

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



Ing. Ezio Corrado

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROGETTISTI
VIA Ingegneria srl (Mandataria)
ATP Ambiente Trasporti Progettazione srl (Mandante)
Pini Swiss (Mandante)
Studio di Ingegneria Ing. Valerio Felli (Mandante)
Prometeo Engineering srl (Mandante)
SINAR srl (Mandante)
Ing. Ezio Corrado (Mandante)

SOGGETTO TECNICO : RFI - DIREZIONE OPERATIVA INFRASTRUTTURE TERRITORIALE
CAGLIARI - S.O. INGEGNERIA

PROGETTO DEFINITIVO

Manutenzione straordinaria del ponte al km 4+676 della linea Cagliari - Golfo Aranci

Studi specialistici
Relazione storico archeologica

SCALA: -
FOGLIO: 1 di 1

PROGETTO/ANNO	SOTTOPR.	LIVELLO	NOME DOC.	PROGR.OP.	FASE FUNZ.	NUMERAZ.
316521	003	PD	TG00	00	00	E024

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Prima emissione	A. Clavica	09/08/2024	S.Verni	09/08/2024	V.Bruno	09/08/2024		

LINEA

SEDE TECNICA

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO	3
3	INQUADRAMENTO URBANISTICO E VINCOLI.....	4
3.1	Inquadramento urbanistico	4
3.1.1	Procedure autorizzative urbanistiche – PUC di Cagliari.....	5
3.1.2	Procedure autorizzative urbanistiche – PUC di Elmas	7
3.2	Piano Paesaggistico Regionale	8
3.2.1	Procedure autorizzative - PPR	10
3.2.2	Procedure autorizzative - Codice dei beni culturali e del paesaggio (D.Lgs 42/2004)	12
3.3	Inquadramento ambientale	12
3.3.1	Rete Natura 2000 e Important Bird and Biodiversity Areas (IBA)	12
3.3.2	Procedure autorizzative - Testo Unico sull’Ambiente (D.Lgs 152/2006)	13
3.4	Piano di assetto idrogeologico	14
4	ANALISI STORICO CRITICA DELL’OPERA E DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	16
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE.....	23
5.1	Geologia della Sardegna	23
5.2	Tettonica.....	25
5.3	Geologia di dettaglio	25
5.4	Assetto idrogeologico	27
6	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	29
6.1	Fasi di lavorazione	29
7	FASI E DURATA LAVORI	30
7.1	Sostituzione impalcato e consolidamento spalle	30
8	INQUADRAMENTO STORICO-ARCHEOLOGICO DEL TERRITORIO DI CAGLIARI	32
8.1	La preistoria e l’età dei metalli.	32
8.2	Cagliari preromana.....	32
8.3	Il periodo punico.....	33
8.4	Il periodo romano.....	34
8.5	L’età tardoantica ed il medioevo.....	35

9	I SITI NELL'AREA DI STUDIO	37
10	CONCLUSIONI.....	39
11	BIBLIOGRAFIA GENERALE	40

1 PREMESSA

La presente relazione storico-archeologica ha per oggetto “Manutenzione straordinaria del ponte al km 4+676 della linea Cagliari-Golfo Aranci”.

La soluzione progettuale da realizzare consisterà nella **demolizione dell’impalcato esistente in c.a., demolizione dei due setti centrali e realizzazione di un nuovo impalcato del tipo a cassone metallico porta-ballast. Rinforzo delle spalle esistenti con una struttura in calcestruzzo armato posta a tergo delle stesse.**

2 INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

L’area interessata dalle opere in progetto è localizzata all’interno del territorio comunale di Cagliari in provincia di Cagliari (Figura 1). Per quanto riguarda la cartografia ufficiale dell’Istituto Geografico Militare Italiano (IGM) l’area ricade nella tavoletta alla scala 1:25.000, N° 557 SEZ. III “Cagliari” (Figura 2).

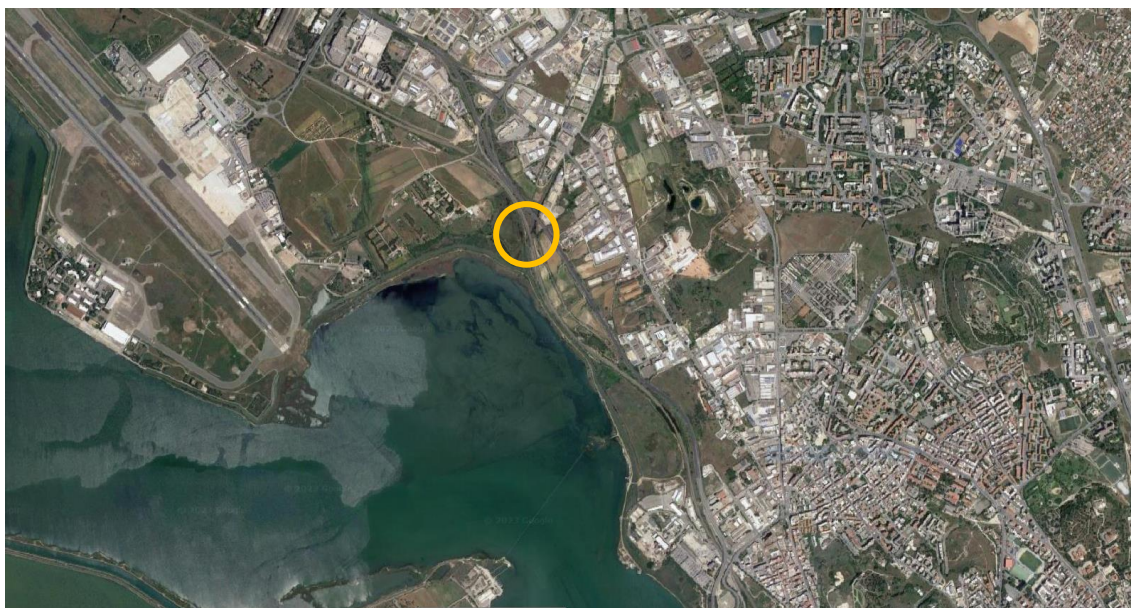


Figura 1 – Individuazione dell’area di intervento



Figura 2 – Stralcio IGM con indicazione dell'area di intervento.

3 INQUADRAMENTO URBANISTICO E VINCOLI

3.1 Inquadramento urbanistico

L'area di intervento è adiacente alla delimitazione territoriale tra il Comune di Cagliari e il comune di Elmas, in considerazione della sua ubicazione è stato effettuato uno screening degli strumenti urbanistici dei due comuni per verificarne la compatibilità

Nelle seguenti figure viene riportata la posizione dell'area oggetto di intervento rispetto ai confini comunali (Figura 3) e lo stato di adeguamento degli strumenti urbanistici dei due comuni al PPR (Figura 4).

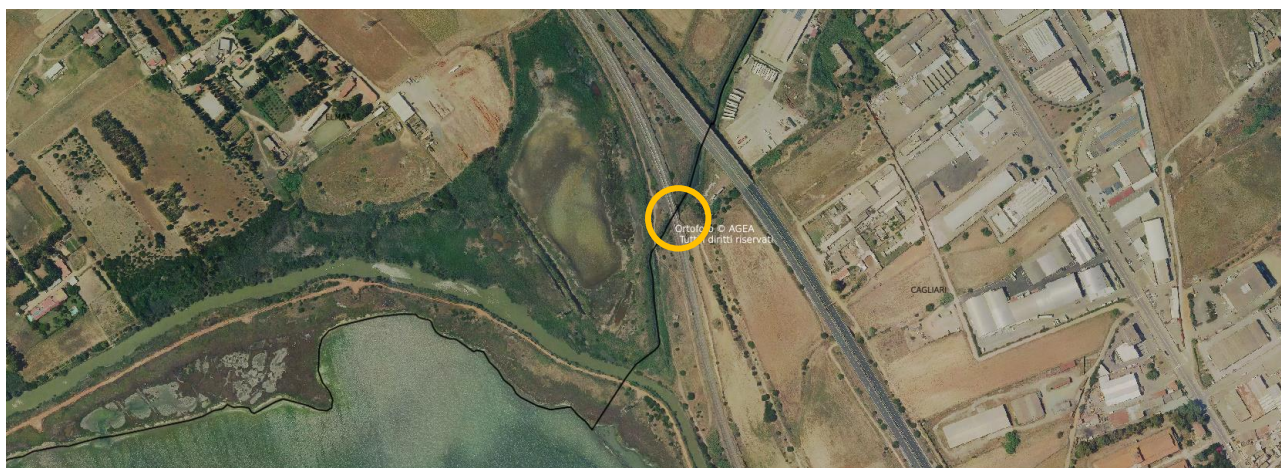


Figura 3 – Individuazione dell'area di intervento rispetto alla delimitazione territoriale comunale

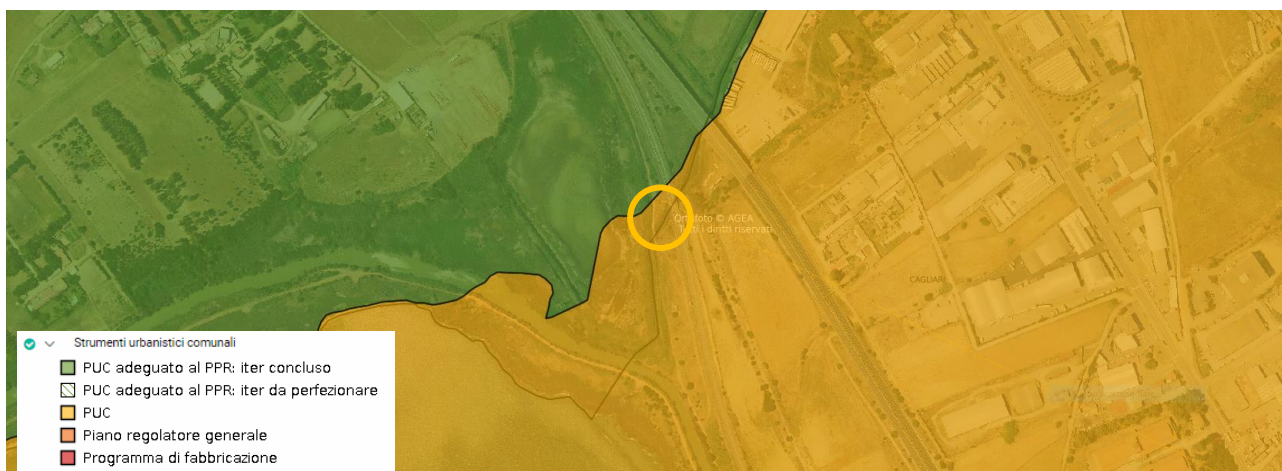


Figura 4 – Stato di adeguamento degli strumenti urbanistici al PPR

3.1.1 Procedure autorizzative urbanistiche – PUC di Cagliari

L'area di intervento ricade all'interno delle aree di salvaguardia e con previsione di riconversione per uso economicamente produttivo del territorio "H" sottozona "HG" del PUC di Cagliari, che, in accordo con le Norme tecniche di attuazione, si definiscono come (Art. 30) *"parti del territorio non classificabili secondo i criteri in precedenza stabiliti e che rivestono un particolare pregio ambientale, naturalistico"*. Le zone H di salvaguardia sono destinate alla funzione prioritaria di tutela del territorio.

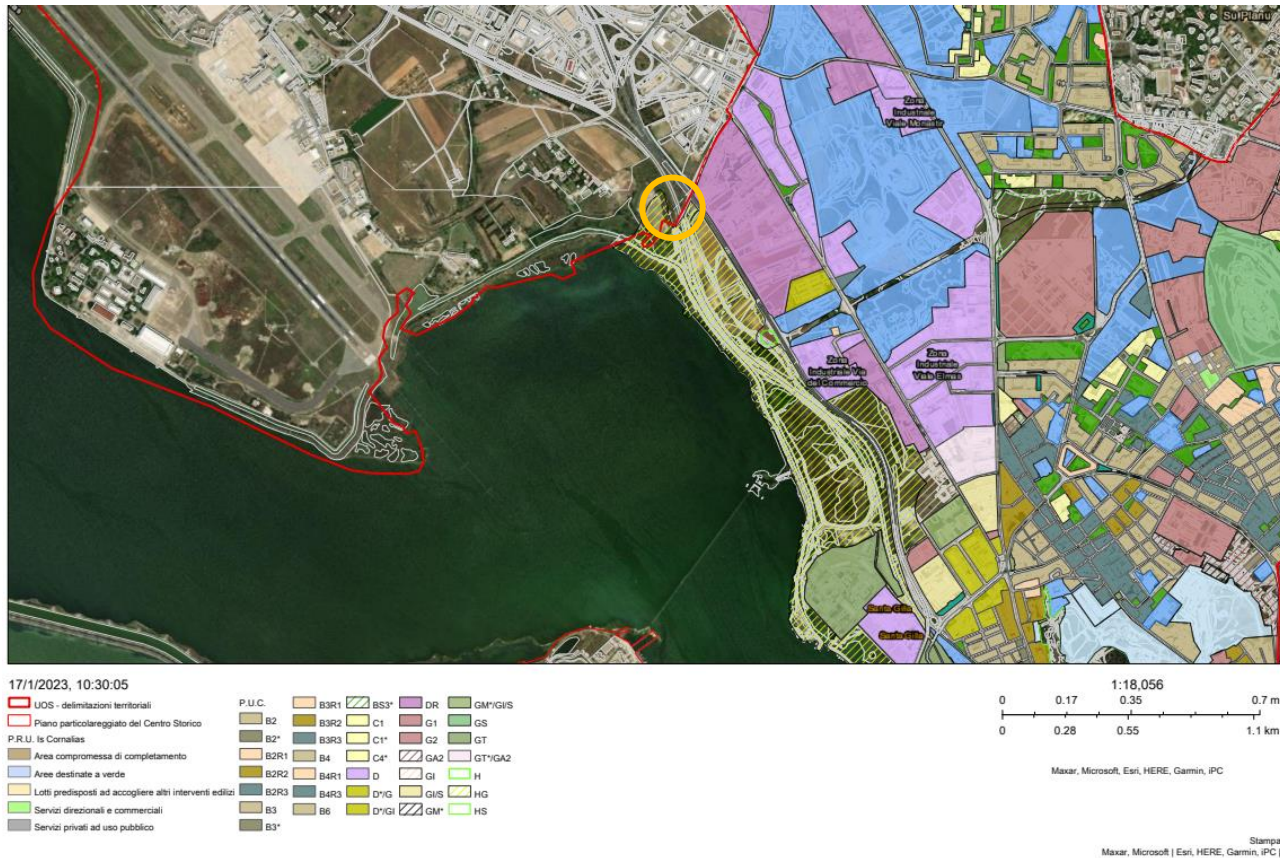


Figura 5 – Stralcio PUC Comune di Cagliari (fonte: <https://geoportale.comune.cagliari.it/apps/7b8ad5d8e5074d82ae49c41f25cf69cd/explore>)

Entro le zone di salvaguardia deve essere garantita la conservazione dei singoli caratteri naturalistici, storici, morfologici e dei rispettivi insiemi, non sono ammesse alterazioni sostanziali dello stato attuale dei luoghi e sono consentiti, previa autorizzazione di cui all'art. 7 della L. 1497/39 i soli interventi volti alla conservazione, difesa, ripristino, restauro e fruizione della risorsa, ed in particolare (Art.30):

- *attività scientifiche, comprendenti l'insieme delle attività finalizzate allo studio, controllo e conservazione delle risorse ambientali e storico-culturali;*
- *fruizione naturalistica, comprendente l'insieme di attività di fruizione dell'ambiente a fini didattici e turistico-ricreativi, con eventuale realizzazione di infrastrutture leggere (quali sentieri natura, percorsi escursionistici, segnaletica...) o strutture leggere di supporto (capanni di osservazione e per la somministrazione di bevande e alimenti, ecc.), aree belvedere e postazioni naturalistiche;*
- *fruizione culturale, comprendente l'insieme delle attività legate all'uso dei monumenti, zone archeologiche e beni culturali in genere, con eventuale realizzazione di infrastrutture e strutture leggere finalizzate alla conservazione del bene;*
- *opere di difesa e ripristino ambientale in presenza di alterazioni o manomissioni di origine antropica;*
- ***recupero di strutture esistenti con le tipologie originarie;***
- *apertura e sistemazione delle piste o attrezzature per la mobilità, quali impianti di collegamento verticale finalizzati alla valorizzazione e gestione del bene;*
- *installazione di tralicci, antenne e strutture simili per la salvaguardia e la valorizzazione delle risorse ambientali;*
- *interventi volti alla difesa del suolo sotto l'aspetto idrogeologico;*
- *interventi connessi alla realizzazione di opere pubbliche o di preminente interesse pubblico;*
- *usi ricreativi-culturali quali opere di accesso a mare, di supporto alla balneazione ed alla nautica, attività sportive connesse, attrezzature igieniche e di soccorso, parchi d'acqua a ridotto impatto ambientale.*

È prescritto lo studio di fattibilità ambientale per i nuovi interventi.

Nella SOTTOZONA HG – Aree di salvaguardia con previsione di riconversione per un uso economicamente produttivo del territorio sono ammesse opere finalizzate alla valorizzazione e alla fruizione turistica e/o culturale del territorio, inteso come risorsa economica, proteggendone le riconosciute peculiarità naturalistiche. Pertanto, in tali sottozone sono consentiti gli usi e le funzioni tipiche della Sottozona GH, nei limiti imposti dalle esigenze di salvaguardia e di conservazione dell'habitat naturale. Per conseguire obiettivi di rilevante interesse per lo sfruttamento economico del territorio, in grado di incrementare quantità e qualità dei livelli occupazionali, sono consentiti, mediante la predisposizione di Programmi Integrati estesi all'intero ambito territoriale, interventi di iniziativa pubblica o privata, che ammettano la variazione dei Parametri Urbanistici che seguono, da approvarsi in variante al Piano.

PARAMETRI URBANISTICI E MODALITA' DI ATTUAZIONE

Per le nuove costruzioni, ampliamenti e ricostruzioni devono osservarsi le seguenti prescrizioni, fatte salve quelle diverse riportate nei Quadri Normativi, ovvero in Programmi Integrati approvati dall'Amministrazione Comunale:

- *indice di edificabilità territoriale generalizzato 0,001 mc/mq;*

- *indice di edificabilità territoriale in regime di deroga per attrezzature pubbliche 0,01 mc/mq;*
- *distacchi: gli edifici devono distare almeno ml. 15 da tutti i confini;*
- *Sugli edifici esistenti sono consentiti gli interventi di cui ai punti a), b), c), h), di cui all'art. 13. che si riportano di seguito:*
 - a) manutenzione ordinaria (Art. 3 R.E.);*
 - b) manutenzione straordinaria (Art. 4 R.E.);*
 - c) restauro e risanamento conservativo (Art. 5 R.E.);*

È prescritto lo studio di compatibilità ambientale per i nuovi interventi.

3.1.2 Procedure autorizzative urbanistiche – PUC di Elmas

Le aree che saranno interessate dagli interventi e che fanno parte del territorio comunale di Elmas, ricadono all'interno dell'area R6 del PUC di Elmas denominata "*fascia di rispetto ferroviario*". Fuori dal perimetro di agglomerazione lungo la strada ferrata si applicano le norme specifiche di tutela fissate dalle leggi e regolamenti vigenti. **Sono ammessi in generale interventi, anche edilizi, al servizio dell'infrastruttura.** La fascia di rispetto della linea ferroviaria, misurata a partire dal binario più esterno, è di 30 m. Interventi nell'ambito di tale fascia sono subordinati al preventivo benessere dell'Amministrazione delle F.S.

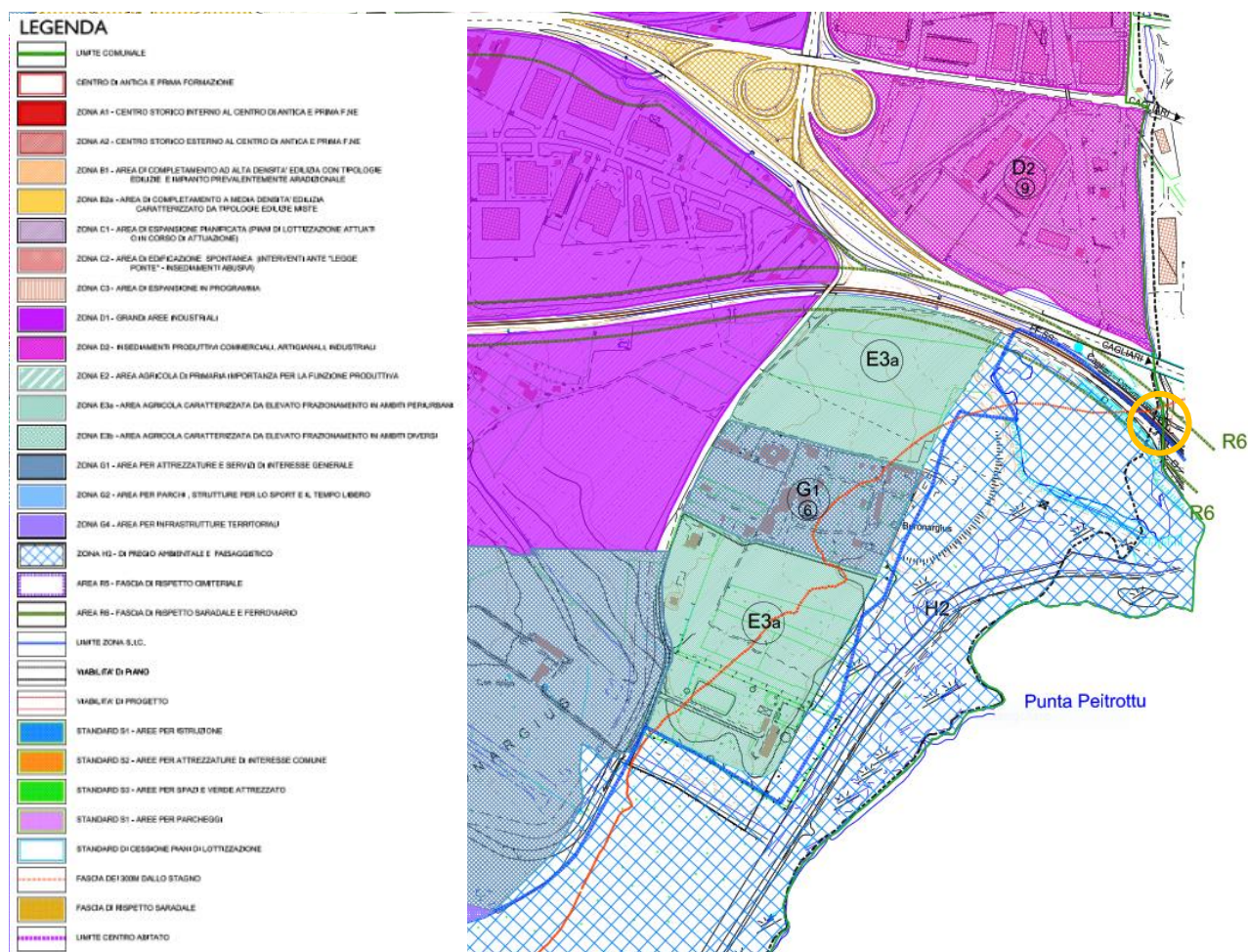


Figura 6 – Stralcio elaborato 28 del PUC Comune di Elmas (fonte:

<https://www.comune.elmas.ca.it/elmas/zf/index.php/servizi-aggiuntivi/index/index/idtesto/7>)

3.2 Piano Paesaggistico Regionale

Il Piano Paesaggistico Regionale è uno strumento di governo del territorio che persegue il fine di preservare, tutelare, valorizzare e tramandare alle generazioni future l'identità ambientale, storica, culturale e insediativa del territorio sardo, proteggere e tutelare il paesaggio culturale e naturale con la relativa biodiversità, e assicurare la salvaguardia del territorio e promuoverne forme di sviluppo sostenibile al fine di migliorarne le qualità.

L'area di intervento rientra in

1. Componenti di valenza ambientale
 - Colture erbacee specializzate
 - Macchie, duna e aree umide
2. Aree tutelate
 - Siti di interesse comunitario
 - Oasi permanente a protezione faunistica
3. Beni paesaggistici tutelati

- Zone umide costiere
- Fascia costiera

Di seguito sono riportati gli stralci del PPR per quanto riguarda i componenti di paesaggio con valenza ambientale, aree di interesse naturalistico tutelate e beni paesaggistici tutelati.

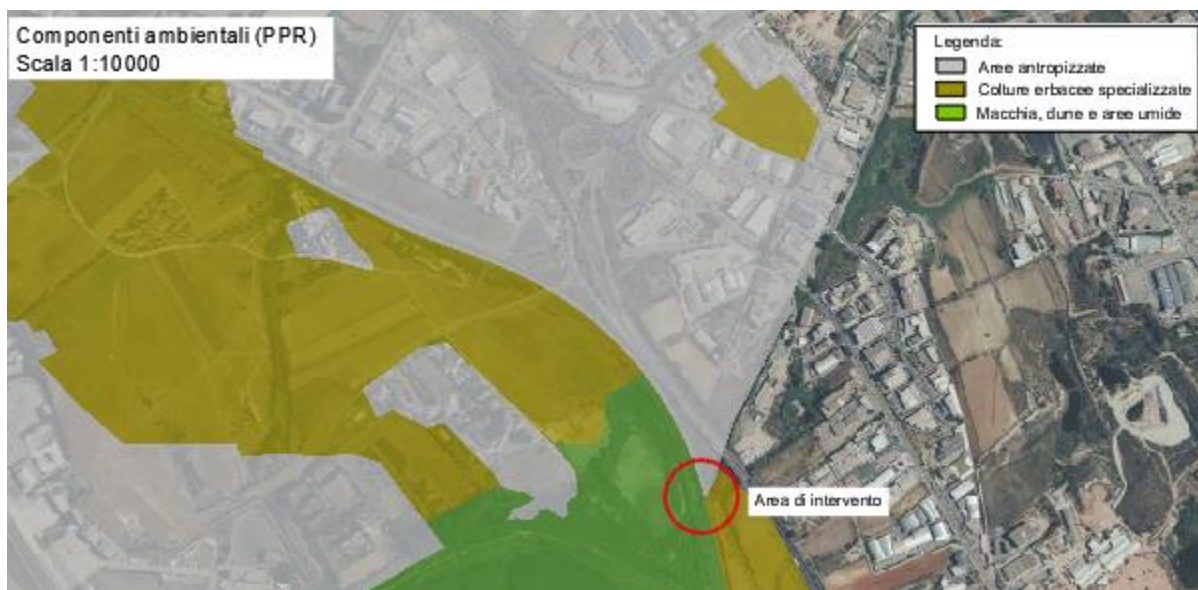


Figura 7 – Componenti di valenza ambientale (fonte:
<https://www.sardegnaeoportale.it/webgis2/sardegnaSIT/pc/index.jsp?mapName=PPR2006>)

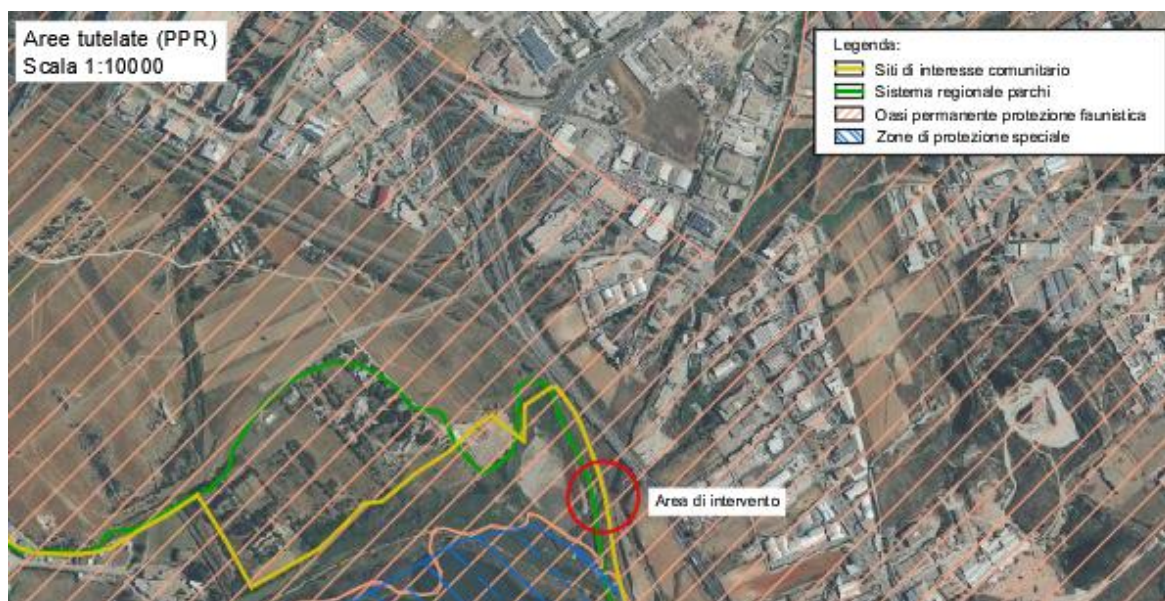


Figura 8 – Aree tutelate (fonte:
https://www.sardegnaeoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=aree_tutelate)

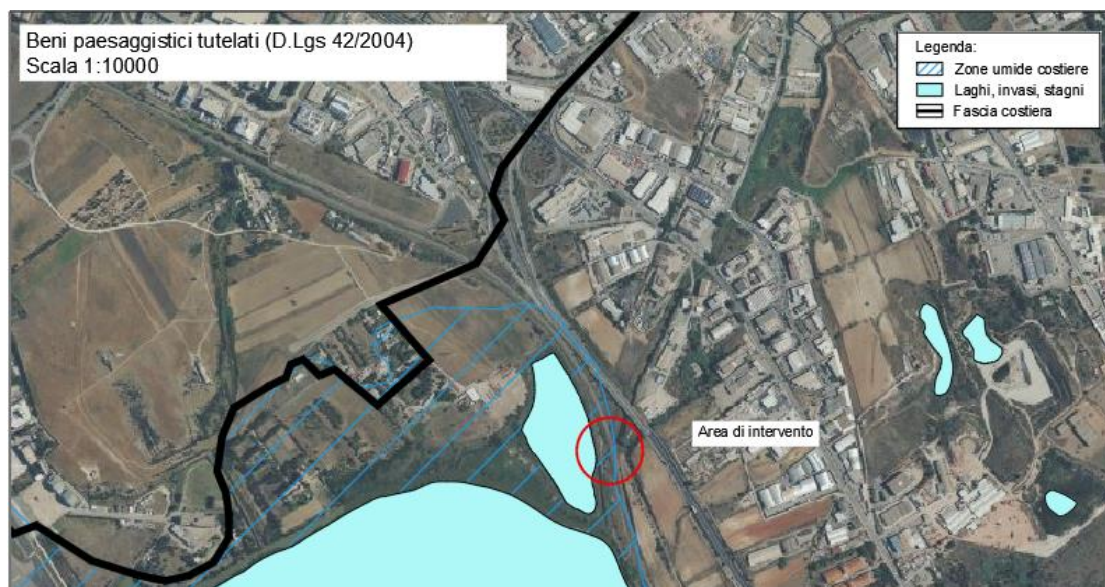


Figura 9 – Aree tutelate (fonte:

https://www.sardegnaeoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=aree_tutelate)

I beni paesaggistici tutelati sono regolamentati dal D. Lgs. 42/2004 “Codice dei beni culturali e del paesaggio”

3.2.1 Procedure autorizzative - PPR

L'Art.12 indica gli interventi ammessi negli ambiti di paesaggio, in particolare:

1. *Negli ambiti di paesaggio, in qualunque articolazione del territorio disciplinata dal PPR, sono ammessi:*

- a) interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria, di consolidamento statico, di restauro e di risanamento conservativo, di ristrutturazione edilizia senza aumento di volume;**
- b) volumi tecnici di modesta entità, per un massimo del 15 per cento dell'esistente, strettamente necessari e funzionali alla gestione tecnico operativa delle strutture esistenti e tali da non incidere negativamente sullo stato dei luoghi e sulla qualità paesaggistica del contesto;*
- c) interventi di riqualificazione degli insediamenti esistenti sotto il profilo urbanistico, architettonico ed edilizio e paesaggistico-ambientale senza aumento di volume, ad eccezione di quello strettamente necessario per servizi e comunque nel limite massimo del 15 per cento dell'esistente;*
- d) interventi pubblici e di interesse pubblico finanziati dall'Unione europea, dallo Stato, dalla Regione, dalle province, dai comuni o dagli enti strumentali statali o regionali;**

e) gli interventi previsti dal capo I della L.R. n. 4/2009 e successive modifiche e integrazioni, nel rispetto dei limiti di validità temporale della legge;

f) gli interventi di cui alle lettere b), c), d) e), f), g), h), l), m), n) e p) dell'articolo 13 della Legge Regionale 11 ottobre 1985, n. 23 (Norme in materia di controllo dell'attività urbanistico-edilizia, di risanamento urbanistico e di sanatoria di insediamenti ed opere abusive, di snellimento ed accelerazione delle procedure espropriative), integrato dall'art. 1 della Legge Regionale 16 maggio 2003, n. 5 (Modifica e integrazione della Legge Regionale 11 ottobre 1985, n. 23, concernente: "Norme in materia di controllo dell'attività urbanistico-edilizia, di risanamento urbanistico e di sanatoria e di insediamenti ed opere abusive, di snellimento ed accelerazione delle procedure espropriative" - Denuncia di inizio attività);

g) gli interventi inerenti all'esercizio dell'attività agro-silvo pastorale che non comportino alterazione permanente dello stato dei luoghi con costruzioni edilizie ed altre opere civili, e sempre che si tratti di attività ed opere che non alterino l'assetto idrogeologico del territorio;

h) le opere di forestazione, di taglio e riconversione colturale e di bonifica, antincendio e conservazione da eseguirsi nei boschi e nelle foreste, purché previsti e autorizzati dall'autorità competente, secondo la disciplina della pianificazione di settore e le previsioni del Piano regionale di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi;

i) le opere di risanamento e consolidamento degli abitati e delle aree interessate da fenomeni franosi, nonché opere di sistemazione idrogeologica e di bonifica dei siti inquinati.

2. All'interno delle aree individuate come beni paesaggistici, gli interventi di cui al comma 1, sono soggetti al rilascio dell'autorizzazione paesaggistica, salvo quanto previsto dall'articolo 149 del Codice. Fatte salve le previsioni di cui alla parte II del Codice, le opere e gli interventi ricadenti all'interno delle aree cimiteriali esistenti alla data di adozione del presente PPR sono paesaggisticamente irrilevanti e per tali interventi non è richiesta l'autorizzazione di cui all'articolo 146 del Codice.

3. Gli interventi di cui al comma 1 sono soggetti alle ulteriori e specifiche previsioni del PPR

Art.15 Aree tutelate per legge. Beni paesaggistici tutelati dal PPR. Prescrizioni generali.

1. Nelle aree tutelate per legge e nei beni paesaggistici tutelati dal PPR, con valore di prescrizione:

*a) nelle aree naturali, subnaturali e seminaturali **non possono essere realizzati nuovi interventi edilizi, opere di modificazione del suolo ed altri interventi qualora pregiudichino irreversibilmente la fruibilità paesaggistica;***

Art. 67 Aree delle Infrastrutture

3. La pianificazione settoriale e locale riconosce e disciplina il sistema viario e ferroviario, dal punto di vista paesaggistico, conformandosi alla seguente direttiva: nelle strade statali e provinciali e negli impianti ferroviari, principali direttrici di traffico che costituiscono supporto per la fruizione del territorio e del paesaggio, **prevedere che i progetti delle opere assicurino elevati livelli di qualità architettonica.** L'inserimento nel paesaggio di dette

infrastrutture deve essere valutato tra soluzioni alternative di tracciati possibili. Si deve tenere conto dell'impatto visivo, da valutarsi attraverso prefissati con visivi determinati sia dal percorso dell'infrastruttura, che dai punti del territorio di potenziale impatto paesaggistico, che implichi una significativa intrusione sul panorama da parte della infrastruttura stessa. Si deve valutare anche una soluzione progettuale che preveda la separazione delle carreggiate per adattarsi nel modo migliore alle condizioni del contesto.

3.2.2 Procedure autorizzative - Codice dei beni culturali e del paesaggio (D.Lgs 42/2004)

L'Art149 del Codice dei beni culturali e del paesaggio definisce gli *Interventi non soggetti ad autorizzazione*

1. Fatta salva l'applicazione dell'articolo 143, comma 4, lettera b) e dell'articolo 156, comma 4, non è comunque richiesta l'autorizzazione prescritta dall'articolo 146, dall'articolo 147 e dall'articolo 159:

a) per gli interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria, di consolidamento statico e di restauro conservativo che non alterino lo stato dei luoghi e l'aspetto esteriore degli edifici;

b) per gli interventi inerenti l'esercizio dell'attività agro-silvo-pastorale che non comportino alterazione permanente dello stato dei luoghi con costruzioni edilizie ed altre opere civili, e sempre che si tratti di attività ed opere che non alterino l'assetto idrogeologico del territorio;

c) per il taglio colturale, la forestazione, la riforestazione, le opere di bonifica, antincendio e di conservazione da eseguirsi nei boschi e nelle foreste indicati dall'articolo 142, comma 1, lettera g), purché previsti ed autorizzati in base alla normativa in materia.

3.3 Inquadramento ambientale

3.3.1 Rete Natura 2000 e Important Bird and Biodiversity Areas (IBA)

Rete Natura 2000 è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità. Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario.

La rete Natura 2000 è costituita dai Siti di Interesse Comunitario (SIC), identificati dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat, che vengono successivamente designati quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC), e comprende anche le Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 2009/147/CE "Uccelli" concernente la conservazione degli uccelli selvatici.

Dalla **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.** si evince che l'area di intervento ricade all'interno una area IBA (*Important Birds Areas*) ed è adiacente ad aree ZSC (zone speciali di conservazione).

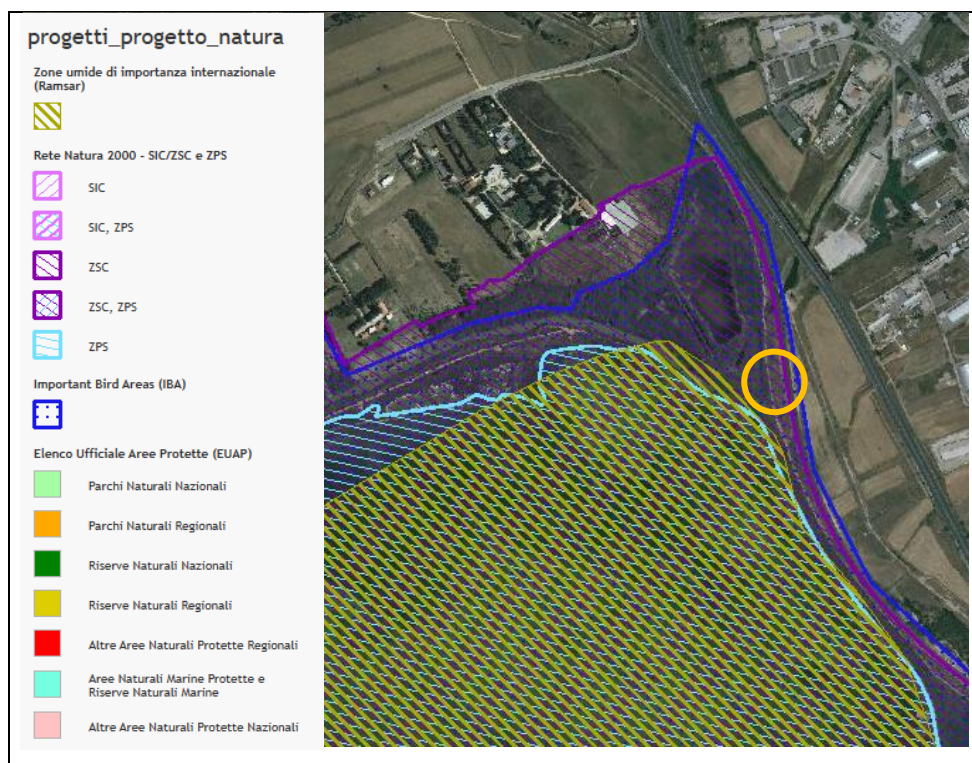


Figura 10 – Perimetrazione rete “Natura 2000” [fonte <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>]

L'obiettivo principale delle Important Bird and Biodiversity Areas (IBA) è la realizzazione di una rete mondiale di habitat protetti, che permetta di assicurare la conservazione a lungo termine delle specie d'uccelli minacciate. Questi siti contengono una diversità biologica elevata. Questo progetto di protezione si fonda sulla Direttiva dell'Unione europea (UE) sulla conservazione degli uccelli. I criteri di selezione delle IBA sono stati definiti da BirdLife International. I siti scelti devono rispondere ad almeno uno dei criteri seguenti:

- ospitare degli effettivi importanti di una o più specie di uccelli minacciate a livello mondiale
- ospitare delle specie con un areale di ripartizione limitato o legate a un solo habitat
- ospitare dei numeri eccezionali di uccelli migratori o gregari

L'articolo 1, paragrafo I, della direttiva Habitat definisce una Zona speciale di conservazione (ZSC) quale *"sito di importanza comunitaria designato dagli Stati membri mediante un atto regolamentare, amministrativo e/o contrattuale in cui sono applicate le misure di conservazione necessarie al mantenimento o al ripristino, in uno stato di conservazione soddisfacente, degli habitat naturali e/o delle popolazioni delle specie per cui il sito è designato"*.

3.3.2 Procedure autorizzative - Testo Unico sull'Ambiente (D.Lgs 152/2006)

La normativa nazionale in ambito ambientale fa riferimento al Dlgs 152/2006 “Codice dell'Ambiente” e s.m.i.. L'art. 6 del Titolo I riporta:

6. La verifica di assoggettabilità a VIA è effettuata per:

- a) *i progetti elencati nell'allegato II alla parte seconda del presente decreto, che servono esclusivamente o essenzialmente per lo sviluppo ed il collaudo di nuovi metodi o prodotti e non sono utilizzati per più di due anni;*
- b) *le modifiche o le estensioni dei progetti elencati nell'allegato II, II-bis, III e IV alla parte seconda del presente decreto, la cui realizzazione potenzialmente possa produrre impatti ambientali significativi e negativi, ad eccezione delle modifiche o estensioni che risultino conformi agli eventuali valori limite stabiliti nei medesimi allegati II e III;*
- c) *i progetti elencati nell'allegato II-bis alla parte seconda del presente decreto, in applicazione dei criteri e delle soglie definiti dal decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare del 30 marzo 2015, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 84 dell'11 aprile 2015;*
- d) *i progetti elencati nell'allegato IV alla parte seconda del presente decreto, in applicazione dei criteri e delle soglie definiti dal decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare del 30 marzo 2015, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 84 dell'11 aprile 2015.*

7. La VIA è effettuata per:

- a) *i progetti di cui agli allegati II e III alla parte seconda del presente decreto;*
- b) *i progetti di cui agli allegati II-bis e IV alla parte seconda del presente decreto, relativi ad opere o interventi di nuova realizzazione, che ricadono, anche parzialmente, all'interno di aree naturali protette come definite dalla legge 6 dicembre 1991, n. 394, ovvero all'interno di siti della rete Natura 2000;*
- c) *i progetti elencati nell'allegato II alla parte seconda del presente decreto, che servono esclusivamente o essenzialmente per lo sviluppo ed il collaudo di nuovi metodi o prodotti e non sono utilizzati per più di due anni, qualora, all'esito dello svolgimento della verifica di assoggettabilità a VIA, l'autorità competente valuti che possano produrre impatti ambientali significativi;*
- d) *le modifiche o estensioni dei progetti elencati negli allegati II e III che comportano il superamento degli eventuali valori limite ivi stabiliti;*
- e) *le modifiche o estensioni dei progetti elencati nell'allegato II, II-bis, III e IV alla parte seconda del presente decreto, qualora, all'esito dello svolgimento della verifica di assoggettabilità a VIA, l'autorità competente valuti che possano produrre impatti ambientali significativi e negativi;*
- f) *i progetti di cui agli allegati II-bis e IV alla parte seconda del presente decreto, qualora all'esito dello svolgimento della verifica di assoggettabilità a VIA, in applicazione dei criteri e delle soglie definiti dal decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare del 30 marzo 2015, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 84 dell'11 aprile 2015, l'autorità competente valuti che possano produrre impatti ambientali significativi e negativi.*

Gli interventi proposti non rientrano tra i progetti elencati nella parte seconda del suddetto decreto, negli allegati II, II-bis, III e IV pertanto **non è soggetto a Valutazione di Impatto ambientale né a verifica di assoggettabilità a VIA.**

3.4 Piano di assetto idrogeologico

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale PAI, è redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione.

Il PAI è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato. Il PAI ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale.

Il P.A.I. è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006 con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici.

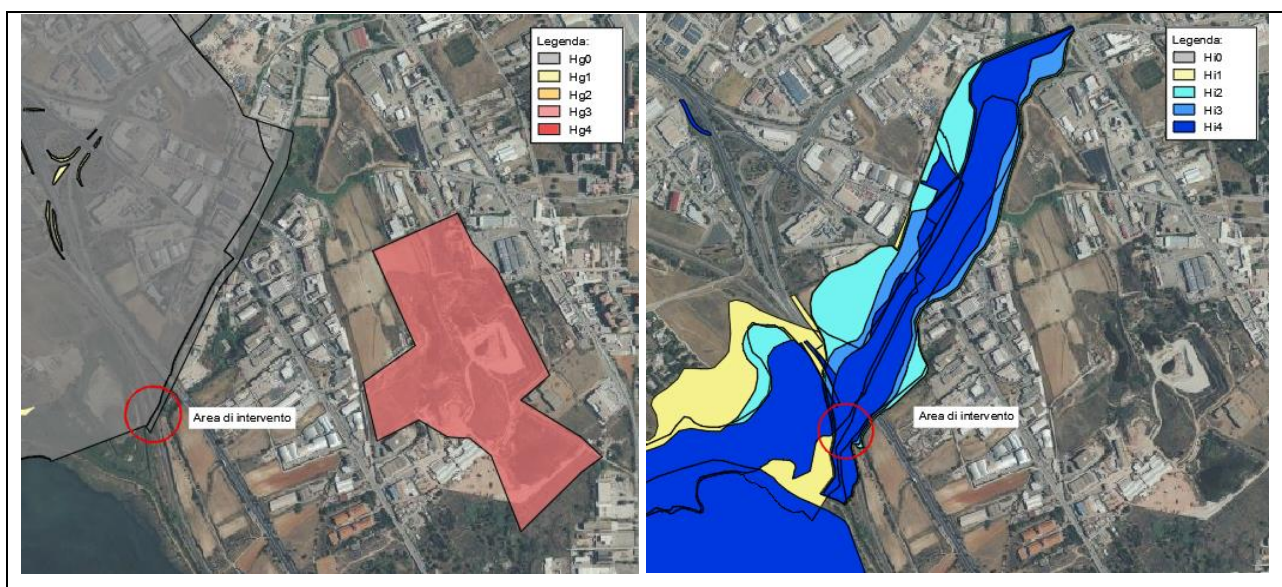


Figura 11 – Vincolo per scopi idrogeologici (RD 30 dicembre 1923 n. 3267)[fonte: <https://portal.sardegnaasira.it/dati-ambientali-difesa-del-suolo>]

Come si evince dallo stralcio della planimetria del PAI riportata in Figura 11, l'area di interesse non ricade in una zona come pericolosità geomorfologica, ricade invece in una zona cartografata come ad alta pericolosità idraulica (Hi4).

4 ANALISI STORICO CRITICA DELL'OPERA E DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Tra le stazioni di Cagliari ed Elmas in occasione del raddoppio della linea ferroviaria Cagliari-Decimomannu, nel 1982 è stato costruito un ponte a tre luci di 2,20m ciascuna e altezza 3,00m. L'opera, realizzata in cemento armato con fondazione a platea, termina alle estremità con muri andatori, costruiti anch'essi in cemento armato, poggianti sulla stessa platea del ponte a formare un unico monolite. L'estremità della struttura, lato Elmas, va ad interessare un terreno di fondazione impostato su un paleo alveo colmato da alluvionali argillo-limosi organici di recente deposizione.

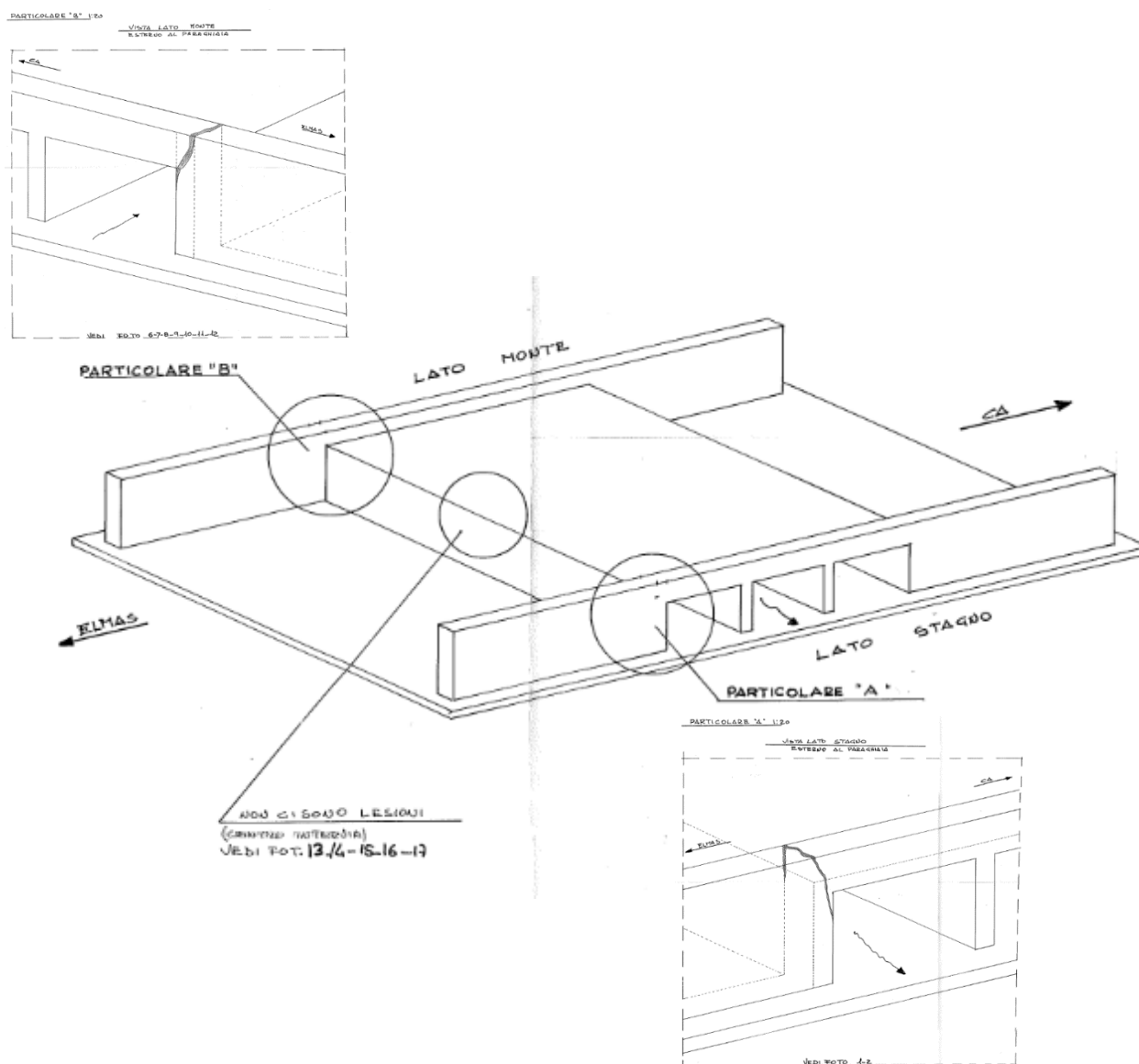


Figura 12 – Vista del ponte lato monte (sx) e lato mare (dx) – sopralluogo del 27/07/2022

La struttura, ha subito un progressivo abbassamento differenziale del piano di appoggio della platea di fondazione nel verso da Cagliari a Elmas e da monte verso mare. Gli spostamenti sono stati periodicamente rilevati dall'ufficio lavori di Cagliari a partire dal mese di ottobre del 1986. Per indagare su tale fenomeno sono stati eseguiti, tra l'altro, n°2 sondaggi geognostici corredati di prove ed analisi di laboratorio. Le conclusioni di tale studio **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono che:

“restano confermate le pessime qualità del terreno sottostante la fondazione del manufatto. Il processo di consolidamento è tuttora in atto e pare ben lungi dal suo compimento sotto l'effetto dei carichi indotti. Fra i suddetti carichi si ritiene abbia particolare influenza quello del rilevato adiacente la spalla indagata; tale rilevato ha infatti larghezza ben maggiore rispetto alla fondazione del manufatto e quindi il relativo bulbo delle pressioni altera le previsioni relative al cedimento del manufatto considerato a sé stante. Si ritiene inoltre sottovalutata l'influenza dei cedimenti per effetto della potenza variabile (da Sud verso Nord e da Est verso Ovest presumibilmente) degli strati compressibili”

Agli inizi degli anni 90 erano già presenti nel manufatto lesioni di distensione conseguenti al movimento di immersione della struttura, lato Elmas, che denunciavano un movimento rotatorio del piano di appoggio della fondazione **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** Si riporta di seguito una vista assonometrica con dettaglio delle fessure graficizzate su elaborati storici recuperati negli archivi di RFI.



Nell'anno 2000, per contrastare questo fenomeno, il corpo del rilevato di approccio al ponte lato Elmas, per una estesa di 12m, è stato sostituito con polistirene espanso, un materiale ultraleggero, alleggerendo così il carico gravante sul terreno di fondazione sottostante (Figura 13). I muri andatori lato Elmas, che presentavano vistose lesioni sull'attacco alla spalla del ponte, sono stati resi indipendenti tagliando i ferri di collegamento alla spalla stessa, creando così un giunto di dilatazione. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Prima e dopo l'intervento di alleggerimento del rilevato sono state fatte misurazioni piano-altimetriche per accertare se, dopo l'intervento, veniva raggiunto l'equilibrio statico. Si è monitorato anche il giunto di dilatazione fra spalla e muro andatore, lato monte mentre non si è ritenuto necessario monitorare il giunto lato mare in quanto, lo si è ritenuto sufficientemente stabile.

Nel rapporto di visita opere d'arte del 08/05/2007 (allegata a **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) si riportava *"distacco, in continuo aumento, con una luce di circa cinque cm (compreso il polistirolo) e un disallineamento trasversale di circa 7,5 cm tra la spalla lato Elmas e il muro andatore lato dx lasciando così presumere un continuo cedimento della struttura. [...]. Per quanto sopra, si richiede alla S.S. ulteriore visita*

straordinaria con la partecipazione di personale con maggiore specializzazione al fine di accertare le condizioni statiche del manufatto, anche con l'impiego di strumenti diagnostici avanzati [...]”.



Figura 13 – Report fotografico intervento di alleggerimento spalla lato Elmas

A seguito della richiesta è stata effettuata una visita all’opera d’arte durante la quale sono state misurate la luce di una giunzione tra muro andatore e spalla lato Elmas e il disallineamento dello stesso muro andatore rispetto alla struttura del ponte dovuto ad un movimento di inclinazione di questo verso il rilevato ferroviario. Le conclusioni di tale campagna di misurazioni sono riportate in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e si riportano di seguito:

“Le misure effettuate hanno evidenziato piccoli movimenti il cui massimo valore è stato di mm.10,29 di maggior apertura della luce in cerniera tra il muro andatore e la spalla del ponte e di mm 7 di maggior inclinazione del muro andatore nell’arco di sei anni. Si è potuto riscontrare che i movimenti rilevati e ancora in atto nell’opera d’arte, non riguardano la struttura portante del ponte ma sono esterni a questa. L’impalcato, le pile e le spalle non presentano segni di cedimento o di degrado strutturale e l’opera d’arte è, pertanto, pienamente efficiente e garantisce la massima sicurezza per l’esercizio ferroviario”.

In data 27/07/2022 è stato effettuato un sopralluogo congiunto con i tecnici di RFI per individuare l’intervento di manutenzione straordinaria più appropriato per l’opera in oggetto. Si riporta di seguito report fotografico sullo stato dei luoghi:



Figura 14



Figura 15



Figura 16



Figura 17



Figura 18



Figura 19



Figura 20

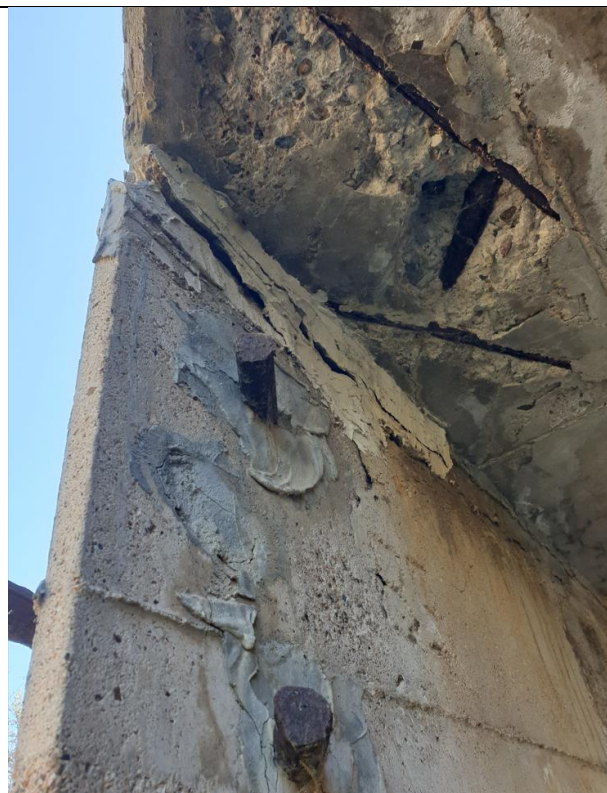


Figura 21



Figura 22

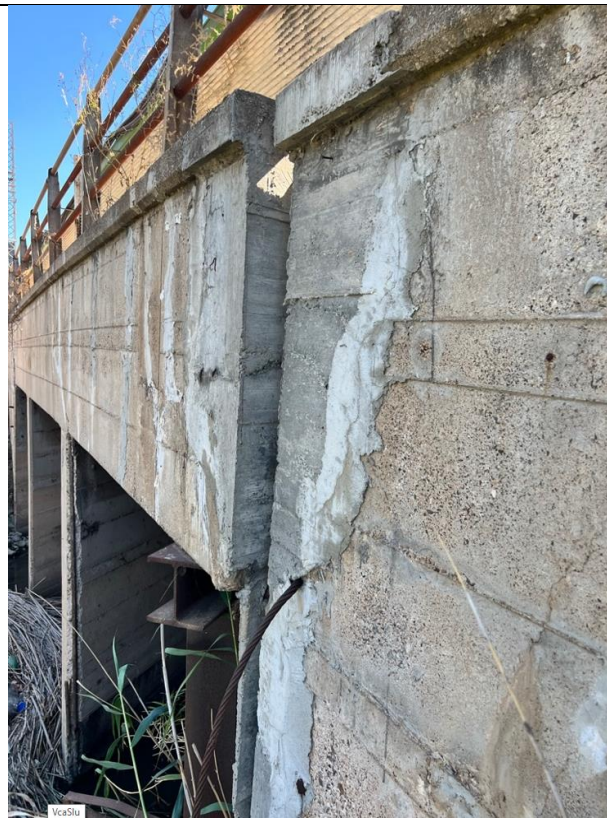


Figura 23

Figura 24 – Sopralluogo del 27/07/2022

Dalla visita dell'opera d'arte risulta che: lato mare (Figura 14 e Figura 15) è visibile il giunto realizzato per disconnettere il muro andatore alla spalla lato Elmas. Sempre sul prospetto lato mare, in prossimità del collegamento tra il muro andatore e la spalla lato Cagliari, sono presenti fessure inclinate. All'interno della prima canna lato Elmas è presente la struttura in profili metallici posta al momento dell'intervento di sostituzione del terreno adiacente alla spalla. Tale struttura presenta visibili e diffusi segni di ossidazione ed esfoliazione (Figura 16 e Figura 17). È da sottolineare inoltre che tale struttura riduce la sezione trasversale di un'opera d'arte che, nel Piano di Assetto Idrogeologico della regione Sardegna risulta indicato a rischio idraulico per luce insufficiente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Analogamente a quanto rilevato lato mare, lato monte (Figura 18 e Figura 19), è visibile il giunto di separazione tra muro andatore e spalla lato Elmas (Figura 22 e Figura 23) e, in corrispondenza del collegamento tra il muro andatore e la spalla lato Cagliari, lesioni con andamento obliquo che si estendono per circa 50cm all'interno dello scatolare. Il quadro fessurativo fa presupporre dunque lo sviluppo, lato Cagliari, di un fenomeno analogo a quanto osservato lato Elmas e quindi di rotazioni, attorno alla soletta di base, dei muri andatori a seguito di cedimenti fondazionali (Figura 20 e Figura 21).

Sulle spalle e sui piedritti, in prossimità delle sezioni di imbocco sono presenti fenomeni di espulsione del copriferro e ossidazione delle armature, all'intradosso della soletta superiore sono visibili ammaloramenti del calcestruzzo dovuti ad infiltrazioni.

Si riscontra infine la presenza di folta vegetazione in prossimità dei muri andatori lato mare e segni di ossidazione sui parapetti metallici.

Si riportano di seguito i prospetti lato monte e lato mare su cui sono stati graficizzati i quadri fessurativi descritti.

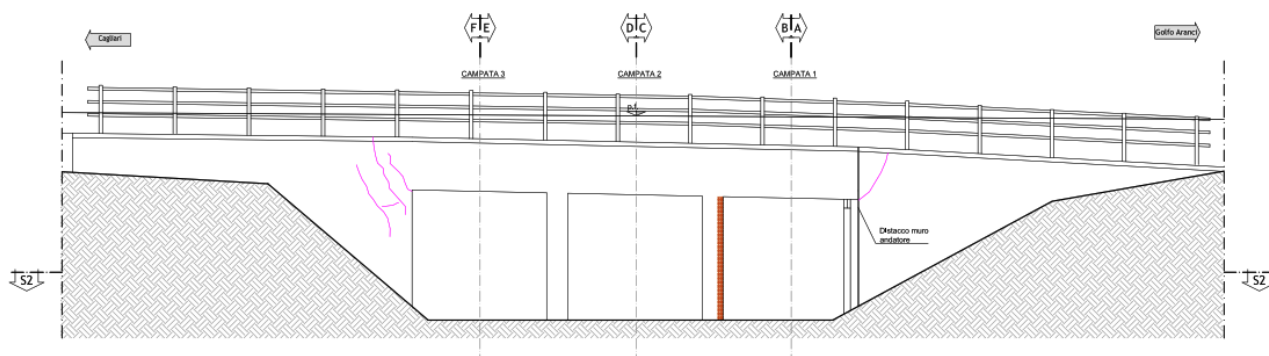


Figura 25 – Rilievo quadro fessurativo lato monte

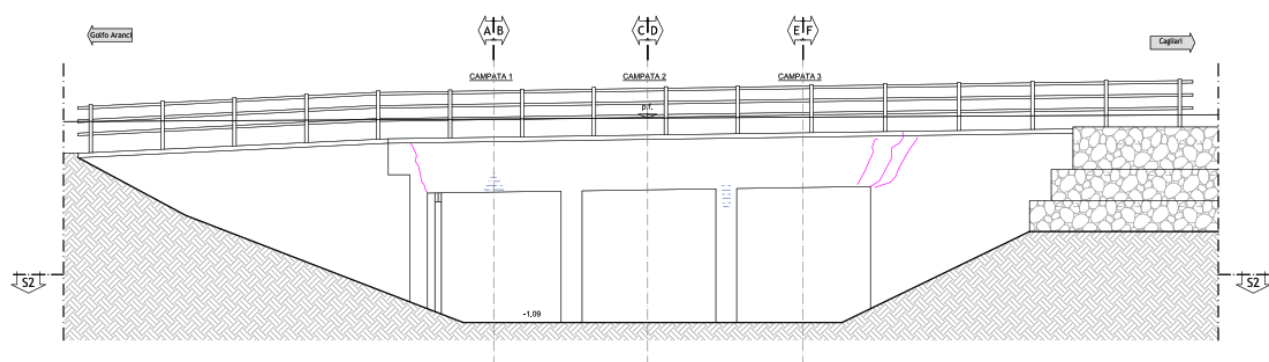


Figura 26 – Rilievo quadro fessurativo lato mare

Dall'analisi degli avvisi dello specialista opere d'arte forniti da RFI (avvisi dal 8/03/2019 fino al 27/04/2022) si apprende l'installazione di tre fessurimetri (vedi avviso 30/06/2020) in data 02 Aprile 2020 di cui uno monitora la luce del giunto tra muro andatore e spalla 2.

Le letture mensili dei fessurimetri mostrano “*leggeri movimenti di apertura e chiusura sia in senso longitudinale della luce nella spalla 2 e sia, anche se di minor entità, nella spalla 1*” (vedi avviso del 26/10/2021). Tali spostamenti hanno valore massimo pari a 2mm circa e possono essere legati a variazioni stagionali del livello d'acqua.

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE

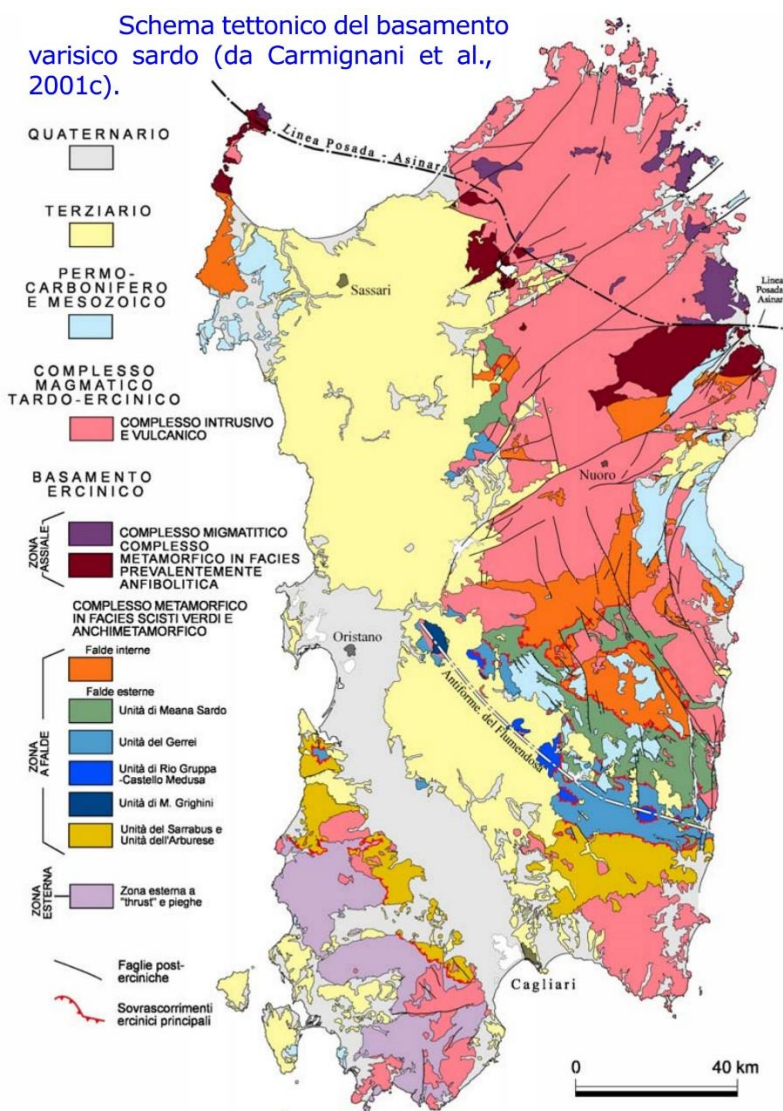
5.1 Geologia della Sardegna

La geologia della Sardegna è il prodotto di una successione di eventi geologici protrattasi nell'arco di circa mezzo miliardo di anni, a partire dall'inizio del Paleozoico. In questo intervallo di tempo si sono verificati processi sedimentari, tettonici, magmatici ed erosivi che, nel complesso, rendono morfologicamente e cronologicamente eterogenea l'isola. Allo stato attuale, la regione attraversa una fase di continentalità durante la quale si svolgono esclusivamente processi di natura erosiva e sedimentaria che la rendono una formazione stabile e poco attiva dal punto di vista geologico.

Precambriano:

A causa della rarità degli affioramenti, si conosce pochissimo della storia geologica della Sardegna nel periodo che precede l'inizio del Paleozoico

Paleozoico sardo (Mesozoico):



La Sardegna è in gran parte costituita da rocce appartenenti alle antiche catene montuose che si sono originate nel Paleozoico ed appartengono ai due cicli orogenetici: Caledoniano ed Ercinico.

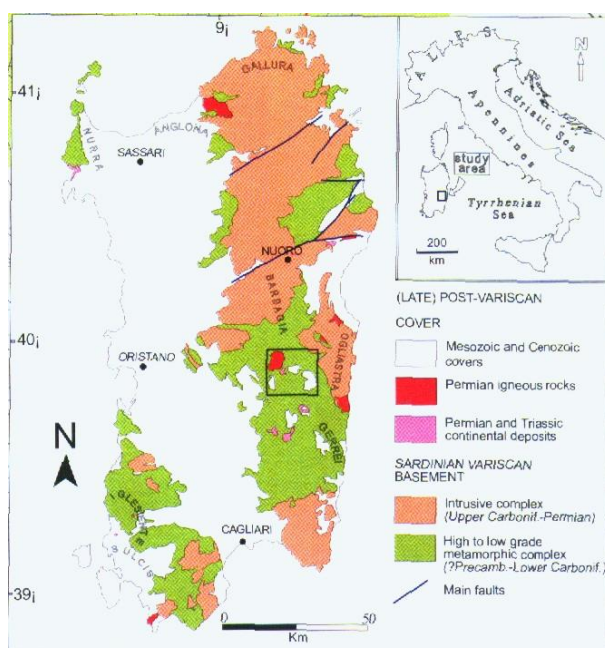
L'orogenesi Caledoniana, la più antica, ha coinvolto un'enorme area del blocco continentale europeo nel periodo compreso tra il Cambriano medio ed il Devoniano (490-390 Milioni di anni Ma). Il Cambriano affiora nella parte sud occidentale dell'isola. Questa è l'unica parte d'Italia dove si trovano termini così antichi (Cambriano inf.) rappresentati da sedimenti (Formazioni di Nebida, Gonnese e Cabitza) (Barbieri M. & Lombardi G. 1982).

La successiva fase dell'orogenesi Ercinica detta anche Variscica ha avuto corso a partire dal Carbonifero, circa 350 Ma fa. L'orogenesi in Sardegna ha prodotto tre zone metamorfiche principali con asse maggiore orientato secondo l'attuale direzione NW-SE.

Procedendo dal nucleo orogenetico verso la zona di avanfossa si trovano le zone dette: Assiale (Sardegna NE) - a Falde (Sardegna Centrale) Esterna (Sardegna SW).

Nelle ultime fasi dell'orogenesi Ercinica, nell'intervallo Carbonifero superiore Permiano inferiore (310-270 Ma) si avvia la fase embrionale di apertura dell'Atlantico centrale con l'attivazione di un regime tettonico trascorrente (Massari F. 1986).

Contemporaneamente all'apertura dei semi-graben si attivò una fase magmatica con vulcanismo andesitico intercalato alla sedimentazione detritica in ambiente fluvio-lacustre e palustre. Alle andesiti seguì una sequenza dioritico-dacitica e successive effusioni di ignimbriti riolitiche (rappresentate in rosso nella fig.).



Durante il Carbonifero la Sardegna era quasi completamente emersa fatta esclusione di alcune limitate strette depressioni marine marginali. Si ritrovano depositi clastici continentali con fossili di piante in bacini lacustri.

Paleozoico-Mesozoico – il limite permo-triassico:

Le condizioni continentali continuarono durante il Permiano dove questo carattere assunse caratteri ben definiti.

Mesozoico sardo

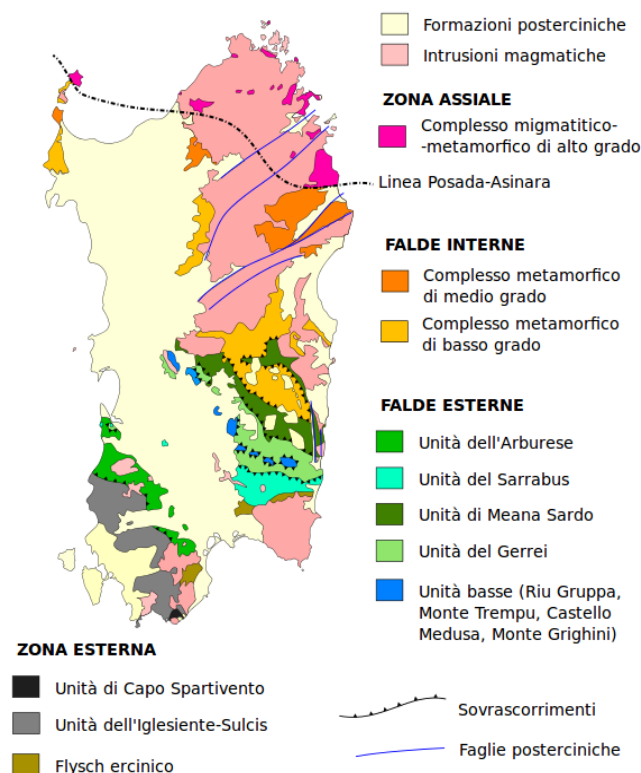
Durante il Mesozoico la Sardegna divenne parte di una piattaforma relativamente stabile. Nel Giurassico, da W a E si rilevano facies da lagunari-litorali a pelagiche caratterizzate nella zona centro occidentale da depositi marini tabulari che a seguito dell'erosione hanno determinato caratteristiche morfologie dei "Tacchi". Il Cretaceo in Sardegna è quasi ovunque assente.

Rotazione bacino sardo corso (Miocene Inf-Medio)

In Sardegna, l'Eocene medio segna l'inizio di un periodo di grande instabilità tettonica. Durante questo periodo di instabilità vi è stata la deposizione di sedimenti di ambiente prevalentemente continentale, di natura sedimentaria

e magmatica, che affiorano abbondantemente nell'area di interesse progettuale. Tale successione sedimentaria è contemporanea ad un'importante attività vulcanica calcalkalina, rappresentata da una varietà di prodotti effusivi ed esplosivi con composizione da basaltico-andesitica a riolitica. A partire dal Burdigaliano superiore avviene una importante fase distensiva che genera una serie di fosse tettoniche ad andamento sub-meridiano; in esse si verifica una ampia trasgressione marina, con sedimentazione silicoclastica e carbonatica, che arriva fino al Serravalliano ("2° ciclo" sedimentario miocenico). Si tratta di una successione che inizia con conglomerati e arenarie e prosegue con depositi silicoclastici e carbonatici prevalentemente di ambiente marino. La trasgressione è seguita da una facies regressiva e da una nuova pulsazione trasgressiva, caratterizzata da sedimentazione carbonatica di mare basso, che va dal Tortoniano fino al Messiniano ("3° ciclo" miocenico). La distensione continua anche nel Pliocene e, successivamente, nel Pleistocene, testimoniata principalmente dai grandi espandimenti plio-pleistocenici di basalti interplacca. Si tratta di prodotti ascrivibili ad un vulcanismo interplacca, costituiti essenzialmente da lave basaltiche, da alcaline ad alcaline-transizionali e sub-alcaline, affioranti abbondantemente nell'area di interesse progettuale. Il Quaternario è rappresentato in gran parte da depositi di copertura del substrato in facies continentale, come alluvioni antiche o depositi di fondovalle.

5.2 Tettonica

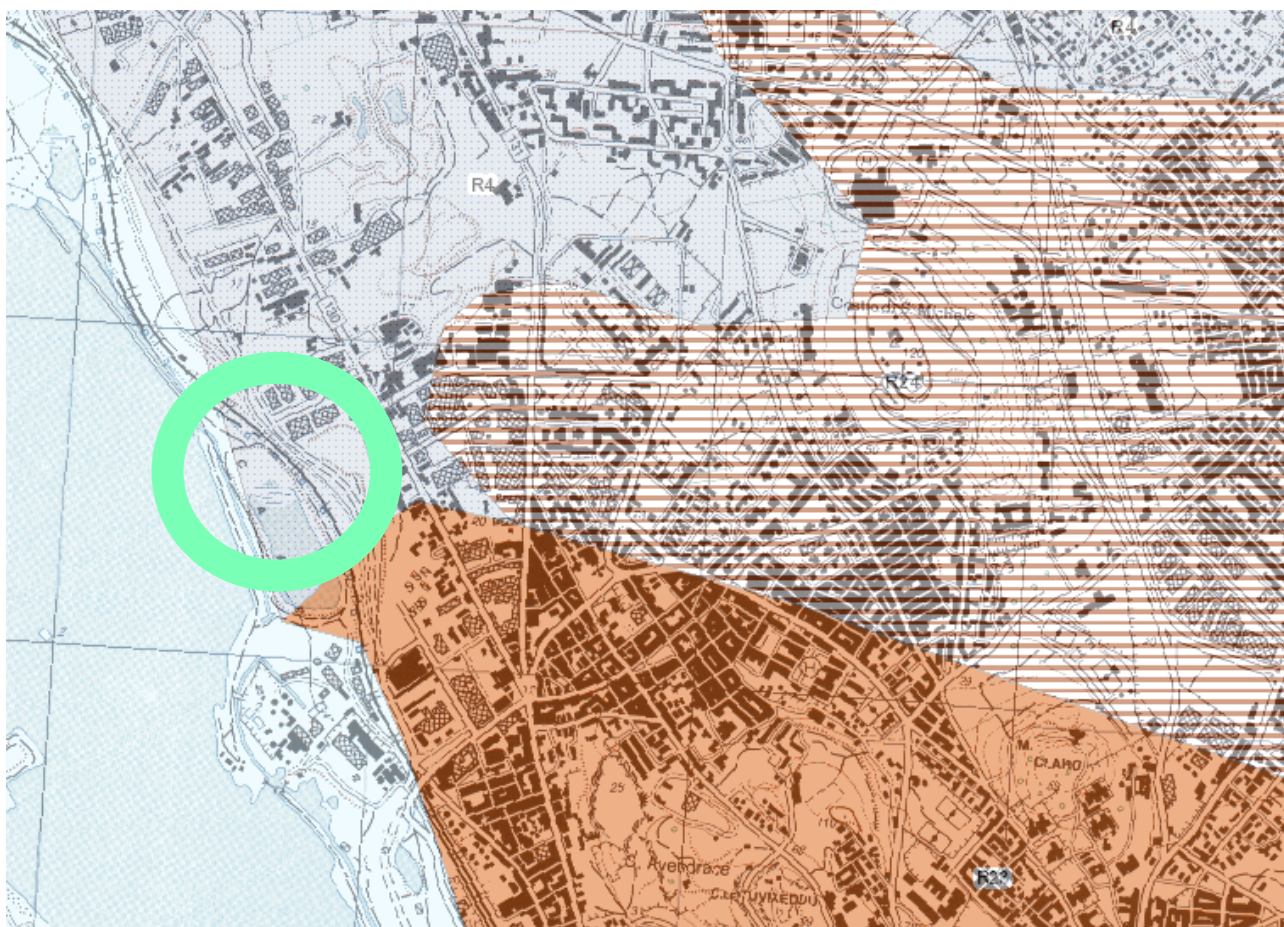


La struttura tettonica del basamento ercinico sardo si è mantenuta pressoché immutata fino all'era attuale alterata solo in parte dai processi erosivi, sedimentari e vulcanici del Mesozoico e Cenozoico.

La configurazione della struttura tettonica va messa in relazione alla posizione relativa che il futuro blocco sardo-corso aveva nella catena ercinica: da sudovest a nordest si osserva il passaggio da un metamorfismo di basso grado ad uno di grado medio-alto, fino ad un metamorfismo di alto grado. In questo gradiente si individuano due linee di confine, orientate in direzione nordovest-sudest: la prima si identifica con la linea Posada-Asinara, la seconda, convessa verso nordest, si estende da capo Pecora al capo di Pula. Le due linee di confine suddividono il basamento in tre zone: Complesso Metamorfico, Zona a Falda e Zona Esterna.

5.3 Geologia di dettaglio

L'area all'interno della quale si collocano gli interventi in progetto ricade nei Foglio n. 557 "Cagliari", della Carta Geologica D'Italia in scala 1: 50.000.



Lo schema stratigrafico adottato nel presente lavoro fa riferimento a quello proposto nel Progetto "Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000" (Figura 3), messo a disposizione dalla Regione, che ha inteso realizzare una carta geologica omogenea ed estesa a tutta l'Isola, adeguata agli obiettivi di pianificazione del Piano Paesaggistico Regionale (PPR) e conforme alle indicazioni del Servizio Geologico d'Italia. La ricostruzione del Modello Geologico di Riferimento lungo il tratto di ferrovia in corso di verifica è stata effettuata a partire dai dati geologici di superficie, raccolti nel corso dei diversi sopralluoghi effettuati nell'area, integrati con quelli relativi alle campagne geognostiche e geofisiche.

L'area in esame si colloca nell'ambito del vasto graben oligo-miocenico del Campidano, una depressione tettonica bordata ad est e ad ovest da una serie di faglie a direzione NNW-SSE di carattere regionale, che hanno prodotto, in relazione alla tettonica del rift Sardo uno smembramento del basamento Paleozoico con l'abbassamento della fossa del Campidano rispetto ai livelli laterali.

Questi, nel bordo occidentale, sono rappresentati dai rilievi dell'iglesiente. Il graben tettonico Campidanese è stato riempito, anche fino a circa 1.500 metri nella porzione meridionale, da sedimenti di ambiente prevalentemente marino e subordinatamente continentale, con età dall'Oligocene al Pliocene.

Verso l'alto si passa quindi ai depositi continentali alluvionali terrazzati del Quaternario costituiti da ghiaie e sabbie in matrice argillosa, deposte dal Flumini Mannu di Pabillonis e dai suoi affluenti anche in facies di conoide alluvionale. In particolare, in prossimità dell'area di interesse affiorano i seguenti litotipi:

◦ Depositi quaternari dell'area continentale: Limi ed argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi; Depositi alluvionali Ghiaie, da grossolane a medie, Sabbie con subordinati limi e argille ; Depositi antropici

Materiali di riporto. OLOCENE



Tav. 3 Stralcio dalla Carta Geologica della Sardegna in scala 1:10.000

R1	Depositi alluvionali ; Sabbie , Ghiaie Sabbie _Limi (R1)
----	---

5.4 Assetto idrogeologico

Il reticolo idrografico presente nell'area è discretamente diffuso esso è caratterizzato da canali che permettono il drenaggio verso mare delle acque superficiali. L'opera zona è in prossimità dello Stagno di Cagliari ed è esposto al pericolo di inondazioni ed allagamenti. La natura del sottosuolo che prevalentemente è sabbiosa in sub ordine presenta ampie zone composte da formazioni fini (limi ed argille) che condizionano il normale percorso di filtrazione in profondità, creando le condizioni di ristagni ed impaludamenti. Le principali unità idrogeologiche sono:

➤ Depositi olocenici alluvionali, palustri e detritici: terreni aventi una granulometria eterogenea, rappresentata da ciottoli e blocchi in matrice limosabbiosa ed i terreni costituenti le coltri eluvio colluviali e detritiche di modesto spessore. Le caratteristiche granulometriche di tali depositi, gli conferiscono dei valori di permeabilità variabili ed un grado di trasmissività ridotto in ragione dello spessore ridotto del volume saturo. Inoltre, la permeabilità riscontrabile è di tipo primario (1×10^{-1} m/s ÷ 1×10^{-3} m/s).

6 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

L'ipotesi di intervento consiste nella demolizione parziale dell'opera esistente e nella realizzazione di un nuovo impalcato. Sarà demolito l'impalcato e i setti in alveo. Il nuovo impalcato sarà costituito da due cassoni metallici porta-ballast di luce netta di circa 10.80m e una luce di calcolo di 12.80m (asse appoggi). Gli appoggi saranno del tipo acciaio teflon. Le spalle esistenti saranno rinforzate con una struttura in calcestruzzo armato posta a tergo delle spalle stesse. Il rinforzo delle spalle sarà fondato su micropali. Per il varo dei cassoni, sarà realizzato un muro di contenimento fondato su pali.

6.1 Fasi di lavorazione

Per poter realizzare il rinforzo delle spalle esistenti, sarà svuotata la spalla per una lunghezza di 10m circa. L'accesso alla spalla sarà garantito dalla demolizione controllata di una porzione del muro andatore. Durante le fasi di scavo e realizzazione dei rinforzi, i binari saranno sostenuti da ponti provvisori tipo GUI.DO. di luce 14.40m. In seguito alla realizzazione dei due rinforzi, il rilevato ferroviario a tergo del rinforzo sarà riempito con calcestruzzo leggero strutturale. Ciascun cassone metallico sarà realizzato in apposite aree di cantiere in adiacenza alla sede ferroviaria e sarà varato dall'alto con l'ausilio di una autogrù.

7 FASI E DURATA LAVORI

7.1 Sostituzione impalcato e consolidamento spalle

Si riporta di seguito il cronoprogramma delle attività con indicazione delle soggezioni all'esercizio: le barre verdi indicano interruzioni programmate della circolazione (fase2 e fase 3) le barre rosse indicano l'interruzione totale della linea (fase 4).

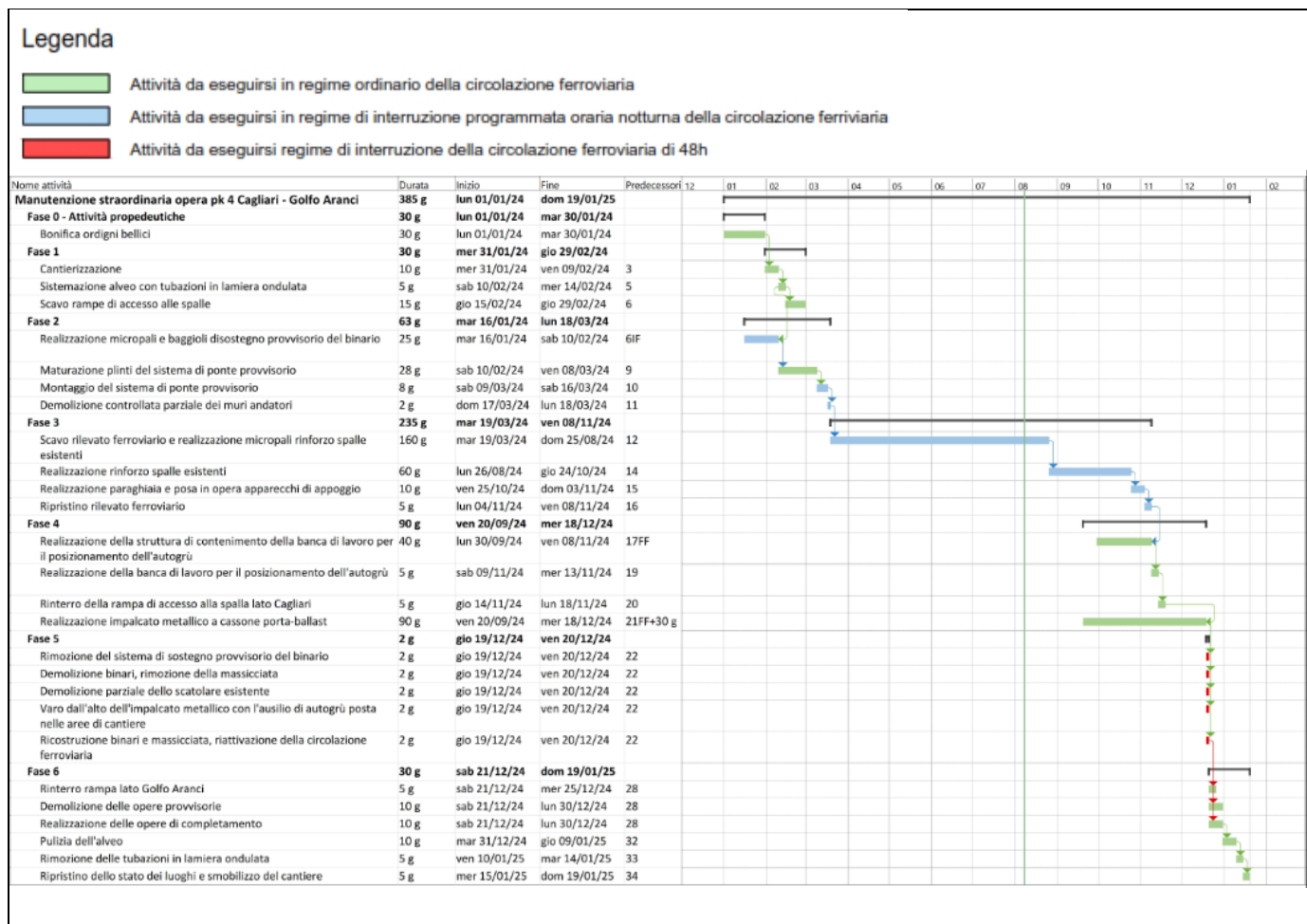


Figura 35 – Cronoprogramma dei lavori

0: attività propedeutiche e bonifica ordigni bellici.

1

- 1.1 cantierizzazione;
- 1.2 sistemazione alveo con n.3 tubazioni in lamiera ondulata tipo ARMC0
- 1.3 scavo rampe di accesso alle spalle;

2 Nota: velocità di esercizio ridotta a 80 km/h dopo il montaggio dei ponti provvisori

- 2.1 Realizzazione micropali e baglioli ponti provvisori GUI.DO

- 2.2 Montaggio ponti provvisori
- 2.3 Demolizione controllata parziale dei muri andatori

3 Nota: velocità di esercizio ridotta a 80 km/h

- 3.1 Scavo rilevato ferroviario a tergo delle spalle esistenti e realizzazione micropali di fondazione del rinforzo delle spalle esistenti stesse
- 3.2 Realizzazione rinforzo spalle esistenti
- 3.3 Realizzazione muri paraghiaia e installazione apparecchi di appoggio del tipo acciaio teflon a disco elastomerico confinato
- 3.4 Ripristino del rilevato ferroviario con clacestruzzo leggero strutturale.

4 Nota: velocità di esercizio ridotta a 80 km/h

- 4.1 Realizzazione della struttura di contenimento della banca di lavoro per il posizionamento dell'autogrù
- 4.2 Realizzazione della banca di lavoro per il posizionamento dell'autogrù
- 4.3 Rinterro della rampa di accesso alla spalla lato Cagliari
- 4.4 Realizzazione impalcato metallico a cassone porta-ballast nell'area di cantiere

5 Nota: attività da eseguirsi in interruzione totale di 48h

- 5.1 Rimozione dei ponti provvisori GUI.DO;
- 5.2 Demolizione binari, rimozione della massicciata;
- 5.3 Demolizione parziale dello scatolare esistente;
- 5.4 Varo dall'alto dell'impalcato metallico con l'ausilio di autogrù posta nelle aree di cantiere
- 5.5 Ricostruzione binari e massicciata;
- 5.6 Riattivazione della circolazione ferroviaria con velocità di esercizio di linea

6

- 6.1 Rinterro rampa lato Golfo Aranci
- 6.2 Demolizione delle opere provvisorie
- 6.3 Realizzazione delle opere di completamento e finitura
- 6.4 Pulizia dell'alveo
- 6.5 Rimozione delle tubazioni in lamiera ondulata;
- 6.6 Ripristino dello stato dei luoghi e smobilizzo del cantiere.

8 INQUADRAMENTO STORICO-ARCHEOLOGICO DEL TERRITORIO DI CAGLIARI

8.1 La preistoria e l'età dei metalli.

Le prime tracce di insediamento umano nell'area dell'attuale Cagliari ci portano indietro nel tempo, fino al VII-V millennio a.C. Queste testimonianze si manifestano sotto forma di ceramiche cardiali, rinvenute nella grotta di Sant'Elia, e fondi di capanne. Procedendo nel tempo, durante il V-IV millennio a.C., troviamo altre evidenze di vita umana, tra cui un vaso decorato ad impressione e vari oggetti in ossidiana, scoperti anch'essi in una grotta situata nel Capo Sant'Elia.

Il panorama si arricchisce ulteriormente nella seconda metà del IV millennio a.C., con la scoperta di una domus de janas, situata nell'area di San Bartolomeo, e i resti di un villaggio ai piedi del monte Sant'Elia. Questi ritrovamenti ci offrono uno spaccato della vita e delle abitudini delle popolazioni preistoriche che abitavano la zona.

Passando all'Età del Rame, nella seconda metà del III millennio a.C., troviamo importanti ritrovamenti associati alla cultura di Monte Claro. Nel sito eponimo di Monte Claro sono stati scoperti vasi e pugnali in rame, appartenenti alla cultura del Vaso Campaniforme, che testimoniano la ricchezza e la complessità delle società dell'epoca. Questi reperti sono stati ritrovati in diverse grotte, tra cui quella di San Bartolomeo.

Con l'avvento dell'Età del Bronzo Antico, i ritrovamenti continuano a delineare un quadro vivace e dinamico. Reperti provenienti dalle grotte di Sant'Elia, San Bartolomeo e del Bagno Penale offrono ulteriori informazioni sulla vita e sulle attività delle popolazioni antiche.

Arriviamo poi alla civiltà nuragica, che fiorì in Sardegna a partire dalla metà del II millennio a.C. A Cagliari, però, questa civiltà è rappresentata in modo limitato, probabilmente a causa della continua trasformazione urbana che ha cancellato molte delle tracce più antiche. Nonostante ciò, nell'area vasta di Cagliari sono stati ritrovati importanti reperti che testimoniano i legami tra la civiltà nuragica e quella micenea, specialmente nelle zone di Sarroch (Nuraghe Antigori) e Pula (rovine di Nora arcaica). Il mito di Aristeo, fondatore di Caralis, potrebbe trovare le sue radici proprio in questi antichi contatti tra culture.

Questi ritrovamenti non solo ci raccontano la storia antica di Cagliari, ma ci collegano anche a un più ampio contesto di scambi culturali e commerciali che influenzarono lo sviluppo della regione nel corso dei millenni.

8.2 Cagliari preromana.

L'origine fenicia di Cagliari, precedentemente ipotizzata grazie ai materiali importati databili tra la fine dell'VIII e il VI secolo a.C. rinvenuti nell'entroterra, è ora considerata praticamente certa. Gli scavi effettuati in via Brenta a metà degli anni '80 hanno rivelato parti di un insediamento arcaico del pieno periodo fenicio (almeno inizio VI secolo a.C.), insieme a materiali che risalgono alla fine dell'VIII secolo. Questo rende sempre più probabile che Cagliari faccia parte degli insediamenti costieri fenici della prima ondata di colonizzazione, avvenuta tra il 750 e il 700 a.C., insieme a Nora, Bithia, Sulci, Portoscuso, Monte Sirai e Tharros, che servivano come scali lungo la rotta verso le ricche miniere di metallo della penisola iberica.

I resti modesti rinvenuti durante gli scavi comprendono strutture in mattoni di fango su basamenti in pietra, poggiate sul terreno vergine. Solo i frammenti ceramici trovati in connessione con queste strutture permettono di datarle al periodo fenicio, poiché la tecnica edilizia utilizzata non è determinante, essendo stata impiegata per

secoli. L'insediamento era situato all'interno della laguna di Santa Gilla, una posizione molto favorevole per lo stanziamento umano. Non a caso, le rive della laguna sono ricche di presenze preistoriche, alcune delle quali individuate sotto l'attuale area urbana di Cagliari e ora non più visibili. Tra queste, le tombe della cultura prenuragica di Monte Claro, trovate sull'omonimo colle cagliaritano. Queste celle sepolcrali, scavate nella roccia e accessibili dall'alto tramite un pozzo, contenevano ossa di defunti scarnificate a cielo aperto, poggiate su banconi di roccia, e corredi vascolari con situle decorate, scodelle e altri vasi, a volte accompagnati da armi in rame.

La grande quantità di ritrovamenti prenuragici e nuragici nelle zone vicine a Cagliari, non ancora urbanizzate, suggerisce che le urbanizzazioni storiche fino all'epoca moderna abbiano obliterato queste testimonianze, meno evidenti rispetto a quelle fenicio-puniche e romane e quindi meno visibili durante gli scavi e le costruzioni. I materiali trovati nelle vecchie discariche indicano che questa ipotesi è plausibile, anche se non permettono di ricostruire il paesaggio cagliaritano di quei periodi, ormai perduto.

Passando all'epoca storica, quando possiamo parlare della nascita di una vera e propria città, antenata di Cagliari attuale, sappiamo poco dell'insediamento fenicio, ma qualcosa di più sul centro di età punica. I Cartaginesi arrivarono in Sardegna a partire dalla metà del VI secolo a.C. con azioni militari per conquistare l'isola, obiettivo raggiunto prima della fine del secolo. Le vicende belliche hanno coinvolto la maggior parte delle città fenicie note. Si ritiene che alcune di esse siano state utilizzate come teste di ponte per la penetrazione punica, mentre altre, come Cagliari, potrebbero essere state meno colpite dalle campagne militari, sulla base delle attestazioni nel territorio immediatamente posteriore alla conquista cartaginese. Anche se questa è solo un'interpretazione dei pochi dati a disposizione, è evidente che Cagliari si impose fin dagli inizi del V secolo a.C. come un centro di primaria importanza.

8.3 Il periodo punico.

Purtroppo, sappiamo molto poco sulla città punica arcaica, cioè quella dei primi anni del VI secolo a.C., mentre sono meglio conosciute le sue tombe, situate nella grande necropoli monumentale di Tuvixeddu, una delle più imponenti necropoli puniche del Mediterraneo.

Le tombe si trovano sul lato occidentale del colle di Tuvixeddu, che si affaccia sulla laguna di Santa Gilla. Sulla riva, tra le pendici del colle e il mare, sono stati trovati resti dell'abitato risalenti al IV e III secolo a.C., con una continuità d'uso fino alla prima età romana (primi decenni del II secolo a.C.). Esistono seri indizi che fanno supporre che la città del V secolo si trovasse nelle vicinanze, dato che i livelli di terreno utilizzati per riempire vecchi vani e pareggiare il terreno per nuove costruzioni contengono numerosi materiali ceramici databili a questo secolo, mescolati con quelli più tardi. È improbabile che questi riporti di terreno provengano da lontano, è quindi plausibile che la terra sia stata prelevata dalle vicinanze per l'espansione dell'abitato. Un breve scavo in via San Simone, vicino a via Brenta, ha mostrato tracce dell'abitato del V secolo.

Possiamo ricostruire la topografia della città punica in questo modo: l'abitato si estendeva lungo la sponda orientale della laguna di Santa Gilla, probabilmente dalla riva fino alle pendici del colle di Tuvixeddu. Il colle ospitava la necropoli, che scendeva a valle fino a invadere parte dell'attuale via Is Maglias. Il tophet, una necropoli per la sepoltura dei bambini morti alla nascita o poco dopo, si trovava lungo la ferrovia nella zona di San Paolo, a

sud di via Brenta. Questo è un indicatore abbastanza sicuro dell'estensione dell'abitato, dato che i tophet erano sempre situati fuori dal tessuto urbano.

Le strutture abitative lungo via Brenta erano allineate secondo un andamento NW-SE, seguendo probabilmente la linea costiera. Le abitazioni avevano muri perimetrali con zoccoli di pietra e probabilmente elevate con mattoni crudi; alcune murature erano costruite con grandi blocchi e includevano silos rettangolari. Per la pavimentazione si usava la tecnica del cocchiopesto e un pavimento presentava ancora un mosaico con il segno di Tanit. Molte abitazioni avevano grandi cisterne ogivali con uno o più pozzetti di attingimento.

Le abitazioni dell'ultima fase punica, di transizione al dominio romano, mostravano segni di maggiore articolazione e ricchezza. Resti di case di questo tipo sono stati trovati in via Brenta, via Po e alle pendici del colle di Tuvixeddu. Queste strutture avevano un atrio centrale con colonne, attorno al quale si disponevano le stanze. In alcuni ambienti sono stati trovati mosaici raffiguranti il segno di Tanit e altri simboli religiosi punici. Non siamo sicuri che tutte queste abitazioni appartengano all'età cartaginese; potrebbero risalire agli inizi dell'epoca romana. Gli scavi recenti forniscono maggiori elementi per affermare con sicurezza l'appartenenza alla Cagliari tardo-punica.

La necropoli di Tuvixeddu è una delle più grandi del Mediterraneo. Scavata fin dall'800, ha ancora sezioni intatte con potenziale per nuove scoperte. Attiva dagli inizi del V secolo a.C., fu utilizzata fino al periodo romano repubblicano (II-I secolo a.C.). Il tipo di tomba più diffuso è quello "a pozzo", con camere rettangolari scavate nel tufo calcareo e accessibili da un pozzo quadrato con tacche per i piedi. Alcune tombe hanno più camere, disposte una di fronte all'altra o a livelli sfalsati. I defunti erano inumati su lettighe di legno con corredi di vasellame, gioielli, amuleti, unguentari, maschere dipinte su gusci d'uovo di struzzo, statuette in terracotta o pietra, e "rasoi" in bronzo per sacrifici votivi.

Poche tombe presentano decorazioni. In alcune, sopra l'entrata, ci sono segni astrali a bassorilievo o dipinti. All'interno, ci sono motivi a fasce di colore rosso sulle pareti. La "tomba del guerriero" ha una decorazione complessa con fregi di cerchi rossi e azzurri sostenuti da pilastri, e una raffigurazione di un guerriero con elmo e lancia. La "tomba dell'Ureo" presenta un serpente sacro egizio con fiori di loto e maschere gorgoniche.

La necropoli di Tuvixeddu, nella sua fase più tarda, include tombe a enkythrismos (inumazioni in anfora) e incinerazioni che riutilizzano i pozzi di accesso di precedenti tombe a camera. Solo il colle di Bonaria ha restituito tombe puniche sicure, utilizzate dalla metà del III alla metà del II secolo a.C., probabilmente appartenenti a un insediamento distinto dalla Cagliari principale.

8.4 Il periodo romano.

Il passaggio dell'isola sotto il dominio romano avviene intorno alla metà del III secolo a.C. (238-237 a.C.) mentre la creazione della *provincia Sardinia et Corsica* risale al 227 a.C. Non si ha certezza sul periodo di elevazione allo *status municipalis*, anche se il ben noto passo pliniano (*Naturalis Historia* III, 7,85) indurrebbe a datare il provvedimento intorno al I secolo d.C.;

Le particolari condizioni geomorfologiche hanno influenzato in modo significativo l'assetto delle aree edificabili di Cagliari. All'interno della vasta area pianificabile affacciata sul golfo degli Angeli, si possono identificare i criteri

di distribuzione degli spazi antichi. Questi spazi furono scelti per rispondere alle esigenze di adeguamento monumentale e inseriti in un piano urbanistico regolare dell'età tardo-repubblicana.

Questo piano urbanistico prevedeva lo spostamento del nucleo centrale della città romana verso la zona centro-orientale, nell'area dell'attuale Piazza del Carmine, rispetto al precedente insediamento punico. In questo contesto di riorganizzazione complessiva dello spazio, venne pianificata la costruzione di un teatro-tempio monumentale, frutto di investimenti a scopo produttivo da parte di alcuni gruppi imprenditoriali. Si ipotizza che questa zona a destinazione pubblica della città romana di *Carales* fosse strategicamente programmata in un'area alternativa alla città punica.

È importante notare che le caratteristiche di Cagliari, città con una continuità di vita, spesso complicano la ricostruzione dettagliata delle strutture antiche superstiti. Questo rende la ricostruzione globale della città antica molto incerta e frammentaria. Se l'area pubblica-forense era situata in un'area ben precisa, si può presumere che l'area portuale non fosse molto distante, con recenti scavi archeologici che indicano la sua presenza nell'odierna via Campidano.

La progressiva occupazione degli spazi vede anche la presenza di un'area termale situata tra via Sassari e largo Carlo Felice-Sant'Agostino, contigua a quella forense. Le aree residenziali potevano trovarsi a monte di Piazza del Carmine, lungo l'asse dell'odierno corso Vittorio Emanuele, che probabilmente costituiva uno dei tracciati preferenziali dell'impianto romano, situato a nord del terrazzamento che ospita il complesso del tempio-teatro.

È probabile che, tangente a questo schema e situata nella parte suburbana a nord-ovest, si trovasse la cosiddetta villa di Tigellio, posizionata lungo l'asse ideale e materiale che conduce all'anfiteatro. Quest'ultimo era situato in una zona particolarmente scenografica, sfruttando tutte le opportunità offerte dal paesaggio.

Proseguendo nell'analisi delle dislocazioni funzionali della *Carales* romana, troviamo una struttura importante, una fullonica (lavanderia industriale), situata vicino all'ipotizzato impianto portuale. Questa fullonica fungeva da cerniera tra la città vera e propria e il suburbio orientale, vicino al quale sono state individuate aree a destinazione funeraria di varie epoche. Le due necropoli più importanti, quella occidentale di Tuvixeddu e quella orientale di Bonaria, racchiudono questi spazi, ma non definiscono in modo inequivocabile le aree edificabili comprese negli ampliamenti successivi alla prima fase della programmazione romana. Questo ci offre un quadro estremamente rarefatto e complesso delle trasformazioni avvenute in età post-antica, di cui molte informazioni ci sfuggono ancora oggi.

8.5 L'età tardoantica ed il medioevo.

La topografia e l'urbanistica della città tardo-antica di Cagliari non sono ancora completamente chiare. È ragionevole supporre che la città tardo-antica si sia sviluppata sulla base della città romana con le necessarie trasformazioni, ma le dinamiche e le modalità degli insediamenti, sia per quanto riguarda il recupero degli spazi antichi sia per la scelta di nuove aree di espansione urbana, rimangono incerte. Le fonti storiche menzionano la presenza di comunità monastiche in alcune parti del territorio urbano di *Caralis*. Dalle lettere di Gregorio Magno, datate intorno al VI secolo d.C., sappiamo dell'esistenza di monasteri e xenodochi (ospedali) a Cagliari, la cui posizione precisa è difficile da determinare.

Gli scavi urbani condotti negli ultimi decenni non hanno rivelato strutture relative a fasi tardo-antiche, ad eccezione di quelli in via Brenta, nella zona di Santa Gilla. Qui sono stati trovati i resti di un edificio quadrangolare, interpretato come una casa-torre, simile ad esempi presenti nel resto della penisola, risalente alla tarda età romana e all'alto medioevo.

Recenti ipotesi suggeriscono l'esistenza di un significativo sistema di fortificazioni urbane a Cagliari, ma mancano prove stratigrafiche a supporto di questa teoria. Inoltre, si ipotizza la diffusione di insediamenti rupestri nell'area urbana, databili a periodi successivi al V secolo d.C.

Nel settore orientale della città, la trasformazione del suburbio romano fu influenzata dalla presenza di un'ampia area cimiteriale utilizzata dall'età tardo-punica fino all'era cristiana, con il culto del martire Saturno che continuò fino al tardo medioevo. In quest'area si consolidarono insediamenti monastici di origine africana e successivamente benedettina-marsigliese, in un contesto di sfruttamento delle risorse degli stagni circostanti. Infine, lungo le pendici della collina di Bonaria, sono documentati fenomeni di insediamenti rupestri, probabilmente legati al riutilizzo di cubicoli pagani e cristiani.

Le indagini archeologiche nel quartiere di Marina e nelle aree a esso contermini segnalano la presenza di torri cronologicamente ascritte ai secoli altomedievali, definendo così una continuità di insediamento in tale settore, come del resto indica la qualifica di civitas a esso attribuita alla fine dell'XI secolo.

La distruzione della cittadella di Santa Igia avvenne nel 1258 a opera dei Pisani, dell'XI secolo presenti in Sardegna con interessi commerciali, assieme all'Opera di S. Maria, e dal 1217 insediatisi nel colle di Castello, dove la nuova fondazione prese il nome di Castel di Castro. Fu questo il fulcro urbano più importante dopo gli avvenimenti del 1258, quando la resa di Santa Igia determinò la fine di fatto del giudicato di Cagliari e il trasferimento in Castello dell'episcopio. In Castello le opere di fortificazione si conclusero con la costruzione delle tre torri: torre di S. Pancrazio, 1305; torre dell'Elefante e torre dell'Aquila, ora distrutta, 1307.

I pisani dovranno cedere la città a nuovi conquistatori, gli aragonesi, che creeranno nel 1355, sotto Re Pietro IV il Cerimonioso, il primo parlamento sardo che rappresentava tutti i territori sardi sotto il controllo della corona di Aragona, dove risiede l'attuale palazzo di provincia, questo era diviso in quattro "stamenti": Reale, Feudale, Ecclesiastico e Sardo (dei cittadini liberi della Sardegna aragonese); tale palazzo diverrà nel 1417 sede dei Vicerè. Con l'unione delle corone di Castiglia e di Aragona, la Sardegna passerà in mano agli spagnoli.

Sotto questi ultimi si verificheranno le modifiche nel corso del XVI secolo alle mura di difesa della città, necessarie dopo l'affermazione dei cannoni come arma di assedio, da qui la creazione dei bastioni di San Pancrazio, di Santa Croce, del Balice, di San Remy (nome dell'attuale bastione che guarda verso Via Regina Margherita), di Santa Caterina e della Zecca; questi ultimi tre verranno poi riuniti nel 1902 sotto un unico bastione. Nasce inoltre la prima Università di Cagliari nel 1607.

9 I SITI NELL'AREA DI STUDIO

L'indagine preliminare è finalizzata all'individuazione, tramite ricerca bibliografica, ricerca d'archivio e con l'aiuto dei vigenti strumenti urbanistici, della eventuale presenza di evidenze archeologiche nell'area oggetto di intervento.

Lo studio ha seguito le seguenti fasi:

- ricerca bibliografica;
- consultazione del PPR della Regione Sardegna
- verifica della cartografia esistente, ai fini dell'interpretazione archeologica;
- indagine toponomastica nell'area interessata dal progetto;
- verifica ed interpretazione della documentazione fotografica aerea nel territorio interessato dal progetto, al fine di individuare la presenza di eventuali anomalie.

Tutte queste fasi hanno permesso di individuare le evidenze archeologiche note nell'area di buffer di 2 chilometri intorno all'opera in progetto.



Figura 36 – Carta dei siti noti da bibliografia e da strumenti urbanistici nell'area studio (buffer 2 chilometri)

I siti presenti nell'area di studio si concentrano soprattutto nell'area a sud dell'opera oggetto di intervento.

Si tratta di evidenze che abbracciano un arco cronologico abbastanza ampio che va dal periodo Fenicio-Punico fino all'età Medievale con una presenza importante di resti romani.

Ciò nonostante, bisogna sottolineare che le zone più prossime all'area oggetto di intervento appaiono prive di evidenze note e che l'opera oggetto di intervento di risanamento, nella sua prima realizzazione, ha sicuramente avuto un impatto notevole nella sua area di sedime.

10 CONCLUSIONI

Il presente progetto, esclusivamente dal punto di vista bibliografico, sembra collocarsi in un'area a bassa rilevanza archeologica. Ricordiamo però che per una completa e più esaustiva valutazione archeologica dell'area non ci si può esimere dall'effettuare uno studio più approfondito che comprenda anche la ricognizione archeologica sul campo.

Sicuramente, in futuro, un approfondimento delle ricerche potrà dare un quadro più chiaro ed esaustivo di questo comparto del territorio di Cagliari.

Dr Arturo M. Clavica

Associazione Nazionale Archeologi Professionisti di Fascia del Mibac
Dott.
Arturo M.
Clavica

11 BIBLIOGRAFIA GENERALE

AA.VV., Cagliari. Omaggio ad una città, Oristano 1990.

AA.VV., Domus et Carcer Sanctae Restitutae. Storia di un santuario rupestre a Cagliari, Cagliari 1988.

AA.VV., La cittadella museale della Sardegna in Cagliari, Cagliari 1981, p. 64, tav. II.

AA.VV., Lo scavo di via Brenta a Cagliari. I livelli fenicio-punici e romani, in "Quaderni della Soprintendenza archeologica per le province di Cagliari e Oristano" 9/1992 (1993), Supplemento.

AA.VV., Passeggiando per Cagliari con un archeologo, Quaderni didattici 5/1993 (a cura della Soprintendenza archeologica per le province di Cagliari e Oristano), pp. 12-15.

AA.VV., Sancti Innumerabiles. Scavi nella Cagliari del Seicento: testimonianze e verifiche, Oristano 1988.

AA.VV., Santa Chiara. Restauri e scoperte (a cura di A. Ingegno), Cagliari 1993.

AA.VV., Studi in onore di G. Lilliu per il suo settantesimo compleanno (a cura di G. Sotgiu), Cagliari 1985, pp. 99-110.

AA.VV., Villa di Tigellio, Mostra degli scavi, Cagliari 1981.

M. BONELLO LAI, Sulla data della concessione della municipalità a Sulci, in "Sardinia Antiqua". Studi in onore di P. Meloni per il suo settantesimo compleanno, Cagliari 1992, p. 386, nota n.1.

A.M. COLAVITTI, Ipotesi sulla struttura urbanistica di Carales romana, in L'Africa romana. Atti del X convegno di studio, Oristano, 11-13 dic. 1992 (a cura di A. Mastino e P. Ruggeri), pp. 1021-1034.

P. GENNARI, Guida dell'Orto Botanico della R. Università di Cagliari, Cagliari 1874.

P. MELONI, La Sardegna romana, Sassari 1990.

P. MELONI, Approdo commerciale ma anche base navale, in Almanacco di Cagliari 1995, s.p.

M.A. MONGIU, Archeologia urbana a Cagliari. L'area di Viale Trieste 105, in "Quaderni della Soprintendenza archeologica per le province di Cagliari e Oristano", 4.II, 1987 (1988), pp. 51-79.

M.A. MONGIU, Il quartiere tra mito, archeologia e progetto urbano, in AA.VV., Marina. Cagliari, quartieri storici, Milano 1989, pp. 16 e 21.

M.A. MONGIU, Stampace: un quartiere tra polis e chora, in AA.VV., Stampace. Cagliari, quartieri storici, Milano 1995, p.16.

D. MUREDDU, Le presenze archeologiche, in AA.VV., Villanova. Cagliari, quartieri storici, Milano 1990, pp. 15-17.

P. PALA, L'amphithéâtre de Cagliari, in AA.VV., Spectacula I. Gladiateurs et amphithéâtres. Actes du colloque tenu à Toulouse et à Lattes les 26, 27, 28 et 29 mai 1987, Lattes 1990, pp. 55-62.

L. PANI ERMINI, P.G. SPANU, Aspetti di archeologia urbana: ricerche nel suburbio orientale di Cagliari, Oristano 1992.

- L. PANI ERMINI, La storia dell'alto Medioevo in AA.VV., Sardegna alla luce dell'archeologia, in "La storia dell'Altomedioevo italiano (VI-X secolo) alla luce dell'archeologia", Firenze 1994, pp. 387-401.
- L. PANI ERMINI, R. SERRA, S.V. Cagliari, in "Enciclopedia dell'Arte Medievale", vol. IV, Roma 1993, pp. 42-46.
- D. SALVI, L'area archeologica di via Angioy a Cagliari e i suoi elementi architettonici, in "Nuovo Bollettino archeologico sardo" 4 (1987-1992), Sassari 1994, pp. 131-158.
- D. SALVI, La necropoli orientale di Cagliari: due scavi inediti del 1952, in "Quaderni della Soprintendenza archeologica per le province di Cagliari e Oristano" 15 (cds).
- R. SERRA, La Sardegna. Italia Romanica, Milano 1988.
- C. TRONCHETTI, Cagliari fenicia e punica, in "Sardò 5. Atlante della Sardegna fenicia e punica", Sassari 1990.
- R. ZUCCA, Il decoro urbano delle civitates Sardiniae et Corsicae: Il contributo delle fonti letterarie ed epigrafiche, in L'Africa romana, Atti del X convegno di studio, Oristano, 11-13 dic. 1992 (a cura di A. Mastino e P. Ruggeri), Sassari 1994, pp. 857-935.