire l'approvvigionamento idrico del territorio del Sulcis-Iglesiente, soprattutto in situazioni di criticità.

Le analisi di simulazione effettuate dal CINSIA sono state realizzate tramite il software WARGI-SIM (*Sechi and Sulis 2009; Sechi and Zuddas 2000*) e si basano su una rappresentazione modellistica del sistema idrico, definita semplificando il sistema entro limiti accettabili di approssimazione, in forma di grafo orientato costituito da oltre 150 nodi e circa il doppio come numero di archi di interconnessione. Ogni nodo rappresenta i vari elementi del sistema quali dighe, traverse, impianti di sollevamento, centri di domanda, confluenze; gli archi invece definiscono i collegamenti naturali (corsi d'acqua) e artificiali (condotte, gallerie, canali) tra gli elementi individuati dai nodi.

4.1 Caratterizzazione della risorsa idrica

Gli input idrologici utilizzati nella modellazione del sistema idrico sono stati estratti dal documento regionale di Piano Stralcio per l'Utilizzo delle Risorse Idriche (PSURI-RAS 2006). Come è ben noto, nel PSURI sono state definite le serie sintetiche di riferimento dei deflussi da associare alle principali sezioni di interesse dei corsi d'acqua della Sardegna.

Sulla base della riduzione dei deflussi osservati nel 15-ennio idrologico critico 1987-2003, le serie PSURI ricalibrano le serie storiche ricostruite nel SISS per il periodo 1922-1975

considerando una modifica dei parametri statistici utilizzati nella generazione delle serie idrologiche annuali (riduzione al 55% della media e del 20% della varianza).

Le serie PSURI si riferiscono a un orizzonte temporale pari a 53 anni e sono associate alle sezioni di interesse dei corsi d'acqua dell'intera regione. In accordo con l'estensione delle serie idrologiche, il periodo di simulazione è stato assunto (in sede di fattibilità dell'intervento "4° lotto") pari a 53 anni con passo mensile per un totale di 636 mesi analizzati.

4.2 Quadro della domanda

Il sistema di approvvigionamento idrico Tirso-Flumendosa-Campidano-Cixerri-Sulcis alimenta utenze civili, irrigue e industriali che interessano una vasta area nella zona centro-meridionale della Sardegna. L'importanza dello schema idrico è sintetizzata dal fatto che la richiesta totale rappresenta circa i due terzi di quella complessiva dell'isola. In particolare sono approvvigionati:

- Distretti idropotabili Abbanoa numero 1, 2, 3, 5, e parte dei distretti 4 e 8;
- Consorzi di Bonifica della Sardegna Meridionale, dell'Oristanese, del Basso Sulcis, del Cixerri, dell'Ogliastra e parte dei distretti irrigui del Consorzio di Bonifica della Sardegna Centrale;
- Distretti irrigui di Isili, Sarcidano, Marmilla e ONC di competenza Enas;
- Consorzi Industriali Provinciali (CIP) numero 1, 5, 6, 7, 8.

Come descritto nello Studio di Fattibilità del 2016, per la definizione dei fabbisogni attuali e di medio/lungo termine nel modulo di simulazione WARGI-SIM sono stati stabiliti i valori di richiesta idrica annua di ciascun centro di domanda, nonché le relative ripartizioni mensili, sulla base dei dati di erogazione forniti dal competente Servizio Programmazione e Telecontrollo (SPT) dell'ENAS per il periodo storico 2010-2014. Inoltre, sono state assunte alcune ipotesi di incremento delle richieste nel medio e lungo termine con riferimento ai valori stabiliti dalla documentazione regionale di settore (NPRGA e PSURI) per tener conto delle esigenze future di integrazione dei fabbisogni.

È utile sottolineare che le erogazioni attuali sono state incrementate di un +2% per tenere conto delle perdite medie di trasporto in condotta e di un +5-10% per tenere conto delle perdite medie di trasporto lungo canali a cielo aperto.

E' stato ipotizzato anche un rilascio a valle di ogni invaso per soddisfare il Deflusso Minimo Vitale (DMV), fissato pari al 5% del deflusso medio annuo alla sezione interessata (secondo quanto prescritto dal Piano Tutela delle Acque della RAS¹).

Le analisi di simulazione (ENAS-CINSA 2016), elaborate nell'ambito dello Studio di Fattibilità dell'intervento *“Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente”*, hanno considerato differenti scenari riferiti allo stato attuale del sistema idrico e alle possibili configurazioni di funzionamento future. Occorre precisare che i risultati qui riportati sono riferiti esclusivamente allo scenario che ha determinato la migliore configurazione infrastrutturale, sia in termini di riduzione dei deficit, sia in relazione alla fattibilità tecnico-economica degli interventi.

Il quadro riepilogativo dei fabbisogni assunti nello scenario di medio termine corrispondente alla soluzione di progetto avanzata nello Studio succitato è il seguente:

Tabella 1 - Quadro dei fabbisogni - scenario di medio termine (Studio di Fattibilità ENAS 2016)

UTENZA	RICHIESTA IDRICA [Mm³/anno]
Civile	144,8
di cui all’Impianto di potabilizzazione di Bau Pressiu	10,6
Irrigua	385,6
di cui ai distretti irrigui di Siliqua e Iglesias	14,6
di cui ai distretti irrigui del Basso Sulcis	16,3
Industriale	34,6
di cui alla zona industriale di Portovesme	7,0
TOTALE	565,0

4.3 Sintesi dei risultati delle analisi di simulazione

Come riportato nello Studio di Fattibilità dell'intervento *“Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente”*, nelle simulazioni dello scenario di medio termine *i volumi idrici trasferiti risultano i seguenti:*

¹ Il Piano Tutela delle Acque (PTA) della Regione Autonoma della Sardegna stabilisce che il DMV da assicurare a valle delle principali opere di sbarramento sia pari al 10% del deflusso naturale, intendendo per deflusso naturale quello che si avrebbe nel corso d’acqua in assenza di prelievi e di immissioni artificiali. In caso di situazioni particolarmente critiche nel PTA è previsto che si possa ridurre l’esigenza del DMV fino al 5% del deflusso naturale.

- *18,4 Mm³ medi annui sollevati dal nodo Cixerri alla vasca di Medau Zirimilis (con un massimo annuo di 26,2 Mm³), di cui:*
 - *7,6 Mm³ medi annui rilasciati nell'invaso di Medau Zirimilis;*
 - *5,3 Mm³ medi annui trasferiti verso l'Iglesiente (con un massimo annuo di 9,3 Mm³);*
 - *5,5 Mm³ medi annui ulteriormente rilanciati verso Bau Pressiu;*
- *8,4 Mm³ medi annui sollevati dal nodo Medau Zirimilis verso il nodo di Bau Pressiu (con un massimo annuo di 16,3 Mm³), di cui:*
 - *2,5 Mm³ medi annui rilasciati nell'invaso di Bau Pressiu;*
 - *1,2 Mm³ medi annui consegnati direttamente all'impianto di potabilizzazione di Bau Pressiu (aggiuntivi a 5,9 Mm³ medi annui sollevati con l'altro collegamento esistente con il nodo Cixerri);*
 - *4,6 Mm³ medi annui trasferiti direttamente verso il Basso Sulcis;*
- *5,1 Mm³ medi annui complessivamente trasferiti al Basso Sulcis, con un massimo annuo di 14,2 Mm³.*

In sintesi, in questo scenario vengono mediamente derivati dal sistema Tirso-Flumendosa-Campidano 24,3 Mm³/anno (=18,4+5,9), di cui 14,3 Mm³/anno a favore del Sulcis (=8,4+5,9) e 10,0 Mm³/anno a favore dell'Iglesiente.

4.4 Potenzialità di trasferimento dei collegamenti afferenti all'intervento "4° lotto"

Sulla base dei risultati riportati nel precedente paragrafo, in sede di fattibilità degli interventi di interconnessione "Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente" è stata definita la potenzialità di trasferimento dei collegamenti previsti nello Studio. Nello specifico, il collegamento all'Iglesiente è stato dimensionato per trasferire una portata pari a 600 l/s, così da garantire un certo margine per il possibile potenziamento futuro, rispetto ai 400 l/s attualmente sollevabili dalla centrale di Ponte Murtas verso l'invaso di Punta Gennarta. Tale portata di progetto corrisponde a una potenzialità massima di trasferimento di 18,9 Mm³/anno.

Relativamente al collegamento col Basso Sulcis, è stato stimato un trasferimento massimo dell'ordine di 15 Mm³/anno, corrispondente a una portata continua (24 h su 24) di circa 500 l/s necessaria per equilibrare il bilancio risorse-fabbisogni. Al fine di garantire la flessibilità gestionale del trasferimento e l'ottimizzazione in termini energetici dei sollevamenti, è stato assunto un funzionamento medio dell'impianto di sollevamento corrispondente a 12 h/giorno. Pertanto, per garantire il trasferimento del suddetto volume

massimo ($15 \text{ Mm}^3/\text{anno}$), la potenzialità del sollevamento dal nodo idraulico del Cixerri verso il Sulcis è pari a 1.000 l/s .

Le utenze alimentate dall'invaso di Monte Pranu possono essere erogate con le infrastrutture esistenti portate di punta di poco superiori ai 4.500 l/s . Infatti, nello stato attuale, in prossimità della diga di Monte Pranu sono presenti due centrali di sollevamento asservite alle utenze civili e irrigue del Basso Sulcis e la presa per l'acquedotto industriale:

- La centrale di sollevamento irrigua gestita dall'ENAS (cd. "SAR 16"), di potenzialità totale pari a 3.600 l/s , è equipaggiata con due gruppi di elettropompe: la prima a servizio della vasca di San Giovanni Suergiu (potenzialità pari a 2.400 l/s); la seconda a servizio delle vasche di Masainas (potenzialità di 1.200 l/s). Lungo la premente per San Giovanni Suergiu è presente la diramazione per l'impianto di potabilizzazione di San Giovanni Suergiu gestito da Abbanoa S.p.A. (potenzialità circa 150 l/s), attualmente non utilizzata in quanto tale impianto è alimentato da pozzi siti poco a valle della diga;
- La centrale di sollevamento irrigua gestita dal Consorzio di Bonifica del Basso Sulcis trasferisce, mediante due batterie di elettropompe, la risorsa idrica al torrino di Giba (portata massima di 600 l/s) e al torrino di Tratalias (portata massima di 160 l/s) per una potenzialità complessiva pari a 760 l/s .
- La presa a servizio dell'area industriale di Portovesme che in condizioni ordinarie veicola a gravità una portata pari a 100 l/s , ma che, nel medio termine, potrebbe raggiungere i 300 l/s .

In conclusione, la portata di progetto delle tratte Cixerri-Medau Zirimilis e Medau Zirimilis-Bau Pressiu è stata fissata pari a $1 \text{ m}^3/\text{s}$ (potenzialità massima di trasferimento di $31,5 \text{ Mm}^3/\text{anno}$); mentre per la tratta Bau Pressiu-Monte Pranu la portata di progetto è pari a $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

5 OPERE PROPOSTE - COLLEGAMENTO ACQUEDOTTO MULARGIA-CAGLIARI - NODO CIXERRI

5.1 Caratteristiche progettuali di base

Nell'ipotesi di trasferire la risorsa a gravità dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari sino all'invaso di Medau Zirimilis, in alternativa al sollevamento della risorsa accumulata nell'invaso del Cixerri o trasferita dal Canale Sud-Ovest, le opere di collegamento proposte nel presente Studio dovranno essere dimensionate per una portata massima pari a $1 \text{ m}^3/\text{s}$ con lo scopo di garantire la stessa potenzialità di trasferimento del sollevamento Cixerri-Medau Zirilimis (definita in sede di Studio di fattibilità dell'intervento "*Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente*").

5.1.1 Definizione degli scenari di funzionamento e quantificazione dei prelievi attuali e di medio termine

In via preliminare, per il dimensionamento delle opere in oggetto sono state eseguite le verifiche idrauliche simulando il funzionamento del sistema acquedottistico così come descritto nel capitolo 3. Si è reso quindi necessario verificare la potenzialità di trasferimento dell'adduttrice Mulargia-Cagliari e quantificare le portate di prelievo lungo le diverse tratte dell'acquedotto, in relazione alle richieste delle utenze servite dal sistema nel periodo attuale e nel medio termine.

A tal fine è stata eseguita un'attenta analisi dei rilevamenti di portata alle utenze, forniti con passo giornaliero dal Servizio Programmazione e Telecontrollo (SPT) dell'ENAS, per il periodo compreso tra gli anni 2016 e 2018.

L'individuazione dei punti di prelievo lungo il tracciato, a monte e a valle del nodo Sa Mandara, è stata effettuata a partire dalla carta "*Localizzazione delle prese sull'Acquedotto Mulargia-Cagliari*" resa disponibile dal SPT-ENAS e consegnata in allegato nel presente Studio.

Come si evince dallo schema idraulico utilizzato per le verifiche in moto permanente (successiva Figura 2), i comizi irrigui minori appartenenti a una stessa tratta sono stati ipotizzati accorpati in un unico punto di prelievo, essendo questi non distanti tra loro e caratterizzati da una analoga ripartizione mensile della domanda.

I dati di portata giornalieri, forniti dal SPT-ENAS, sono stati elaborati in modo da calcolare i valori massimi, minimi e medi su base annuale, con scansione temporale semestrale, suddividendo l'anno idrologico in due semestri: periodo invernale (da Ottobre a Marzo) e

periodo estivo (da Aprile a Settembre). La ripartizione delle portate spillate su base semestrale ha consentito infatti di analizzare il sistema con riferimento a differenti scenari, in termini di potenzialità residua per il trasferimento della risorsa verso il sistema Sulcis.

Tali elaborazioni hanno richiesto l'eliminazione delle misure ritenute anomale o non idonee a rappresentare il sistema nelle diverse configurazioni analizzate. Inoltre, con l'ausilio di metodi statistici, quali il criterio di Chauvenet utilizzato per stabilire l'affidabilità di un dato rispetto agli altri osservati, è stato più agevole individuare i valori di portata fuori scala che non sono stati considerati nella valutazione dei prelievi.

Considerata l'importanza strategica dell'Acquedotto Mulargia-Cagliari, asservito all'approvvigionamento idrico di utenze civili, irrigue e industriali, si è proceduto alla verifica della corrispondenza delle portate di prelievo valutate sulla base dei rilevamenti giornalieri con le elaborazioni svolte nell'ambito della Convenzione *“Attività di Supporto alla Modellazione e Verifica delle potenzialità del Sistema Idrico Multisetoriale, in applicazione della Direttiva 2000/60/CE e del D. Lgs n. 152/06, secondo quanto previsto dall'aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto idrografico della Sardegna”* stipulata tra l'Agenzia di Distretto Idrografico della Sardegna (ADIS) e l'Università degli Studi di Cagliari (DICAAR). Le attività di cui alla succitata convenzione riguardano la modellazione del sistema idrico multisetoriale regionale con il DSS WARGI-SIM v2.0, ai fini della valutazione delle potenzialità del SIMR in relazione al livello di soddisfacimento dei fabbisogni dei diversi settori di utenza, le priorità di approvvigionamento, le risorse di riferimento e i vincoli da attribuire alle stesse.

Inoltre, le portate di prelievo valutate considerando i dati forniti dal SPT-ENAS sono state confrontate con le ripartizioni della risorsa idrica definite in sede di fattibilità tecnico-economica degli interventi di *“Interconnessione dei sistemi idrici: collegamento Tirso-Flumendosa 4° lotto. Collegamento Sulcis-Iglesiente”, “Raddoppio della condotta di collegamento tra la centrale idroelettrica di S. Lorenzo e il nodo di S. Lorenzo” e “Potenziamento della producibilità ed efficientamento della minicentrale idroelettrica di Simbirizzi”* a cura dell'ENAS.

I risultati ottenuti negli studi succitati, non consegnati nella presente relazione, sono stati utilizzati al fine di condurre le verifiche idrauliche preliminari.

I calcoli idraulici sono stati impostati considerando differenti scenari di funzionamento, attuali e futuri, che prendono in considerazione le opere infrastrutturali descritte nel capitolo 3 e la gestione delle stesse.

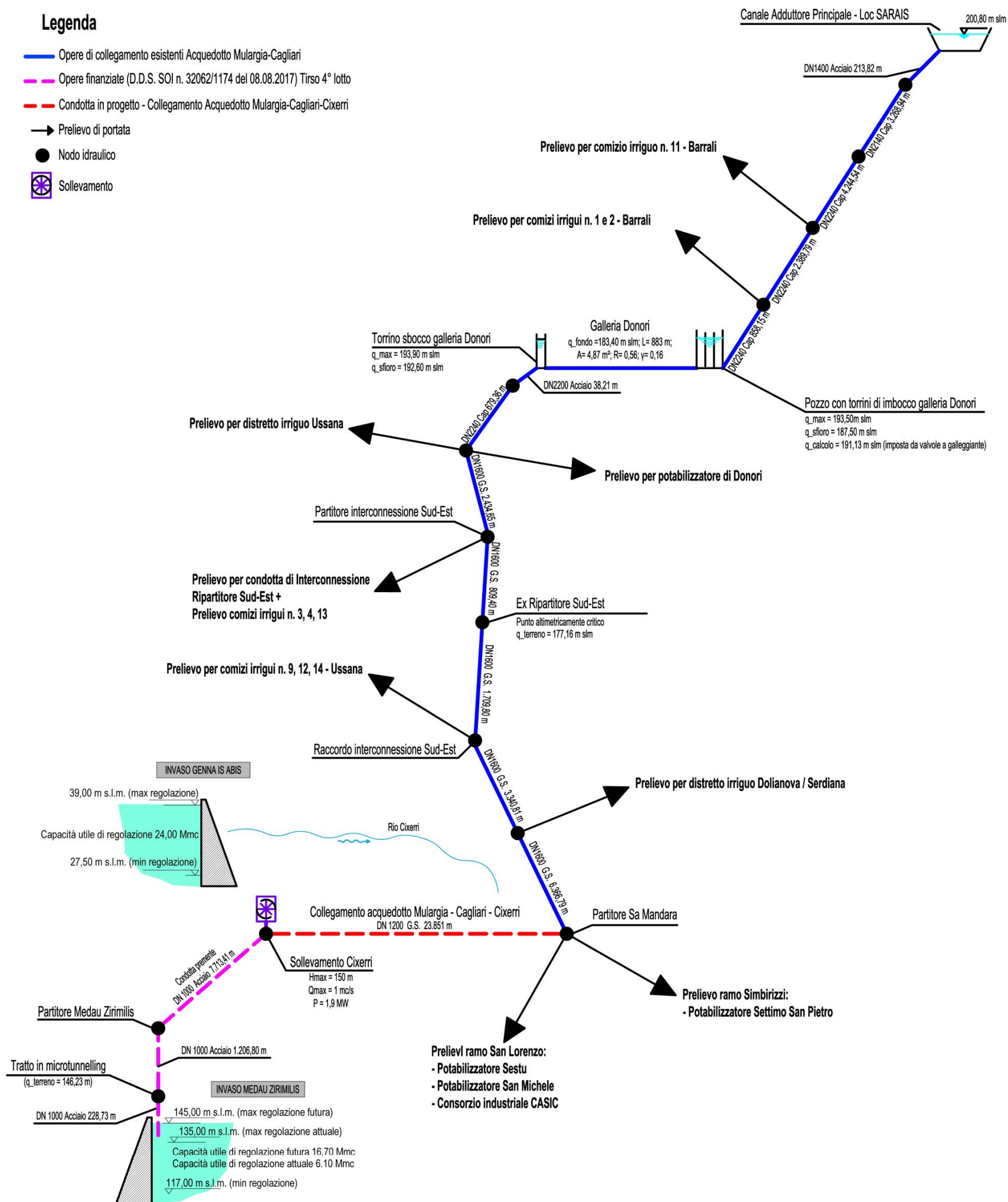


Figura 2 - Schema idraulico Acquedotto Mulargia-Cagliari - Collegamento Sa Mandara-Cixerri-Medau Zirimilis

Simulazione dello stato attuale

Per conformità con l'analisi semestrale dei rilevamenti di portata, le simulazioni idrauliche dello stato attuale sono state eseguite considerando due differenti configurazioni che tengono conto della stagionalità delle richieste idriche: “*periodo invernale*” e “*periodo estivo*”, da intendersi rispettivamente come limiti inferiore e superiore dei più frequenti schemi di funzionamento nel corso di un anno tipo di esercizio.

Le simulazioni del periodo invernale caratterizzano il regime delle portate e delle richieste delle utenze nei mesi invernali, nell'attuale configurazione di esercizio del sistema acquedottistico Mulargia-Cagliari e ipotizzando la realizzazione della condotta oggetto del presente Studio e delle opere già finanziate afferenti al Progetto “*Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente*”.

Lo scenario relativo al periodo estivo simula la configurazione e la ripartizione delle portate che usualmente viene messa in atto nei mesi estivi e si caratterizza, rispetto al periodo invernale, per valori di richieste idriche maggiori e conseguenti maggiori valori di portata totale veicolata dall'adduttore Mulargia-Cagliari.

Nello specifico, i prelievi relativi al periodo estivo sono stati valutati sulla base dei valori massimi registrati nei mesi da Aprile a Settembre e della potenzialità massima di trasferimento delle opere; per il periodo invernale sono stati assunti i valori medi dei rilevamenti di portata registrati nei mesi da Ottobre a Marzo.

Diverse valutazioni si sono rese necessarie per la definizione della portata di prelievo relativa all'*interconnessione Sud-Est*, in questo caso l'analisi semestrale non risulta idonea a rappresentare il reale funzionamento della tratta. Come già detto nel paragrafo 3.1, il collegamento Sud-Est interconnette i sistemi del Tirso e del Flumendosa e può essere utilizzato in modo bi-direzionale sia per incrementare, con le portate veicolate dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari, le risorse trasferibili dal sistema Tirso verso il Campidano di Cagliari o, in situazioni di soccorso, per alimentare le utenze civili di Donori e dell'area metropolitana di Cagliari con la risorsa proveniente dal sistema Tirso.

Dalle informazioni fornite dal Servizio Gestione Sud (SGS) dell'ENAS e dall'analisi del database sopra descritto, è emerso che il collegamento dell'*interconnessione Sud-Est* viene utilizzato principalmente nella tarda stagione invernale e nei mesi primaverili per trasferire le portate provenienti dal sistema Flumendosa verso il Campidano di Cagliari, al fine di preservare per la stagione estiva la risorsa idrica proveniente del Rio Leni. Pertanto, nella configurazione definita “**stato attuale 1**” è stata assunta una portata di prelievo, in

corrispondenza del Ripartitore Sud-Est, pari a 750 l/s (valore massimo ricavato su base annuale) per il periodo invernale e pari a 400 l/s (valore medio su base annuale) per il periodo estivo.

Vista la flessibilità gestionale delle opere di interconnessione, ed in relazione agli obiettivi che l'opera del presente Studio si pone (trasferimento della risorsa verso il Sulcis-Iglesiente), si è ritenuto opportuno simulare un secondo scenario attuale del sistema in cui le portate prelevate dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari e veicolate dall'interconnessione Sud-Est, siano nulle. È stato, quindi, definito lo scenario denominato **“stato attuale 2”** assumendo pari a zero le portate prelevate dall'interconnessione Sud-Est verso il sistema Tirso, comprese le portate di prelievo per i comizi irrigui ubicati lungo l'interconnessione Sud-Est. In situazioni di crisi idrica, e con lo scopo di preservare le caratteristiche qualitative della risorsa, utilizzando la condotta oggetto del presente Studio per i trasferimenti verso il sistema deficitario del Sulcis-Iglesiente, la regola gestionale che l'ENAS può adottare è quella di alimentare i comizi irrigui posti lungo l'interconnessione Sud-Est con i volumi idrici provenienti dal Tirso.

La Tabella 2 riporta la ripartizione dei prelievi dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari utilizzata nelle simulazioni dei calcoli idraulici relative allo stato attuale.

Tabella 2 - Stato attuale - Ripartizione delle portate di prelievo dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari

PRELIEVI PER UTENZE	STATO ATTUALE 1		STATO ATTUALE 2	
	Portate periodo estivo [l/s]	Portate periodo invernale [l/s]	Portate periodo estivo [l/s]	Portate periodo invernale [l/s]
Derivazione dal canale adduttore principale (Loc. Sarais)	4239	3395	3815	2636
Prelievo per comizio irriguo n. 11 - Barrali	30	0	30	0
Prelievo per comizio irriguo n. 1 e n. 2 - Barrali	35	0	35	0
Prelievo per potabilizzatore Donori	650	520	650	520
Prelievo per distretto irriguo di Ussana	300	46	300	46
Prelievo per condotta di interconnessione Ripartitore Sud-Est	400	750	0	0
Prelievo per comizi irrigui n. 3, 4, 13 (da Ripartitore Sud-Est)	10	7	0	0
Prelievo per comizi irrigui n. 9, 12, 14 – Ussana (da Raccordo Sud-Est)	14	2	0	0
Prelievo per distretto irriguo Serdiana-Dolianova	100	20	100	20
Prelievo per potabilizzatore Settimo San Pietro (ramo Simbirizzi)	1600	1250	1600	1250
Prelievo per potabilizzatore San Michele + Sestu (ramo San Lorenzo)	600	600	600	600
Prelievo per Consorzio Industriale CASIC (ramo San Lorenzo)	500	200	500	200

Simulazione dello scenario futuro

Nelle simulazioni dello scenario futuro sono stati previsti tre differenti schemi di funzionamento che differiscono sostanzialmente per la numerosità delle utenze servite e per l'entità delle portate erogate:

- **Scenario “medio termine 1”:** La prima simulazione è stata effettuata considerando i medesimi prelievi e valori di portata utilizzati nello “*stato attuale I*” con la sola variazione della portata veicolata dal nodo Sa Mandara verso il nodo San Lorenzo. Come già detto, l'ENAS ha infatti predisposto il Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica per il “*Raddoppio della condotta di collegamento tra la centrale idroelettrica di San Lorenzo ed il nodo San Lorenzo*” al fine di trasferire la risorsa derivata dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari direttamente al Consorzio industriale della Provincia di Cagliari (CASIC) by-passando la centrale idroelettrica. Tale progetto prevede la realizzazione di una vasca di disconnessione (subito a monte dell'impianto idroelettrico di San Lorenzo) e la posa di una condotta in ghisa sferoidale DN 900, di sviluppo pari a 950 metri. La nuova opera di collegamento sarà realizzata in affiancamento, in destra idraulica, all'attuale condotta che trasferisce i volumi idrici turbinati al nodo di San Lorenzo, e si innesterà alla condotta esistente denominata SAR AC 10 asservita all'utenza del CASIC.

Ai fini delle verifiche idrauliche, l'incremento di richiesta di portata del ramo San Lorenzo è stato stimato con l'obiettivo di conseguire il completo soddisfacimento della domanda potenziale del CASIC garantendo, al contempo, il funzionamento della turbina idroelettrica (intervallo di portate compreso tra 800 l/s e 1100 l/s). La soluzione progettuale, avanzata nello Progetto di Fattibilità succitato, prevede di utilizzare la turbina anche per portate richieste a valle maggiori della massima portata turbinabile.

In accordo con le analisi dello stato attuale, anche le simulazioni relative allo scenario futuro sono state eseguite nelle due differenti configurazioni “*invernale*” ed “*estiva*”.

Come riportato nelle tabelle seguenti, le portate di prelievo per l'utenza CASIC sono state assunte pari a 400 l/s nel periodo invernale e 600 l/s nel periodo estivo. Per conformità con i calcoli idraulici effettuati in fase di redazione del Progetto ENAS di “*Riqualificazione del nodo San Lorenzo*”, si assume che tali portate siano trasferite con la nuova condotta DN 900 direttamente al nodo San Lorenzo. Conseguentemente, la portata veicolata dalla condotta esistente, destinata ai potabilizzatori di San Michele

e Sestu, sarà pari a 800 l/s per garantire il funzionamento della turbina della centrale di San Lorenzo. Nel caso in cui le richieste di acqua potabile siano inferiori a tale valore, è possibile tenere in esercizio la turbina veicolando le portate in surplus all'invaso di Simbirizzi o alle utenze irrigue alimentabili tramite il 3° tronco del Ripartitore Sud-Est.

La portata complessivamente derivata dal nodo Sa Mandara verso il ramo di San Lorenzo è quindi pari a 1200 l/s (400 l/s + 800 l/s) nel periodo invernale e 1400 l/s (600 l/s + 800 l/s nel periodo estivo).

- **Scenario “medio termine 2”:** Tale scenario considera l'incremento di portate per l'utenza industriale CASIC, ma, rispetto al precedente, si basa sull'ipotesi gestionale assunta nello “*stato attuale 2*” che prevede di non attivare il collegamento dell'interconnessione Sud-Est verso il sistema del Tirso e le prese dei comizi irrigui ubicate lungo linea.
- **Scenario “medio termine 3”:** Tenendo conto dell'aumento di richiesta di risorsa da parte del CASIC e dei prelievi veicolati mediante l'interconnessione Sud-Est verso il sistema Tirso, un ulteriore incremento delle portate (a monte del nodo Sa Mandara) è prevedibile possa avvenire per alimentare il distretto irriguo di Dolianova, gestito dal Consorzio di Bonifica della Sardegna Meridionale.
Come è emerso dalla consultazione dei Progetti di Fattibilità per l'efficientamento dei nodi di San Lorenzo e Simbirizzi, è ipotizzabile una richiesta futura a carattere stagionale pari a 50 l/s nel periodo invernale e 250 l/s nel periodo estivo.

Di seguito è riportata la tabella riassuntiva con i valori di portata inseriti nelle simulazioni dello scenario futuro.

Tabella 3 - Scenari di medio termine - Ripartizione delle portate di prelievo dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari

PRELIEVI PER UTENZE	MEDIO TERMINE 1		MEDIO TERMINE 2		MEDIO TERMINE 3	
	Portate periodo estivo [l/s]	Portate periodo invernale [l/s]	Portate periodo estivo [l/s]	Portate periodo invernale [l/s]	Portate periodo estivo [l/s]	Portate periodo invernale [l/s]
Derivazione dal canale adduttore principale (Loc. Sarais)	4539	3795	4115	3036	4689	3825
Prelievo per comizio irriguo n. 11 - Barrali	30	0	30	0	30	0
Prelievo per comizio irriguo n. 1 e n. 2 - Barrali	35	0	35	0	35	0
Prelievo per potabilizzatore Donori	650	520	650	520	650	520
Prelievo per distretto irriguo di Ussana	300	46	300	46	300	46
Prelievo per condotta di interconnessione Ripartitore Sud-Est	400	750	0	0	400	750
Prelievo per comizi irrigui n. 3, 4, 13 (da Ripartitore Sud-Est)	10	7	0	0	10	7
Prelievo per comizi irrigui n. 9, 12, 14 – Ussana (da Raccordo Sud-Est)	14	2	0	0	14	2
Prelievo per distretto irriguo Serdiana-Dolianova	100	20	100	20	250	50
Prelievo per potabilizzatore Settimo San Pietro (ramo Simbirizzi)	1600	1250	1600	1250	1600	1250
Prelievo per potabilizzatore San Michele + Sestu (ramo S. Lorenzo)	800	800	800	800	800	800
Prelievo per Consorzio Industriale CASIC (ramo S. Lorenzo)	600	400	600	400	600	400

Occorre sottolineare che gli scenari futuri così definiti non considerano tutte le possibili configurazioni di prelievo future dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari, ma descrivono le previsioni gestionali più adatte a rappresentare il funzionamento del sistema nel periodo di medio termine, ipotizzando la messa in esercizio della condotta oggetto dello Studio.

A titolo conoscitivo, di seguito sono stati discussi ulteriori scenari futuri di funzionamento del sistema acquedottistico che non sono stati presi in considerazione ai fini del presente Studio. In particolare, dalla consultazione dei Progetti di Fattibilità sopra menzionati, è emerso che un ulteriore prelievo di portata in corrispondenza del nodo Sa Mandara potrebbe essere previsto per l'approvvigionamento dei distretti irrigui di Quartu Sant'Elena e Selargius con derivazione diretta dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari. Tale derivazione verso condotte gestite dal Consorzio di Bonifica della Sardegna Meridionale (CBSM) risulta in fase di progettazione e richiederebbe portate variabili tra i 150 l/s (stagione invernale) e i 400 l/s (stagione estiva).

Allo stato attuale, le utenze irrigue di Quartu Sant'Elena e Selargius sono alimentate dalla diga di Simbirizzi (codice ENAS 7B.S2), mediante l'omonimo impianto di sollevamento (codice ENAS 7B.P3) che trasferisce la risorsa dell'invaso verso la vasca di carico di Cuccuru Linu, da cui si dipartono le condotte del Consorzio di Bonifica. In considerazione dell'esistente sistema di alimentazione dal lago Simbirizzi e tenuto conto del carattere emergenziale della condotta in progetto Sa Mandara-Cixerri, si è deciso di non considerare nelle analisi qui riportate l'ipotesi di un ulteriore prelievo per i distretti irrigui di Quartu Sant'Elena e Selargius. Come specificato nel Capitolo 2 della presente relazione, in cui sono stati definiti gli obiettivi che la soluzione progettuale proposta si prefigge, il collegamento Sa Mandara-Cixerri sarebbe utilizzato qualora le risorse derivabili dall'invaso del Cixerri e/o dal Canale Sud-Ovest non fossero compatibili con le caratteristiche chimico-biologiche degli invasi di Medau Zirimilis e Bau Pressiu.

Infine, si rende nota la possibilità della dismissione degli impianti di potabilizzazione di San Michele e Sestu prevista in sede di redazione dello Studio di Fattibilità dell'intervento di *“Riassetto dell'alimentazione idropotabile del vasto hinterland cagliaritano”* da parte del Gestore Abbanoa S.p.A.. Conseguentemente, la riduzione delle portate convogliate verso il nodo San Lorenzo determina l'incremento delle portate potabilizzate presso l'impianto di Simbirizzi comportando il raggiungimento della portata massima turbinabile per la quale è stata dimensionata la centrale di Simbirizzi (2000 l/s). Tuttavia, la configurazione infrastrutturale attuale del sistema Acquedotto Mulargia-Cagliari – Centrale idroelettrica di Simbirizzi – Centrale idroelettrica di San Lorenzo non consente il funzionamento

dell'impianto idroelettrico di Simbirizzi per la portata massima di dimensionamento (pari a 2000 l/s), a causa delle eccessive sovrappressioni riscontrate già in sede di collaudo della centrale. Pertanto, il raggiungimento della massima potenzialità della turbina esistente è vincolato alla realizzazione degli interventi di *“Potenziamento della producibilità ed efficientamento della minicentrale idroelettrica di Simbirizzi”*, attualmente in fase di Progetto fattibilità tecnico-economica. La ripartizione delle portate corrispondente a tale ipotesi futura non è stata considerata nelle simulazioni eseguite, in quanto non modifica in modo significativo la risorsa complessivamente prelevata in corrispondenza del nodo Sa Mandara.

5.1.2 Criteri e vincoli per le verifiche idrauliche

Rimandando per gli aspetti di maggior dettaglio alla *“Relazione dei calcoli idraulici preliminari”* (Allegato B.1), in questo paragrafo si ritiene opportuno mettere in luce le ipotesi poste alla base delle verifiche idrauliche e le principali criticità e i limiti dello schema acquedottistico.

Origine delle tratte di calcolo

Per tutte le configurazioni esaminate, lo schema idraulico considerato prevede l'utilizzo della risorsa dei laghi del Flumendosa e del Mulargia a partire dall'opera di presa Sarais, veicolata attraverso il primo tronco dell'esistente Acquedotto Mulargia-Cagliari, fino al torrino di imbocco della galleria di Donori. La quota piezometrica di partenza in corrispondenza del canale adduttore principale (località Sarais) è fissata in 200,80 m s.l.m.

Come detto in precedenza, la galleria di Donori, originariamente funzionante a pelo libero, con l'esecuzione dei lavori dell'Acquedotto Mulargia-Cagliari ha assunto un funzionamento in pressione con un carico piezometrico massimo assunto pari a 5 m sulla linea d'imposta della volta. In corrispondenza del torrino posto all'imbocco della galleria, le due valvole a galleggiante, cui già si è fatto cenno (v. Paragrafo 3.1), consentono di realizzare l'abbattimento del carico necessario. La quota piezometrica imposta nelle simulazioni di calcolo all'imbocco della galleria è pari a 191,13 m s.l.m.

Tratta Cixerri-Medau Zirimilis

Si ricorda che l'intervento proposto dovrà consentire il trasferimento a gravità della risorsa dei laghi del Flumendosa e del Mulargia sino all'invaso di Medau Zirimilis e, pertanto, prevede il collegamento della condotta oggetto del presente Studio “Sa Mandara-Nodo Cixerri” con la condotta “Cixerri-Medau Zirimilis” che sarà realizzata con il primo lotto

funzionale dell'intervento *"Interconnessione dei sistemi idrici. Collegamento Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente"* (v. Paragrafo 3.2).

Il recapito finale della risorsa, considerato nei calcoli idraulici, è quindi l'invaso di Medau Zirimilis, in corrispondenza del quale è stata assunta la quota di massima regolazione attuale posta pari a 135 m s.l.m.

Tenuto conto del carattere emergenziale dell'opera oggetto del presente Studio, è ragionevole considerare, anche nello scenario di medio termine, la quota massima di invaso pari a 135 m s.l.m. in ragione del fatto che il deflusso medio annuo all'invaso di Medau Zirimilis, stimato nel PSURI (RAS 2006) pari a 2,17 Mm³, risulta scarso in rapporto alla sua capacità di invaso: ciò implica che raramente sarà raggiunta la quota di massimo invaso, anche a seguito degli interventi di risanamento e, inoltre, in caso di invaso pieno, non si avrebbe necessità di attivare il trasferimento dal sistema Tirso-Flumendosa-Campidano.

L'ultima parte del tracciato, dal partitore di Medau Zirimilis all'invaso omonimo, attraversa un punto altimetrico critico (quota massima pari a 155 m s.l.m.); sarà quindi realizzato un tratto in microtunnelling di sviluppo pari a circa 180 m. Tale soluzione è stata prevista in sede di Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica dell'intervento *"Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente"* per consentire il rilascio diretto all'invaso di Medau Zirimilis. La quota della generatrice superiore della tubazione posata in microtunnelling è pari a 144,80 m s.l.m.

Centrali idroelettriche di San Lorenzo e Simbirizzi

Ulteriori vincoli da considerare in fase di verifica idraulica del sistema acquedottistico sono correlati alle condizioni di funzionamento degli impianti idroelettrici di San Lorenzo e Simbirizzi a valle del nodo Sa Mandara.

In questa fase, i calcoli idraulici sono stati eseguiti garantendo un carico in arrivo al nodo Sa Mandara sufficiente ad alimentare anche le centrali sulla base dell'attuale potenzialità idroelettrica delle turbine installate.

Come già detto, è in fase di redazione il Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica per il potenziamento della minicentrale idroelettrica di Simbirizzi che, oltre a prevedere interventi per l'attenuazione dei fenomeni di colpo d'ariete, rende ipotizzabile l'installazione di una seconda turbina in affiancamento all'esistente. Pertanto, nelle successive fasi, si è tenuto conto anche dello stato di avanzamento degli interventi di efficientamento delle minicentrali di San Lorenzo e, in particolare, di Simbirizzi.

Ipotesi poste a base dei calcoli in moto permanente

Con la finalità di pervenire al dimensionamento della condotta oggetto del presente Studio, le verifiche idrauliche in moto permanente sono state condotte utilizzando la formula di Chézy che, nella sua forma più generale, esprime la cadente piezometrica attraverso la seguente relazione:

$$J = \frac{Q^2}{\chi^2 A^2 R} \quad [\text{m/m}]$$

essendo χ è il coefficiente di resistenza della tubazione dato dalla formula di Bazin:

$$\chi = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \quad [\text{m}^{1/2}/\text{m}]$$

dove:

- Q [m^3/s] portata nella tratta di tubazione;
- A [m^2] area della sezione trasversale della tubazione;
- R [m] raggio idraulico;
- γ [$\text{m}^{1/2}$] indice di scabrezza di Bazin.

Per quanto riguarda la scelta dei valori di scabrezza si è ritenuto cautelativo utilizzare un coefficiente di Bazin γ pari a 0,16 sia per le tubazioni esistenti che per quelle in progetto, prescindendo dal materiale della condotta.

Tutte le simulazioni idrauliche sono state effettuate avendo cura di verificare le quote piezometriche nei nodi di monte e di valle di ciascuna tratta in modo da evitare funzionamenti in depressione e assicurare un carico piezometrico almeno pari a 2÷5 metri sopra il piano di campagna. In virtù delle semplificazioni valide nella pratica progettuale per le lunghe condotte, si sono ammesse trascurabili le altezze cinetiche e le perdite di carico concentrate.

Inoltre, i calcoli idraulici hanno consentito di verificare il rispetto delle velocità minime e massime ($0,5 < v < 2,5$ m/s) nelle varie tratte del sistema, al fine di evitare il deposito di materiale fine in sospensione e l'“invecchiamento” dell'acqua, nonché effetti dannosi per i giunti e abrasioni conseguenti a vibrazioni e spinte eccessive.

5.1.3 Caratteristiche dimensionali e potenzialità di trasferimento del collegamento Sa Mandara-Cixerri

Tenuto conto dei vincoli di erogazione e delle esigenze piezometriche descritte nel precedente paragrafo e in linea con l'obiettivo che l'intervento si prefigge, ossia la possibilità di trasferire la risorsa a gravità sino all'invaso di Medau Zirimilis, nel presente Studio di Fattibilità sono state valutate diverse alternative progettuali per il dimensionamento della condotta Sa Mandara-Nodo Cixerri.

Rimandando alla Relazione dei calcoli idraulici preliminari (Allegato B1) per un maggior approfondimento, nella prima fase di verifica è stata esaminata l'ipotesi progettuale avanzata nell'ambito dello Studio di Fattibilità dell'intervento "*Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente*", che prevedeva la realizzazione del collegamento Sa Mandara-Nodo Cixerri mediante posa di una tubazione DN 1000 (di seguito denominata "*Alternativa A*").

A seguito dell'avvio del presente Studio sono state considerate ulteriori due alternative che prevedessero la posa di condotte di diametro maggiore: DN 1200 ("*Alternativa B*") e DN 1400 ("*Alternativa C*").

Come già detto, nella tratta terminale della premente Cixerri-Medau Zirimilis, il rilascio nell'invaso di Medau Zirimilis è vincolato in termini piezometrici dal superamento di un punto critico a quota 155 m s.l.m. (v. Allegato A.8.5 - "*Profilo longitudinale condotta Sollevamento Cixerri – Invaso Medau Zirimilis [...]*").

In sede di redazione dello Studio di Fattibilità Tecnico-Economica "*Tirso-Flumendosa 4° lotto: Collegamento Sulcis-Iglesiente*", è stato previsto l'attraversamento di tale punto mediante posa della condotta con la tecnica del microtunnelling per uno sviluppo di circa 180 metri.

I calcoli idraulici qui eseguiti considerando un diametro DN 1000 ("*Alternativa A*") hanno evidenziato la necessità di sollevare la linea piezometrica, al fine di garantire un carico adeguato al di sopra del tratto in microtunnelling e, conseguentemente, trasferire una portata maggiore all'invaso di Medau Zirimilis. A tale scopo sono state individuate le alternative *B* e *C* sopra definite, e sono state rieseguite le verifiche idrauliche dell'intero sistema acquedottistico incrementando il diametro della condotta Sa Mandara-Nodo Cixerri.

Sulla base delle risultanze dei calcoli idraulici preliminari, consegnati nell'Allegato B.1 ("*Relazione dei calcoli idraulici preliminari*"), si evince che, con le nuove opere, sarà possibile trasferire a gravità all'invaso di Medau Zirimilis le portate riportate nella Tabella 4,

in funzione del diametro della condotta Sa Mandara-Cixerri e degli scenari di funzionamento considerati:

Tabella 4 - Potenzialità di trasferimento del collegamento Sa Mandara-Cixerri

Portata massima trasferibile [l/s]						
Scenario	Alternativa A - DN 1000		Alternativa B - DN 1200		Alternativa C - DN 1400	
	<i>Periodo invernale</i>	<i>Periodo estivo</i>	<i>Periodo invernale</i>	<i>Periodo estivo</i>	<i>Periodo invernale</i>	<i>Periodo estivo</i>
Stato attuale 1	720	620	923	783	1050*	883
Stato attuale 2	740	635	951	804	1085*	907
Medio termine 1	660	562	839	705	950	790
Medio termine 2	684	579	871	727	989	817
Medio termine 3	657	544	835	679	945	760

In sintesi, dall'analisi della tabella, è possibile concludere che:

- L'Alternativa A (DN 1000) consente al massimo di trasferire verso il Sulcis una portata di 740 l/s nello scenario più favorevole, caratterizzato dalle minime portate prelevate dalle utenze lungo le varie tratte del sistema simulato. Mentre, nella configurazione limite di massimo prelievo, la portata stimata è pari a 544 l/s, circa la metà della portata di progetto (1 m³/s) della tratta premente Cixerri-Medau Zirimilis (Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica "Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente").
- L'Alternativa B, che prevede la posa di una tubazione DN 1200, consentirebbe invece il raggiungimento di portate massime comprese tra 679 l/s e 951 l/s, con un

* Tale portata eccede la potenzialità massima individuata per la tratta Cixerri-Medau Zirimilis in sede di fattibilità tecnico-economica dell'intervento "Tirso-Flumendosa 4° lotto" (Q=1 m³/s).

incremento medio di portate trasferibili verso il Sulcis-Iglesiente pari al 27% rispetto alla potenzialità di trasferimento individuata con l'*Alternativa A* (DN 1000).

- Per l'*Alternativa C* (DN 1400) l'intervallo di portate trasferibili verso il Sulcis-Iglesiente è stato stimato pari a $760 \div 1.085$ l/s, con un incremento mediamente pari al 13% rispetto all'*Alternativa B* (DN 1200) e pari al 43% rispetto all'*Alternativa A* (DN 1000).

5.2 La condotta di collegamento

Nei sottoparagrafi che seguono sono descritti gli aspetti salienti relativi ai tracciati delle condotte, ai materiali scelti per le tubazioni, agli scavi di linea per la posa delle condotte e alle tipologie previste per la realizzazione delle principali opere d'arte lungo linea.

5.2.1 Individuazione delle possibili alternative di tracciato e principali interferenze

Nel presente Studio di Fattibilità sono state avanzate quattro possibili alternative di tracciato della condotta in progetto, consegnate negli Allegati A.6.1 e A.7.1 dove sono riportate le planimetrie su CTR e su ortofoto.

In questa fase preliminare, l'individuazione dei tracciati delle condotte è stata eseguita tramite l'esame delle ortofoto RAS (edizioni 2006-2013), delle viste satellitari disponibili gratuitamente in rete (google earth) e sulla base della conoscenza delle vigenti perimetrazioni di aree vincolate e aree protette.

Nella successiva fase progettuale, saranno presi in considerazione tutti gli elementi e gli aspetti locali di dettaglio necessari per la scelta puntuale e definitiva del tracciato, che discenderà dalle risultanze di sopralluoghi specifici, rilievi piano altimetrici, indagini geognostiche, ecc.

In generale, per quanto possibile e ragionevole, si è cercato di seguire la viabilità esistente, di mantenersi ai margini delle proprietà principali e di evitare, o comunque di limitare, l'interessamento di terreni ospitanti coltivazioni arboree (oliveti, frutteti), vigneti e boschi d'alto fusto.

Tutte le alternative di tracciato individuate hanno origine dal nodo idraulico Sa Mandara ($39^{\circ}19'28.81''N$ $9^{\circ}7'51.37''E$), in agro del comune di Settimo San Pietro, dove è ubicato il partitore dell'Acquedotto Mulargia-Cagliari da cui diramano le condotte che alimentano le centrali idroelettriche di Simbirizzi e San Lorenzo.

I tracciati si sviluppano dal nodo Sa Mandara in direzione Ovest e terminano in prossimità del sollevamento del Cixerri (39°16'44.72"N 8°53'48.95"E), nel territorio del comune di Uta (in totale i comuni attraversati dalla condotta in progetto sono sei: Settimo San Pietro, Sestu, Assemini, Decimomannu, Villaspeciosa e Uta).

I tracciati proposti non si differenziano sostanzialmente sia in termini di lunghezza (sviluppo compreso tra 23,8 km e 25,1 km) sia in relazione alle interferenze con le infrastrutture lineari esistenti. Di fatto, tutti i tracciati ipotizzati per la condotta in progetto si estendono da Est verso Ovest intersecando, necessariamente, le più importanti arterie stradali e ferroviarie della parte meridionale dell'isola.

Di seguito sono riportati, sinteticamente, i principali attraversamenti e parallelismi della rete stradale e ferroviaria (Tabella 5) e delle infrastrutture idrauliche (Tabella 6) per ciascuna alternativa di tracciato.

Tabella 5 - Principali interferenze con la rete stradale e ferroviaria

Attraversamenti rete stradale e impianti ferroviari lineari	Alternative di tracciato			
	1 - L=23,82 km (linea celeste)	2 - L=23,85 km (linea rossa)	3 - L=25,10 km (linea magenta)	4 - L=25,04 km (linea verde)
Strada Provinciale SP 9	SI	SI	SI	SI
Strada Statale SS 131	SI	SI	SI	SI
Strada Provinciale SP 4	SI	SI	SI	SI
Strada Statale SS 130 DIR	SI	SI	SI	NO
Strada Statale SS 196	SI	SI	SI	NO
Strada Statale SS 130	SI	SI	SI	SI
Strada Provinciale SP 3	SI	SI	SI	NO
Strada Provinciale SP 90	NO	NO	SI	NO
RTI - Rete ferroviaria italiana (linea Cagliari-Oristano)	SI	SI	SI	SI
RTI - Rete ferroviaria italiana (linea Cagliari-Iglesias)	SI	SI	SI	NO

Tabella 6 - Principali interferenze con le infrastrutture idrauliche lineari

Attraversamenti e parallelismi infrastrutture idrauliche di collegamento	Alternative di tracciato			
	1 - L=23,82 km (linea celeste)	2 - L=23,85 km (linea rossa)	3 - L=25,10 km (linea magenta)	4 - L=25,04 km (linea verde)
Canale ripartitore Sud-Est 2° tronco ENAS (codice 7B.C9)	SI	SI	SI	SI
Nuovo ripartitore Sud-Est 2° tronco ENAS (codice 7B.C10)	SI	SI	SI	SI
Acquedotto industriale CASIC (codice 7E.C6)	SI	SI	SI	SI
Condotta SAR AC 10 (Interconnessione Adduttore Mulargia-Cagliari con l'Acquedotto industriale CASIC)	NO	NO	SI	SI
Canale ripartitore Sud-Ovest 2° tronco ENAS (codice 7E.C1)	SI	SI	SI	NO
Condotta Cixerri-Macchiareddu ENAS (7E.C2)	NO	NO	NO	SI
Condotte Abbanoa (c.a. e cemento amianto) per l'alimentazione idropotabile dello schema n.40 - "Campidano" NPRGA	SI	SI	SI	SI
Condotte Irrigue del Consorzio di bonifica della Sardegna Meridionale	SI	SI	SI	SI

Inoltre, la gerarchizzazione del reticolo idrografico ufficiale della Regione Sardegna, (approvato con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 3 del 30.07.2015) ha consentito di individuare, con l'ausilio degli strumenti GIS, le interazioni dei tracciati della condotta in progetto con i corsi d'acqua afferenti al sub-bacino di interesse "Flumendosa-Campidano-Cixerri". Nella Tabella 7 sono elencati i principali attraversamenti fluviali per le diverse alternative di tracciato.

Tabella 7 - Sintesi degli attraversamenti fluviali

Attraversamenti fluviali	Alternative di tracciato			
	1 - L=23,82 km (linea celeste)	2 - L=23,85 km (linea rossa)	3 - L=25,10 km (linea magenta)	4 - L=25,04 km (linea verde)
Flumini Mannu	SI	SI	SI	SI
Rio Durci	SI	SI	SI	SI
Rio Sassu	SI	SI	SI	SI
Rio di Sestu	SI	SI	SI	SI
Riu de Giacu Meloni	SI	SI	SI	SI
Rio Sa Nuxedda	SI	SI	SI	SI
Rio Ponti Becciu	NO	SI	NO	NO

Attraversamenti fluviali	Alternative di tracciato			
	1 - L=23,82 km (linea celeste)	2 - L=23,85 km (linea rossa)	3 - L=25,10 km (linea magenta)	4 - L=25,04 km (linea verde)
Rio San Gimignano	NO	SI	NO	NO
Flumineddu	SI	SI	SI	SI
Rio Spinosu	NO	SI	SI	NO
Rio Cixerri	SI	SI	SI	SI
Rio Coccu Pinna	NO	NO	NO	SI

I profili longitudinali relativi ai tracciati delle condotte sono contenuti negli allegati A.8 “Profili schematici e piezometrici” del presente Studio di Fattibilità.

I profili sono stati ricavati dal DTM (modello digitale del terreno) passo 10 metri disponibile sul sito Sardegna Geoportale della RAS.

5.2.2 Indicazioni per la scelta dei materiali

La scelta del materiale della condotta operata nel presente Studio di Fattibilità è stata effettuata in via preliminare sulla base di alcune considerazioni tecniche di massima e di una sommaria indagine di mercato, rimandando l’approfondimento alla successiva fase di progetto.

In questa fase, la caratterizzazione tecnica della piezometrica della condotta e delle pressioni di esercizio previste hanno indirizzato la scelta verso l’impiego di tubazioni metalliche (ghisa o acciaio).

Considerate anche le interferenze con le infrastrutture viarie, si ritiene idoneo l'utilizzo di tubazioni che consentano una rapida posa, al fine di ripristinare nel più breve tempo possibile la viabilità limitando al minimo il fronte di scavo aperto.

È stato anche previsto l’attraversamento in sotterraneo delle strade principali e della rete ferroviaria con il sistema spingitubo, eseguito in terreni di qualsiasi natura e consistenza mediante infissione di tubi guaina in acciaio.

Ulteriore elemento considerato nella valutazione del materiale è rappresentato dal fatto che il tracciato si sviluppa prevalentemente in territori pianeggianti e alluvionali che indirizzano la scelta verso l’impiego di tubazioni in ghisa, materiale di per sé nettamente più resistente alla corrosione rispetto all’acciaio. Quest’ultimo, anche se dotato di un rivestimento esterno adeguato alle caratteristiche locali di aggressività del terreno di posa, offre comunque garanzie di durabilità inferiori rispetto alla ghisa sferoidale, in assenza di efficienti protezioni aggiuntive delle tubazioni quali la protezione catodica.

In conclusione, è stato previsto che la tratta in oggetto sia realizzata con tubazione in ghisa sferoidale dotata di giunti a bicchiere, con classe di pressione pari a C25 e spessore minimo di 11,1 mm (UNI EN 545-2010).

La scelta qui effettuata non è da ritenersi né definitiva né vincolante, in quanto in fase di progettazione sarà verificata con l'ottenimento dei preventivi economici di fornitura e con l'attenta valutazione economica della fase di posa in opera, anche in relazione allo studio di dettaglio delle caratteristiche dei terreni attraversati.

5.2.3 Sezione tipo di scavo e posa della condotta

In generale, la cantierizzazione per la posa delle tubazioni privilegerà la velocità di esecuzione e sarà tale da consentire un'agevole movimentazione delle tubazioni, mediante la realizzazione di una pista di cantiere a lato dello scavo.

Le condizioni operative di scavo saranno definite con maggior dettaglio nelle fasi successive di progettazione, in funzione dell'acclività e delle caratteristiche dei suoli attraversati e, conseguentemente, delle fasce di terreno che potranno essere impegnate.

In condizioni di terreno senza particolari difficoltà operative, la sezione tipo di scavo prevista è descritta graficamente nell'Allegato A.9 - *“Opere d'arte tipologiche e sezione tipo di posa della condotta”* dello Studio di Fattibilità e contempla le seguenti fasi di lavoro:

- L'asportazione preliminare dello strato di terreno agrario preesistente (per una profondità massima di 70 cm) e l'accantonamento separato ai fini del riposizionamento successivo;
- Lo scavo a sezione ristretta, con pendenza delle pareti dipendente dalle caratteristiche geologiche locali del terreno;
- La formazione del letto di posa delle tubazioni, in sabbia o pietrischetto, derivante dallo stesso scavo se idoneo, o eventualmente fornito allo scopo;
- Il rinfilanco e il primo ricoprimento delle tubazioni in sabbia o, eventualmente, con materiale di risulta degli scavi o derivante dalla frantumazione della stessa roccia scavata, opportunamente selezionato;
- Il rinterro con materiale di risulta degli scavi, eventualmente derivante dalla frantumazione della stessa roccia scavata;
- Il ripristino finale dello strato agrario preesistente.

Nei tratti in cui è presente una falda freatica superficiale dovranno essere messe in atto tutte le opere provvisorie atte a consentire di eseguire gli scavi in asciutto, provvedendo

all'aggottamento continuo delle acque di falda (ad esempio con l'installazione di un impianto well-point di drenaggio per deprimere il livello della falda) e all'allontanamento delle acque di scorrimento superficiale.

5.2.4 Le opere d'arte tipo lungo linea

Le tipologie previste per le principali opere d'arte di linea sono descritte graficamente nell'Allegato A.9 "*Opere d'arte tipologiche e sezione tipo di posa della condotta*" dello Studio di Fattibilità, e sono riassunte di seguito:

- **Attraversamenti ferroviari:** si prevede la realizzazione in spingitubo mediante infissione di tubo guaina in acciaio, con pozzetto di ispezione e intercettazione a monte e pozzetto di ispezione a valle;
- **Attraversamenti strade principali (strade statali, provinciali):** si prevede la realizzazione in spingitubo mediante infissione di tubo guaina in acciaio, pozzetto di ispezione e intercettazione a monte e idoneo blocco di ancoraggio a valle;
- **Attraversamenti strade secondarie:** si prevede la realizzazione con semplice taglio stradale e scavo a cielo aperto, posa della condotta, rinfilanco e ricoprimento, posa di lastre prefabbricate in c.a. a protezione della condotta dai carichi stradali e ripristino della sovrastruttura stradale preesistente (macadam, bitume, ecc.);
- **Attraversamenti corsi d'acqua principali:** si prevede la realizzazione in subalveo con scavo a cielo aperto, posa delle tubazioni, rinfilanco stabilizzato tramite sacchi di iuta geotessile riempiti di misto granulometrico e cemento, ricoprimento in misto, protezione del fondo alveo e delle sponde con materassi Reno, irrigiditi longitudinalmente all'alveo con file di gabbionate;
- **Attraversamenti corsi d'acqua secondari:** si prevede la realizzazione in subalveo con scavo a cielo aperto, posa delle tubazioni, rinfilanco e ricoprimento in misto, protezione del fondo e delle pareti dell'alveo e in corrispondenza della fascia di attraversamento mediante materassi Reno irrigiditi longitudinalmente all'alveo con file di gabbionate;
- **Pozzetti di sfiato e di scarico.**

5.3 Le opere puntuali

5.3.1 *Nodo idraulico Sa Mandara*

L'opera di derivazione dall'adduttore Mulargia-Cagliari è stata individuata in corrispondenza del nodo idraulico Sa Mandara (in agro del comune di Settimo San Pietro) dove attualmente convergono le condotte in ghisa sferoidale asservite ai rami di San Lorenzo e Simbirizzi (rispettivamente DN 1200 e DN 1600).

E' quindi prevista la perforazione dell'adduttore principale in ghisa sferoidale DN 1600 e l'inserzione di una tubo speciale di raccordo dotato di valvola a farfalla, alloggiati in apposita camera di manovra.

5.3.2 *Nodo idraulico del Cixerri*

Come già detto, l'intervento proposto prevede anche, in prossimità dell'invaso Cixerri, il collegamento della condotta in esame con la condotta premente in acciaio (L=7,71 km e DN 1000) del nuovo sollevamento che giunge nel partitore di Medau Zirimilis, da cui ha origine un apposito tratto di condotta per il rilascio diretto all'invaso di Medau Zirimilis (opere da realizzarsi con l'intervento finanziato "*Interconnessione dei sistemi idrici. Collegamento Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente*").

Le opere di collegamento sono previste immediatamente a valle dell'impianto di sollevamento, in modo da by-passare la centrale e consentire il trasferimento a gravità dei volumi idrici sino all'invaso di Medau Zirimilis.

Le caratteristiche tecniche delle opere di raccordo tra le due condotte suddette saranno definite nella successiva fase progettuale con particolare attenzione alle scelte effettuate in sede di progettazione delle infrastrutture afferenti all'intervento "*Tirso-Flumendosa 4° lotto - Collegamento Sulcis-Iglesiente*".

6 INQUADRAMENTO DEI TRACCIATI NELLA CARTA LITOLOGICA DELLA SARDEGNA E NEL PIANO STRALCIO DELLE FASCE FLUVIALI

Un primo inquadramento dell'intervento in relazione alle caratteristiche geologiche delle aree interessate dalla realizzazione delle opere previste è stato effettuato sovrapponendo i tracciati della condotta alla carta litologica regionale, con l'ausilio dei navigatori tematici di Sardegna Mappe (Sardegna Geoportale della RAS).

Nelle successive fasi progettuali, ai sensi dell'art. 23 (comma 1 – lettera i) del D. Lgs 50/2016, sarà quindi necessario individuare compiutamente le caratteristiche litologiche, geologiche e geotecniche dei terreni attraversati dalla condotta in esame, con l'esecuzione di rilievi di superficie, indagini in sito e prove di laboratorio i cui risultati saranno riportati in un rapporto geologico specialistico (art. 17 - comma 1 - lettera d - D.P.R. 207/2010).

Caratteri litologici-stratigrafici dei tracciati della condotta

A partire dal nodo idraulico Sa Mandara, nel territorio comunale di Settimo San Pietro, le alternative di tracciato proposte attraversano la piana del Campidano, procedendo da est verso ovest, per arrivare nella piana valliva del fiume Cixerri in prossimità dell'invaso omonimo. L'area interessata dai tracciati è costituita prevalentemente da terreni sub-pianeggianti e alluvionali.



Figura 3 - Inquadramento dei tracciati nella carta litologica della Sardegna (Sardegna Geoportale - RAS)

Con riferimento alla carta litologica disponibile nel Geoportale della RAS (v. Figura 3), le caratteristiche delle litologie attraversate dallo sviluppo dei tracciati possono essere identificate e riassunte come segue:

- C1.2 - Depositi terrigeni continentali di conoide e piana alluvionale (ghiaie, sabbie, limi, argille), (conglomerati, arenarie, siltiti, peliti);
- C1.3 - Depositi terrigeni continentali legati a gravità (detriti di versante, frane, coltri eluvio-colluviali, brecce);
- C2.2 - Depositi carbonatici marini (Marne, calcari, calcari dolomitici, calcari oolitici, calcari bioclastici, calcareniti).

Caratteristiche idrogeologiche

Come risulta dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF-RAS 2015), il territorio in esame è compreso nell'ambito idrografico denominato Flumini Mannu (04), che appartiene alla macro-area Flumendosa – Campidano – Cixerri (7) e comprende l'insieme dei bacini idrografici che caratterizzano la parte sud-orientale della regione Sardegna e che, in prevalenza, sfociano nel Golfo di Cagliari.

In particolare, i tracciati della condotta proposti attraversano i corsi d'acqua principali del Flumini Mannu e del Rio Cixerri e diversi corsi d'acqua secondari e terziari: Riu Durci, Riu Sassu, Riu di Sestu, Riu de Giacù Meloni, Riu Sa Nuxedda, Riu San Gimiliano, Flumineddu, Riu Spinosu, Riu Coccu Pinna.

Il tratto di interesse del fiume Cixerri, che attraversa la piana del Campidano dal lago sino alla foce, presenta inizialmente una conformazione naturale con tipologia monocursale sinuosa tendente al meandriforme e fenomeni erosivi attivi sulle sponde, sino a diventare completamente regimato da interventi di sistemazione idraulica (arginature e difese di sponda) avvicinandosi alla laguna di Santa Gilla. Con l'inizio delle arginature su entrambe le sponde, viene a mancare quasi completamente l'erosione spondale; al di fuori di esse, in particolare in sponda destra presso la località Sa Tuerra de Uta, sono visibili solchi di erosione, canali di erosione riattivabili e alvei abbandonati che costituiscono le tracce di antichi eventi alluvionali.

L'ampio cuneo della piana del Campidano, compreso tra il Cixerri e il Flumini Mannu, in cui sorge l'abitato di Uta, è soggetto all'esondazione di entrambi i corsi d'acqua; in particolare il Cixerri determina l'allagamento del territorio, per portate con tempo di ritorno superiore ai 200 anni, sino al limite dell'argine destro del Flumini Mannu.

Nella Figura 4 si riporta uno schema del reticolo idrografico caratterizzante l'area di interesse.

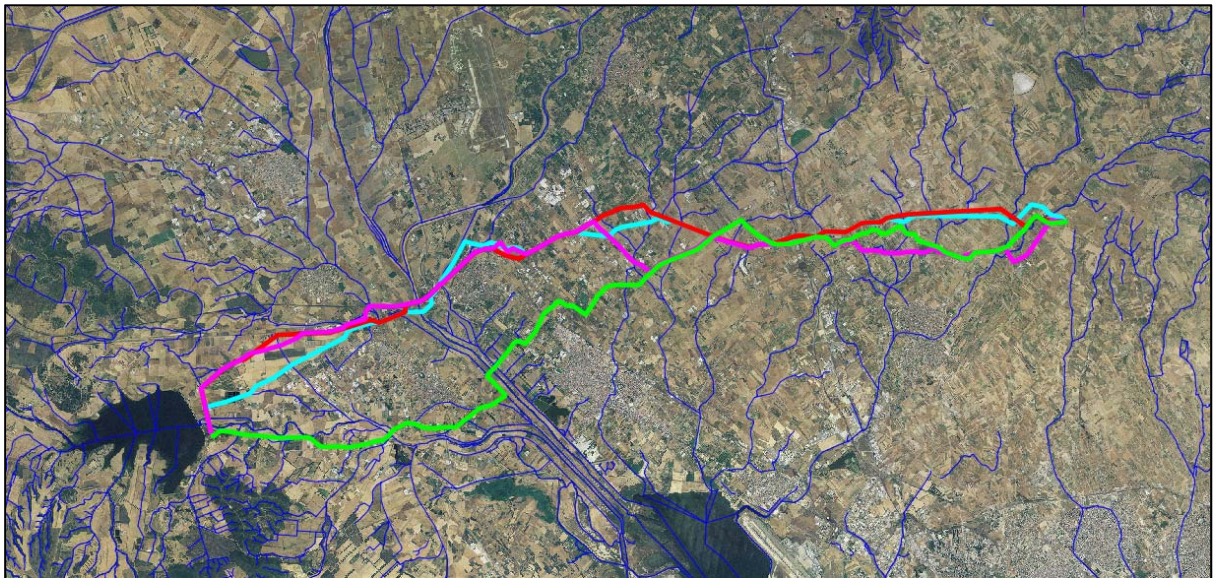


Figura 4 - Il reticolo idrografico nell'area di intervento

Indagini approfondite dovranno essere effettuate in fase di progettazione per verificare se sussiste la possibilità di interferenze del tracciato della condotta con le acque sotterranee, soprattutto in corrispondenza degli attraversamenti fluviali per i quali è facilmente prevedibile la filtrazione delle acque dal fondo o dalle pareti degli scavi.

7 QUADRO PRELIMINARE DEI VINCOLI TERRITORIALI, AMBIENTALI E DELLE AUTORIZZAZIONI

L'analisi preliminare dei vincoli territoriali e ambientali è stata effettuata con l'obiettivo di valutare la compatibilità delle opere con il contesto ambientale, territoriale e paesaggistico, in relazione all'individuazione di eventuali prescrizioni normative o vincoli che possano pregiudicare la sua fattibilità.

Inoltre, anche al fine di valutare i tempi delle successive fasi di progettazione e di ottenimento delle autorizzazioni propedeutiche all'appalto, l'intervento è stato analizzato con riguardo alla normativa nazionale e regionale in materia di Valutazione di Impatto Ambientale, e alla coerenza con gli strumenti di pianificazione urbanistica vigenti nelle aree interessate dalle opere e con i vincoli posti dagli strumenti di pianificazione territoriale.

Le indagini qui discusse sono state sviluppate in parallelo con la definizione delle alternative di tracciato che attraversano i territori dei comuni di Settimo San Pietro, Sestu, Assemini, Decimomannu, Villaspeciosa e Uta.

In particolare, l'individuazione delle aree vincolate che possano incidere sulla fattibilità dell'intervento, quali ad esempio la presenza di zone di interesse archeologico, siti contaminati, zone SIC ecc., ha guidato il decisore verso la scelta di tracciati.

7.1 Normativa VIA nazionale e regionale

Secondo quanto disposto dal D. Lgs n. 152/2006 (T.U. Ambiente), le opere in progetto non sono comprese tra quelle di rilevanza nazionale da assoggettare per via diretta alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, in quanto non rientrano tra le opere elencate nell'Allegato II "*Progetti di competenza statale*" del citato decreto legislativo. Le stesse rientrano invece nell'Allegato II-bis "*Progetti sottoposti alla verifica di assoggettabilità di competenza statale*" (introdotto dall'art. 22 del D. Lgs n. 104 del 2017), punto 2 - lettera d: "*Progetti di infrastrutture - Acquedotti con lunghezza superiore a 20 km*". Di concerto, anche la delibera regionale n. 34/33 del 2012 include tali opere nelle categorie da sottoporre alla procedura di verifica di assoggettabilità (All. B1 punto 7 - lettera k).

Nelle successive fasi progettuali sarà quindi necessario trasmettere all'Autorità competente, ai sensi dell'art. 19 del D. Lgs n. 152/2006, lo Studio preliminare ambientale, redatto in conformità a quanto contenuto nell'Allegato IV-bis alla parte seconda dello stesso decreto.

L'intervento non ricade all'interno di un'area interessata da un Sito d'Importanza Comunitaria (SIC) e/o da una Zona di Protezione Speciale (ZPS) di cui alle Direttive *Habitat* 92/43/CEE e 147/2009/CE *Uccelli*.

Qualora l'intervento fosse da sottoporre a procedura di VIA, a seguito di esito negativo della verifica di assoggettabilità, sarà necessario redigere lo Studio di Impatto Ambientale (SIA). Inoltre, qualora il tracciato definitivo della condotta individuato in sede di Progetto di Fattibilità dovesse ricadere anche parzialmente in aree naturali protette (come definite dalla Legge n. 394 del 6 Dicembre 1991) o nei siti Natura 2000 (previsti dall'art.5 comma 24 della L.R. n. 3/2009), l'intervento dovrà essere sottoposto per via diretta alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale come disposto dall'articolo 3 di cui all'Allegato A della D.G.R. n. 34/33 del 2012.

7.2 L'inserimento paesaggistico e le interferenze dell'intervento con le componenti e beni vincolati dal PPR

L'intervento proposto non ricade all'interno di aree di interesse naturalistico, aree protette nazionali o nell'ambito costiero come definiti dal Piano Paesaggistico Regionale (PPR).

Nello studio dei tracciati della condotta si è cercato, per quanto possibile, di non interessare beni sottoposti a vincolo paesaggistico; tuttavia, la notevole estensione territoriale dell'intervento non ha consentito di evitare completamente le interferenze con tali aree o beni. Infatti, come già anticipato, i possibili tracciati prevedono diversi attraversamenti fluviali e, pertanto, interessano le fasce di rispetto dei corsi d'acqua identificati come Beni di interesse paesaggistico e tutelati ai sensi del D. Lgs n. 42/2004 (art. 142).

Esclusivamente per l'alternativa di tracciato n. 4, si segnala anche l'interferenza con l'area della Chiesa di S. Maria (comune di Uta), che rientra tra le aree dichiarate di notevole interesse pubblico con provvedimento amministrativo ai sensi degli articoli 136 e 157 del D. Lgs. n. 42/2004 (perimetri non esaminati dal Comitato del PPR, in corso di istruttoria).

Risulta quindi necessario ottenere l'Autorizzazione Paesaggistica di cui all'art. 146 dello stesso decreto legislativo; a tal fine dovrà essere predisposta la Relazione paesaggistica con i contenuti di cui al D.P.C.M. 12.12.2005.

Detta relazione, ai sensi dell'art 7 comma 3 dell'Allegato A della citata D.G.R. n.34/33 del 2012, dovrà integrare lo SIA qualora, a seguito della procedura di verifica, l'opera in progetto fosse da assoggettare alla Valutazione di Impatto Ambientale.

Per l'inquadramento paesaggistico della condotta in esame, si rimanda all'Allegato cartografico C.3 "*Stralcio del Piano Paesaggistico Regionale (PPR)*" consegnato nel presente Studio.

7.3 La compatibilità con gli strumenti di pianificazione urbanistica comunali

Dall'analisi degli strumenti di pianificazione urbanistica (PUC) vigenti nell'area d'interesse, si desume che l'intervento è coerente con i Piani Urbanistici dei sei comuni attraversati (Settimo San Pietro, Sestu, Decimomannu, Assemini, Villaspeciosa e Uta). Infatti, i PUC esaminati non impongono limitazioni alla fattibilità per le tipologie di opere previste che ricadono prevalentemente in zona E (agricola) e, in qualche tratto limitato, in zona G (servizi generali) e zona H (di tutela). In tali tipologie di aree le norme di attuazione dei PUC consentono la realizzazione di opere pubbliche. Esclusivamente per le zone H di particolare interesse per la collettività e che, pertanto, sono sottoposte a salvaguardia e tutela rigorosa si rende necessario richiedere nullaosta alla Sovrintendenza dei Beni Culturali e Ambientali.

In particolare, ricadono in zona H le fasce di rispetto della strada statale SS 130 e dei corsi d'acqua di interesse paesaggistico interessati dall'intervento e, in generale, tutte le aree delimitate dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) quali zone di esondazione.

Si fa notare che, già nella fase preliminare di definizione delle alternative di tracciato, si sono evitate le zone con vincolo archeologico diretto e indiretto, come detto in premessa.

Con riferimento alla sola alternativa di tracciato n. 4, è opportuno evidenziare la presenza della zona G2.4c – Parco "Sa Matta-Fluorsid" nell'ambito urbanistico del comune di Assemini. Come riportato nello specifico PUC (art. 163), l'areale così definito assume la destinazione di "Parco" in coerenza con i piani e i programmi comunali, intercomunali, regionali (Riserva naturale, L.R. n.31/89), nazionali (Z.U. – D.M.A.F. 01.08.1977) e comunitari (S.I.C., Z.P.S.) che interessano il compendio dello Stagno di Santa Gilla e le aste fluviali del Flumini Mannu e del Cixerri. D'altra parte, dalla consultazione della raccolta cartografica del Piano Paesaggistico Regionale (PPR) si evince che il tratto di condotta (alternativa 4), che si sviluppa nella zona G2.4c per circa 100 metri, non rientra all'interno delle zone di interesse naturalistico citate nel richiamato articolo del Piano comunale.

Occorre comunque tener presente che le subzone "G2.4 Parco", di cui al PUC di Assemini, comprendono parti di territorio che necessitano prevalentemente di interventi di riqualificazione ambientale e bonifica; pertanto intervenire in queste aree potrebbe comportare maggiori oneri e tempi di realizzazione delle opere, anche in relazione alla scarsa qualità dei terreni attraversati.

Nell'Allegato cartografico C.1 - *“Stralcio degli strumenti urbanistici comunali”* sono rappresentati i tracciati della condotta all'interno delle zonizzazioni dei comuni interessati.

7.4 La compatibilità con le Norme di Attuazione del PAI e il Vincolo idrogeologico

Dall'esame della specifica mappatura dei siti censiti dal Piano di Assetto Idrologico (PAI, rev.41 del 2018) e in sede di adozione degli Studi comunali di assetto idrogeologico (ai sensi dell'art. 8 del PAI), risultano presenti aree di pericolosità idraulica lungo il tracciato. In particolare, si segnala una pericolosità elevata (Hi4) nelle piane alluvionali interessate dall'esondazione del fiume Cixerri e del Flumini Mannu, e i territori situati nell'area Nord orientale del comune di Assemini.

Con riferimento alle prescrizioni più restrittive, ai sensi dell'art. 27 (comma 3 – lettera g) delle nuove Norme di Attuazione del PAI (Testo coordinato 2019), nelle aree Hi4 è comunque consentita la realizzazione di nuove infrastrutture a rete o puntuali previste dagli strumenti di pianificazione territoriale e dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili.

Nello stesso articolo, le norme prescrivono quanto segue: *nel caso di condotte e di cavidotti, non è richiesto lo Studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle norme qualora sia rispettata la condizione che tra piano di campagna ed estradosso ci sia almeno un metro di ricoprimento, che eventuali opere connesse emergano dal piano di campagna per una altezza massima di 50 cm, che per le situazioni di parallelismo non ricadano in alveo e area golenale e che il soggetto attuatore provveda a sottoscrivere un atto con il quale si impegna a rimuovere a proprie spese tali elementi qualora sia necessario per la realizzazione di opere di mitigazione del rischio idraulico.*

Inoltre, per le opere di attraversamento trasversale dei corsi d'acqua si rimanda alle disposizioni e alle norme tecniche di cui all'art.21 *“Indirizzi per la progettazione, realizzazione e identificazione delle misure di manutenzione delle nuove infrastrutture”*, comma 2 delle stesse norme.

Nella Figura 5 è riportato uno stralcio del PAI dove sono mappate le aree di pericolosità idraulica Hi e da frana Hg, insieme ai tracciati della condotta in esame (v. anche Allegato C.2 - *"Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI)"*).

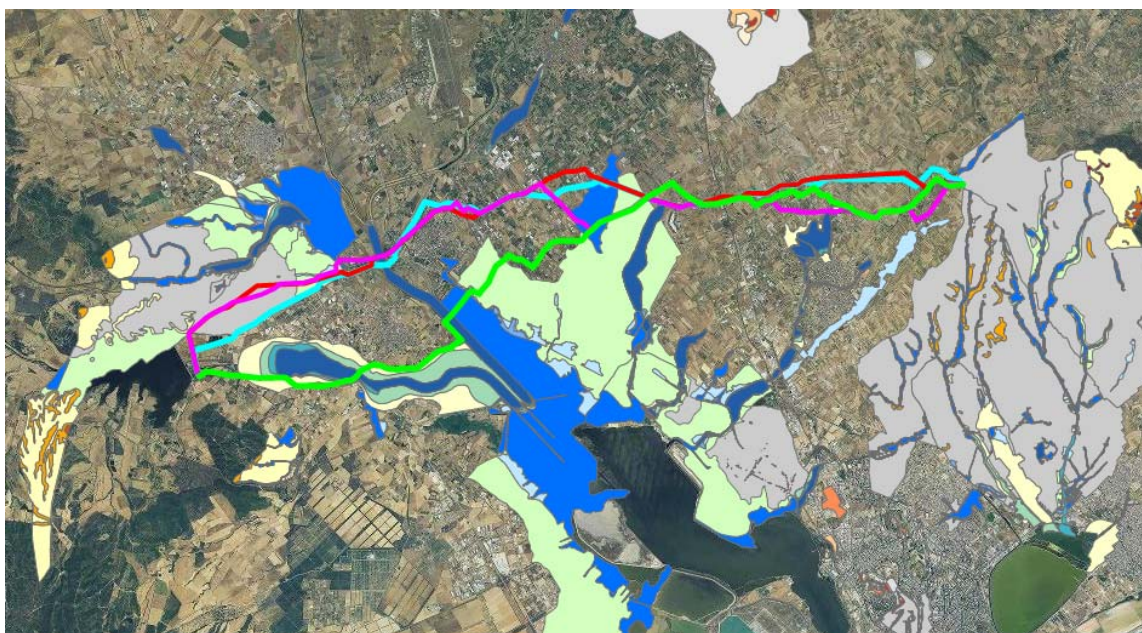


Figura 5 – Mappatura delle aree di pericolosità idraulica e da frana (PAI) e i tracciati della condotta

Infine, nelle aree interessate dagli interventi non sussistono vincoli idrogeologici ai sensi dei seguenti articoli:

- art. 1 R.D.L. 3267/1923;
- art. 18 Legge 991/1952;
- art. 9 NTA PAI.

7.5 Studio preliminare per la verifica preventiva dell'interesse archeologico in sede di progettazione

Il “*Codice dei contratti pubblici*” all’art. 25 impone che sia eseguita, a livello del Progetto di Fattibilità dell’intervento, la “*verifica preventiva dell’interesse archeologico*”, per la cui esecuzione è esplicitamente prevista la prestazione professionale di un archeologo (il cui nominativo deve essere ricompreso nell’apposito elenco previsto al comma 2 dell’art. 25 del Decreto).

In fase di redazione del presente Studio, si è tenuto conto di tale aspetto, essenziale al fine della fattibilità, e le informazioni rinvenute mediante la consultazione del PPR della RAS e dei PUC dei comuni interessati dall’intervento hanno portato a definire le alternative di tracciato evitando alcuni punti ritenuti a maggiore rischio archeologico. In particolare, le alternative di tracciato della condotta in oggetto sono state definite evitando le aree di interesse archeologico perimetrate e tutelate ai sensi dell’art. 142 del D. Lgs. n 42/2004 o identificate come zona H dai Piani urbanistici comunali.

In questa fase, si ritiene comunque opportuno, in via cautelativa, segnalare la presenza nelle vicinanze delle aree d'intervento dei seguenti siti di interesse archeologico:

- Sito di “Cabriolu Paderi” (villaggio pre-nuragico) nella zona settentrionale dell'agro di Sestu - Sottozona H7 come identificato nel PUC del comune di Sestu;
- Ruderì della chiesa romanica di Santa Maria Magramixi a Sud-Est del centro urbano di Uta – Sottozona H1 come identificati nel PUC di Uta;
- Oasi di San Nicola a Sud-Est dell'invaso del Cixerri e altri siti minori ubicati in zone a ridosso della linea ferroviaria Cagliari-Iglesias, indicati nel PUC di Uta come “Fasce di rispetto archeologico” (Sottozona H1).

7.6 Risoluzione delle interferenze e sintesi delle autorizzazioni

Le autorizzazioni da acquisire saranno stabilite nel dettaglio, come peraltro previsto dal D. Lgs. 50/2016, in sede di Progetto di fattibilità una volta che sarà scelta l'alternativa progettuale e il conseguente tracciato.

In via preliminare, la tabella di seguito riportata sintetizza i provvedimenti propedeutici all'approvazione del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica e indica i soggetti preposti al rilascio e la normativa di riferimento.

Tabella 8 - Sintesi delle autorizzazioni e nulla osta propedeutici all'approvazione del progetto

SOGGETTO RESPONSABILE DELLA PROCEDURA	PROCEDURA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO	PROVVEDIMENTO
Assessorato Regionale Difesa dell'Ambiente Servizio SAVI	Verifica di Assoggettabilità a VIA (ai sensi del D. Lgs. 152/2006 - Allegato II-bis) “Categorie di opere da sottoporre alla procedura di verifica di assoggettabilità” ai sensi dell’Allegato B1, punto 7, lettera k della DGR 34/33 del 07/08/2012	Delibera G.R. di giudizio di assoggettamento o non assoggettamento del progetto alla procedura di VIA
Assessorato Regionale Difesa dell'Ambiente Servizio SAVI	Procedura di VIA (Titolo III di cui alla Parte seconda del D. Lgs. 152/2006) <u>Qualora l'intervento fosse da sottoporre a VIA a seguito di verifica di assoggettabilità o nel caso in cui il tracciato definitivo della condotta dovesse ricadere anche solo parzialmente in aree naturali protette o nei siti Natura 2000 (articolo 3 - comma 1- Allegato A della D.G.R. n. 34/33 del 2012)</u>	Delibera G.R. di giudizio di compatibilità ambientale
Assessorato degli enti locali, finanze e urbanistica Servizio tutela del paesaggio e vigilanza Sardegna meridionale	Autorizzazione paesaggistica (ai sensi dell'art.146 D. Lgs 42/2004) Interferenza con le fasce di rispetto dei corsi d'acqua identificati come Beni di interesse paesaggistico tutelati ai sensi del D. Lgs. n. 42/2004 (art. 142) e PPR; Interferenza con aree dichiarate di notevole inter. pubbl. con provv. amm.vo (D. Lgs. n. 42/2004 – artt. 136, 157)	Determinazione del Direttore di Servizio
Soprintendenza Archeologia della Sardegna	Verifica preventiva dell'Interesse Archeologico (ai sensi dell'art. 25 del D. Lgs 50/2016)	Nulla Osta
Assessorato Regionale Difesa dell'Ambiente C.F.V.A. Servizio Ispettorato Ripartimentale di Cagliari	Autorizzazione all'attraversamento di aree percorse dal fuoco e sottoposte a vincolo di rimboschimento (art. 10, comma 1 della Legge n. 353/2000 e D. Lgs n. 227/2001)	Autorizzazione
Assessorato Regionale ai LL.PP Servizio Genio Civile di Cagliari	Autorizzazione per attraversamento corsi d'acqua ai sensi del T.U. sulle opere idrauliche R.D. n. 523/1904	Determinazione del Direttore di Servizio

SOGGETTO RESPONSABILE DELLA PROCEDURA	PROCEDURA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO	PROVVEDIMENTO
Comuni di Sestu, Assemini, Decimomannu, Villaspeciosa, Uta	Apposizione del Vincolo preordinato all'esproprio (ai sensi dell'art. 10 DPR N. 327/2001 e ss.mm.ii) Autorizzazione/Concessione Edilizia; Interferenze strade comunali	Delibera di Giunta Delibera Consiglio Comunale Provvedimento responsabile Ufficio Tecnico
RTI – Rete Ferroviaria Italiana	Autorizzazione attraversamento ferroviario linee Cagliari – Oristano e Cagliari – Iglesias	Concessioni – Autorizzazione - Nulla Osta
Amministrazione Provinciale Città Metropolitana di Cagliari	Autorizzazione attraversamenti e parallelismi Strade Provinciali	Concessioni – Autorizzazione - Nulla Osta
A.N.A.S.	Autorizzazione attraversamenti e parallelismi Strade Statali	Concessioni – Autorizzazione - Nulla Osta
ABBANO S.p.A.	Interferenze con condotte idropotabili	Nulla Osta
Consorzio di bonifica della Sardegna Meridionale	Interferenze con condotte irrigue	Nulla Osta
Consorzio Industriale della Provincia di Cagliari CACIP-CASIC	Interferenza con Acquedotto Industriale CASIC	Nulla Osta
E.N.E.L.	Interferenze con linee elettriche	Nulla Osta
Da accertare	Interferenze con linee telefoniche	Nulla Osta

7.7 L'impatto sulla componente suolo e la gestione dei materiali di scavo

Gli impatti sulla componente suolo sono legati al consumo e alla produzione delle terre e rocce limitatamente alla sola fase di esecuzione degli scavi, in quanto al termine dei lavori il terreno sarà ripristinato come da condizioni preesistenti l'intervento.

Nel presente paragrafo sono riportate delle indicazioni di massima sulle procedure che saranno attuate per la gestione e il riutilizzo delle terre e rocce da scavo nell'ambito del cantiere, ai sensi del D. Lgs. n. 152/2006 (TUA) e secondo quanto disposto dal D.P.R. 120/2017 (*"Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo"*).

Lo Studio prevede lo scavo e l'accantonamento del terreno vegetale agrario superficiale, separatamente dagli strati sottostanti per una altezza pari allo spessore del suolo agrario originario e il ripristino finale dello scavo mediante il riposizionamento dello stesso, dopo il rinterro delle condotte.

In fase di esercizio, l'impatto non reversibile è costituito dalla perdita di suolo agrario in corrispondenza delle opere puntuali ed è quindi molto contenuto viste le modeste dimensioni dei manufatti.

Inoltre, lungo il tracciato delle condotte non è stato previsto l'esproprio ma il solo asservimento delle aree interessate dalla posa delle condotte; pertanto a fine lavori tali aree potranno essere riutilizzate per gli usi agricoli, ad eccezione della piantumazione di alberi ad alto fusto.

La realizzazione delle opere previste nel presente Studio di Fattibilità comporta una produzione di materiale proveniente dagli scavi pari a circa 220.000 m³; tale valore tiene conto dell'incremento volumetrico ed è stato stimato in via preliminare con riferimento all'Alternativa B - DN 1200. Accertata l'idoneità sulla base delle normative vigenti, il materiale di risulta degli scavi potrà essere riutilizzato per circa il 90% nell'ambito del cantiere per la formazione del letto di posa e il rinterro delle condotte e per i rilevati, i sottofondi delle strade, le piste di cantiere, la rimodellazione locale intorno alle opere d'arte ecc.

I tracciati individuati interessano prevalentemente aree a uso agricolo che, per quanto si è potuto appurare dallo studio preliminare delle interferenze, non risultano essere mai state interessate in passato da attività che possano aver generato delle contaminazioni inquinanti. Si ritiene pertanto ammissibile, ai sensi dell'art.185 del D. Lgs. n. 152/2006 (TUA) e

dell'art. 24 del DPR 120/2017, il riutilizzo dei materiali di scavo nell'ambito delle tratte di cantiere in cui sono stati prodotti (riutilizzo in situ).

Nello specifico, l'art 185 del D. Lgs. n. 152/2006 stabilisce l'esclusione dall'ambito di applicazione delle norme in materia di gestione dei rifiuti del *suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato*.

Rimandando alle Linee Guida SNPA 2019 per una approfondita interpretazione delle norme, si precisa che la “*non contaminazione*” è verificata ai sensi dell'Allegato 4 del DPR 120/2017, che definisce le procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali delle terre e rocce da scavo.

In sintesi, la norma prevede la verifica analitica dei suoli mediante campionamento e analisi delle concentrazioni di una serie di sostanze, che saranno confrontate con le relative Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui all'Allegato 5, tabella 1, del D. Lgs. 152/2006, in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti.

Come chiariscono le succitate Linee Guida, per le terre e rocce prodotte nell'ambito della realizzazione di opere o attività non sottoposte a Valutazione di Impatto Ambientale da riutilizzare in sito, *la norma non prevede la trasmissione ad alcuna autorità/ente della verifica della non contaminazione avvenuta ai sensi dell'Allegato 4 (vd. co.1 art. 24)*.

Richiamando ancora l'art. 185 del D. Lgs. n. 152/2006, per “*stato naturale*” si intende che il riutilizzo delle terre e rocce deve avvenire allo stato e nella condizione originaria di pre-scavo come al momento della rimozione.

Inoltre, occorre sottolineare come, nel citato art. 185, per “*stesso sito*” non debba intendersi lo stesso punto geografico di scavo, ma bensì l'intera area *cantierata caratterizzata da contiguità territoriale in cui la gestione operativa dei materiali non interessa la pubblica viabilità* (come definito dalle Linee Guida SNPA 2019 al paragrafo 2.2).

Qualora l'intervento fosse da sottoporre a VIA, le procedure da eseguire sono individuate dai commi 3, 4, 5 e 6 dell'art. 24. del DPR; in particolare, il produttore è tenuto a redigere e presentare un “*Piano preliminare di utilizzo in sito*” con contenuti e caratteristiche ben enunciate nella norma.

In relazione alla tipologia delle opere previste, è opportuno riportare che le Linee Guida chiariscono l'applicabilità del DPR 120/2017 in merito alla gestione dei materiali provenienti da escavazioni di alvei dei corpi idrici, esclusi dal decreto e quindi classificabili come rifiuti,

introducendo invece dei criteri di campionamento per la valutazione dei requisiti di qualità ambientale e il possibile riutilizzo.

Qualora il tracciato definitivo della condotta dovesse interessare terreni oggetto di bonifica, l'utilizzo delle terre e rocce da scavo è disciplinato dall'art. 34 del D.L. 133/2014 (commi 8, 9, 10) che si applica per il riutilizzo in sito delle terre e rocce di scavi finalizzato ad opere lineari di pubblico interesse. In particolare, nel caso in cui l'area oggetto dell'intervento non sia stata ancora caratterizzata, si dovrà provvedere con un idoneo piano di indagini e con la redazione di un piano di caratterizzazione di dettaglio da sottoporre all'Arpa di competenza.

Per quanto esposto nel presente paragrafo e nel rispetto delle norme succitate, si prevede che all'avvio della fase di progettazione sia messa in atto, secondo un programma operativo appositamente predisposto, una campagna di accertamenti per la caratterizzazione del materiale di risulta degli scavi da riutilizzare in sito.

Infine, da una preliminare stima sommaria risulta che circa il 9% dei materiali derivanti dagli scavi non siano tecnicamente idonei al riutilizzo oppure in esubero e, pertanto, saranno conferiti a discarica autorizzata.

8 ACQUISIZIONE DELLE AREE

La realizzazione dell'intervento, che prevede la posa di tubazioni interrato, interesserà prevalentemente terreni agricoli per i quali la permanenza sul fondo della condotta potrebbe comportare al massimo delle limitazioni in termini di utilizzo del terreno da parte del proprietario.

In tali casi il procedimento, regolato dal DPR n. 327/2001 e ss.mm.ii. (*“Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità”*), non avrà ad oggetto il trasferimento di un diritto di proprietà mediante esproprio, bensì l'imposizione di servitù che, come specifica l'art. 44 dello stesso decreto, implica una *“ridotta possibilità di esercizio del diritto di proprietà”*.

Per quanto riguarda le fasce di pertinenza delle condotte, di lunghezza pari a circa 24 km, è previsto quindi l'asservimento di una fascia di larghezza media di 10 metri a cavallo della tubazione, fatta salva l'eventuale espropriazione di limitate superfici per la realizzazione di opere d'arte di linea, da valutare nelle successive fasi di progettazione in ragione della significativa lunghezza del tracciato.

L'ubicazione delle opere di derivazione dall'Acquedotto Mulargia-Cagliari e di collegamento alla condotta Cixerri-Medau Zirimilis è invece prevista su aree demaniali già in carico all'Ente appaltante, per cui non sarà necessario procedere all'espropriazione dei terreni.

Da una preliminare stima sommaria, è possibile ipotizzare che la superficie complessiva da assoggettare ad asservimento sia pari all'incirca a 24 ha.

E' prevista inoltre l'occupazione temporanea, lateralmente alle fasce da asservire, di ulteriori superfici necessarie per la movimentazione di mezzi d'opera, per l'accumulo temporaneo di materiale proveniente dagli scavi e dai movimenti terra, nonché per lo stoccaggio di materiali da costruzione e/o delle tubazioni. Poiché tali attività afferiscono alla sola fase realizzativa delle opere, le aree impegnate saranno ripristinate e restituite ai legittimi proprietari al termine dei lavori.

Tutte le procedure di espropriazione, asservimento e occupazione temporanea dovranno comunque essere svolte nel pieno rispetto delle vigenti normative in materia (D.P.R. n. 327/2001 e ss.mm.ii.).

Relativamente alla disposizione procedimentale da applicare ha rilievo l'art. 44, comma 6 del richiamato decreto, che introduce la possibilità di concordare l'indennità tra gli interessati *“prima o durante la realizzazione dell'opera”*.

Nel quadro economico dell'opera in progetto è stata inserita una prima stima indicativa delle somme necessarie sia per l'espletamento delle procedure di imposizione di servitù sia per il pagamento delle relative indennità. Tale stima sarà effettuata in maniera puntuale ed analitica nella successiva fase progettuale.

A titolo compensativo per il disagio causato dalla realizzazione delle opere e per favorire l'accordo bonario, si ipotizza di corrispondere ai proprietari delle aree da asservire il valore previsto per l'esproprio, invece di quello previsto per l'asservimento (art.40 del D.P.R. 327/2001 e ss.mm.ii.). Nello specifico, l'indennità è stata assunta pari al 50% del valore medio ponderato dei VAM (valori agricoli medi), emanati nell'anno 2007 per la regione agraria n.12 (Campidano di Cagliari), calcolato ipotizzando una suddivisione percentuale sommaria delle superfici interessate dalle diverse colture, e con l'applicazione di una maggiorazione a titolo cautelativo.

9 STIMA DEI COSTI DI INVESTIMENTO E QUADRO ECONOMICO

9.1 Criteri generali per la determinazione dei prezzi parametrici

In questa fase preliminare, i prezzi parametrici allegati allo Studio di Fattibilità sono stati valutati sulla base delle analisi dei principali prezzi unitari utilizzati per la redazione di progetti redatti dall'ENAS negli ultimi anni, sviluppate secondo le rilevazioni dei cantieri per la realizzazione di opere similari.

Nelle suddette analisi, i prezzi elementari della manodopera sono aggiornati secondo le vigenti tariffe derivanti dalle tabelle dei C.C.N.L., mentre i noli, i principali materiali a piè d'opera e semilavorati sono generalmente aggiornati attraverso specifiche indagini di mercato.

Tutti i prezzi parametrici utilizzati sono comprensivi di spese generali (15%) e utili di impresa (10%).

Posa della condotta

Per la tubazione in ghisa sferoidale, che rappresenta la voce più significativa in termini di costo complessivo dell'intera opera, sono state richieste ad alcune ditte produttrici delle quotazioni aggiornate di fornitura.

Tali quotazioni sono state poi utilizzate nell'analisi dei prezzi delle tubazioni posate in opera, considerando i costi per le operazioni necessarie al completamento della posa della condotta (esclusa la formazione dello scavo conteggiato a parte).

Scavi e movimenti terra

Con riferimento alla realizzazione degli scavi a sezione obbligata, per la posa della condotta, sono stati previsti tre diversi prezzi parametrici, in base alla diversa consistenza del terreno: scavo in terreni sciolti; scavo in roccia tenera; scavo in roccia dura da eseguire senza l'uso di mine.

In virtù delle caratteristiche dei terreni attraversati, per la maggior parte di natura alluvionale, è prevista anche la realizzazione di scavi in terreni sciolti con presenza di falda; pertanto i costi parametrici di scavo individuati tengono conto anche degli oneri necessari per l'aggottamento continuo delle acque di falda e l'allontanamento delle acque di scorrimento superficiale.

È stato inoltre formulato un prezzo per la frantumazione e vagliatura del materiale di risulta proveniente dagli scavi realizzati in roccia dura, che in generale si prevede possa essere reimpiegato nell'ambito del cantiere per i rinterri e le sistemazioni. In questo modo sarà ridotta al minimo la quantità di materiale di risulta da trasportare in discarica, per il quale è stato formulato il relativo prezzo di elenco.

Opere d'arte lungo linea

Per le opere d'arte lungo linea quali sfiati, scarichi, attraversamenti corsi d'acqua, attraversamenti ferroviari e attraversamenti stradali, sono stati formulati dei prezzi parametrici per le diverse tipologie di opere, differenziate per dimensione (diametro) della condotta e comprendenti tutte le lavorazioni necessarie alla realizzazione della singola tipologia di opera.

Opere d'arte puntuali principali

Per le opere d'arte puntuali, quali camere di sezionamento per la derivazione e il collegamento con le infrastrutture del sistema acquedottistico esistenti, sono stati stimati dei prezzi parametrici sulla base del computo sommario di tutte le principali operazioni e lavorazioni necessarie per la loro realizzazione.

Espletamento procedure espropriative e indennità

Per l'espletamento delle procedure espropriative costituite da pratiche di occupazione d'urgenza, procedure di esproprio/asservimento, eventuali frazionamenti e rideterminazione delle indennità è stato formulato un prezzo unitario parametrico riferito al singolo mappale interessato dai lavori sulla base dei costi sostenuti dall'ENAS per le stesse operazioni in progetti simili.

9.2 Stima dei costi e quadro economico

Nell'Allegato A.4 del presente Studio di Fattibilità Tecnica-Economica è consegnato il quadro economico dell'intervento predisposto ai sensi dell'art.16 del D.P.R. 207/2010, come di seguito argomentato.

9.2.1 La stima dei lavori a base d'asta

La stima economica dei lavori per l'intervento in progetto è stata ottenuta applicando ciascun prezzo parametrico alla quantità/valore prevista per la relativa lavorazione od opera.

In particolare, la tubazione è stata computata applicando alla lunghezza media di 24,45 km, desunta dai profili delle alternative di tracciato, il relativo prezzo parametrico in funzione del materiale (ghisa sferoidale) e del diametro (DN 1200) ipotizzati in questa fase preliminare.

I volumi di scavo sono stati stimati determinando la sezione media di scavo sulla base del diametro della condotta e dell'inclinazione delle pareti di scavo, variabile in rapporto alle caratteristiche del terreno interessato. A tale scopo, sono state ipotizzate le percentuali medie di presenza di roccia dura (10%), roccia tenera (25%) o materiale sciolto (65%) sulla base dell'inquadramento preliminare dei tracciati nella carta litologica regionale.

Il numero di scarichi e sfiati della condotta è stato determinato in base all'andamento altimetrico desunto dal profilo schematico della condotta.

In particolare, gli sfiati sono stati previsti nei punti convessi (alti) in modo da espellere l'aria e, mediamente, ogni circa 700 m lineari di tubazione.

Gli scarichi sono posizionati, generalmente, in prossimità dei flessi concavi della condotta e/o nelle posizioni strategiche lungo linea (sezionamenti).

Il numero degli attraversamenti fluviali (corsi d'acqua principali e secondari), stradali (strade principali e secondarie) e ferroviari delle condotte è stato desunto dalla cartografia utilizzata (IGM 1:25.000; CTR 1:10.000; ortofoto RAS ed. 2006-2013).

Completano la stima dei lavori il computo delle opere d'arte puntuali da individuare nel dettaglio in fase di progettazione.

Per quanto riguarda le spese per l'espletamento delle procedure espropriative e/o di asservimento, l'esame della cartografia catastale effettuata con l'ausilio della strumentazione GIS ha consentito di stimare una incidenza media pari a circa 30 mappali per km di condotta.

Alla stima dei lavori a base di appalto sono stati sommati:

- gli oneri di capitolato, comprendenti tutti gli oneri generali e particolari a carico dell'appaltatore;
- gli oneri della sicurezza non soggetti a ribasso, stimati pari al 3% circa dell'importo dei lavori.

In conclusione, l'importo complessivo dei lavori a base d'asta stimato ipotizzando la realizzazione di una condotta DN 1200 (Alternativa B) in ghisa sferoidale è pari a Euro 23.800.000,00.

E' stata eseguita anche la stima dei costi per le Alternative A - DN 1000 e C - DN 1400 (non consegnata nel presente Studio), il cui importo dei lavori a base di gara è risultato rispettivamente pari a Euro 18.800.000,00 e 34.200.000,00.

Dal confronto dei costi, l'Alternativa B (DN 1200), che dalle risultanze dei calcoli idraulici preliminari appare la soluzione più vantaggiosa in relazione all'obiettivo di ottimizzare il trasferimento della risorsa idrica verso il Sulcis, determina un incremento di costo di circa il 27% rispetto all'Alternativa A (DN 1000), a fronte però di una maggiore potenzialità di trasferimento (v. Paragrafo 5.1.3). Mentre, per l'Alternativa C (DN 1400) è stato valutato un incremento dell'importo dei lavori a base d'asta pari al 44% rispetto a quello previsto per la realizzazione della condotta di diametro DN 1200, a fronte di un incremento di portata trasferibile solo pari al 13% che non giustifica, pertanto, la posa di una tubazione di diametro maggiore.

9.2.2 Le somme a disposizione dell'amministrazione

Oltre alla stima dei lavori a base d'asta, è stata effettuata una stima delle somme a disposizione dell'amministrazione da inserire nel quadro economico, relativamente alle voci di seguito descritte.

Indennità per espropri, asservimenti, occupazioni, imposte e notifiche

Le somme necessarie per l'acquisizione delle aree sono state valutate in via indicativa, secondo i seguenti criteri:

- A titolo compensativo per il disagio causato dalla realizzazione delle opere, e per favorire l'accordo bonario, le indennità di asservimento da corrispondere ai proprietari dei terreni agricoli interessati sono state stimate secondo il criterio del valore agricolo, procedura prescritta per l'esproprio dal D.P.R. 327/2001 e ss.mm.ii. (art.40). Nello specifico, l'indennità è stata assunta pari al 50% del valore medio

ponderato dei VAM (valori agricoli medi), emanati nell'anno 2007 per la regione agraria n.12 (Campidano di Cagliari), calcolato ipotizzando una suddivisione percentuale sommaria delle superfici interessate dalle diverse colture, e con l'applicazione di una maggiorazione a titolo cautelativo.

- Le indennità di occupazione temporanea sono state ottenute considerando un valore pari a 1/12 dell'indennità di asservimento come sopra determinata (art.50 del D.P.R. 327/2001), moltiplicato per una durata presunta di occupazione pari a 2 anni.
- E' stato considerato un importo medio a mappale per le imposte ipotecarie, imposte catastali (solo in caso di esproprio), spese di notifica e imposte di registro.

Da quanto detto sopra è stato ricavato un costo medio parametrico per l'acquisizione delle aree necessarie all'esecuzione delle opere, applicato a una media di circa 30 mappali per km di condotta.

Oneri per allacciamenti e concessioni

Gli oneri per allacciamenti e concessioni, previsti principalmente per la trasmissione dei dati al sistema di telecontrollo, sono stati quantificati in via orientativa sulla base dei costi riscontrati in lavori similari eseguiti dall'ENAS.

Oneri per sorveglianza archeologica ed eventuali cantieri

Gli oneri per la sorveglianza archeologica sono stati stimati sulla base dei costi riscontrati in lavori similari eseguiti dall'ENAS, sia per la sorveglianza dei lavori da parte di archeologo appositamente incaricato, sia per lo svolgimento di alcuni cantieri archeologici di varie tipologie.

Oneri per studi specialistici, rilievi e indagini

Sono stati stimati sulla base dei costi riscontrati in lavori similari eseguiti dall'ENAS anche gli oneri per rilievi, accertamenti, indagini e per la redazione degli studi specialistici necessari ad ottenere le autorizzazioni e nulla osta propedeutici all'appalto.

Fondo per accordi bonari

A titolo di fondo per eventuali transazioni ed accordi bonari è stato previsto un importo pari all'1% circa dei lavori a base d'asta.

Imprevisti

Per gli imprevisti è stato previsto un importo pari al 3% circa dei lavori a base d'asta.

Spese per pubblicazioni

Le spese per la pubblicazione dei bandi per l'appalto dei servizi, dell'eventuale VIA ecc sono state stimate sulla base dei costi riscontrati in lavori similari eseguiti dall'ENAS.

Spese generali

La voce di spese generali si intende comprensiva di:

- Spese tecniche relative alla progettazione, alle necessarie attività preliminari, al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alle conferenze di servizi, alla direzione lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, all'assistenza giornaliera e contabilità, incentivo per progettazione ed innovazione art. 113 c. 2 del D. Lgs. 50/2016;
- Spese per attività tecnico-amministrative connesse alla progettazione, di supporto al RUP, di verifica e validazione dei progetti;
- Spese per eventuali commissioni giudicatrici;
- Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal capitolato speciale d'appalto, collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici.

Le spese generali sono state previste pari al 12% circa dei lavori a base di appalto.

Iva

È stata considerata l'IVA al 22% sulla somma dei lavori a base d'asta, degli oneri per allacciamenti e concessioni, per la sorveglianza archeologica ed eventuali cantieri, per studi specialistici, rilievi e indagini e delle spese per pubblicazioni e generali.

10 TEMPI PREVISTI PER LA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DEI LAVORI

Nell'Allegato A.5 del presente Studio di Fattibilità è consegnato il cronoprogramma delle principali attività dove sono sintetizzati i tempi per l'attuazione di ciascuna delle fasi descritte, con riferimento alle seguenti ipotesi procedurali previste nel rispetto del D. Lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii - TUA (v. paragrafo 7.1):

- **Cronoprogramma A - Ipotesi con procedura di verifica di assoggettabilità a VIA (art. 19 e Allegato II-bis - Parte seconda del TUA).** Tale ipotesi procedurale sarà da considerare qualora il tracciato definitivo della condotta, individuato in fase di progettazione, dovesse confermare una delle alternative proposte nel presente Studio e nel caso in cui l'intervento non fosse da assoggettare a VIA a seguito di verifica;
- **Cronoprogramma B - Ipotesi con procedura di VIA diretta ai sensi dell'articolo 3 - Allegato A della D.G.R. n. 34/33 del 2012.** Tale ipotesi sarà da prendere in considerazione nel caso in cui il tracciato definitivo della condotta dovesse ricadere anche parzialmente in aree naturali protette o nei siti Natura 2000;
- **Cronoprogramma C - Ipotesi con procedura di VIA a seguito di verifica di assoggettabilità (Titolo III di cui alla Parte seconda del TUA).** Tale ipotesi procedurale è prevedibile qualora la procedura di verifica di assoggettabilità si dovesse concludere con l'obbligo di assoggettare a VIA l'intervento.

La durata complessiva stimata per la progettazione e la realizzazione dell'intervento, ottenimento delle autorizzazioni, appalto, esecuzione dei lavori e collaudo è pari a:

- 76 mesi con chiusura a Settembre 2026 nell'ipotesi procedurale A;
- 79 mesi con chiusura a Dicembre 2026 nell'ipotesi procedurale B;
- 85 mesi con chiusura a Giugno 2027 nell'ipotesi procedurale C.