

**Nuova S.S.195 "Sulcitana" Tratto Cagliari - Pula  
Collegamento con la S.S.130 e aeroporto di Cagliari Elmas  
Opera Connessa Nord**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**PROGETTAZIONE: RTI GPI-IRD-SAIM-HYPRO**

<p><b>IL GEOLOGO</b></p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1541</p>	<p><b>I PROGETTISTI SPECIALISTICHE</b></p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111 settore a-b-c</p> <p><i>Ing. Paolo Orsini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 13817</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p> <p><i>Ing. Vincenzo Secreti</i> Ordine Ingegneri Provincia di Crotone n. 412</p>	<p><b>GRUPPO DI PROGETTAZIONE (Mandatario)</b></p> <p><b>GPI INGEGNERIA</b> GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p><b>IRD ENGINEERING</b> (Mandante)</p> <p><b>SAIM</b> Studio di Architettura e Ingegneria Moderna (Mandante)</p> <p><b>HYpro</b> srl</p> <p><b>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</b> <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p><b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b></p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>		
<p><b>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</b></p> <p><i>Ing. Michele Coghe</i></p>		

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE  
ANALISI DEGLI IMPATTI E INDIVIDUAZIONE DELLE AZIONI  
RELAZIONE DI ANALISI DEGLI IMPATTI E INDIVIDUAZIONE DELLE AZIONI**

<b>CODICE PROGETTO</b>	<b>NOME FILE</b>	<b>REVISIONE</b>	<b>SCALA</b>
PROGETTO      LIV.      ANNO <b>DPCA0150</b> <b>D</b> <b>23</b>	T00IA55AMBRE01_A		
	<b>CODICE ELAB.</b> T 0 0 I A 5 5 A M B R E 0 1	<b>A</b>	-
<b>D</b>			
<b>C</b>			
<b>B</b>			
<b>A</b>	<b>Emissione</b>	<b>Giugno '23</b>	<b>Verardi</b>
<b>REV.</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>DATA</b>	<b>REDDATTO</b>
			<b>VERIFICATO</b>
			<b>APPROVATO</b>

## INDICE

<b>1. <u>PREMESSA RELATIVA ALLA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI CUMULATIVI</u></b> .....	<b>3</b>
<b>2. <u>ANALISI DEGLI IMPATTI AMBIENTALI E INDIVIDUAZIONE DELLE AZIONI DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE IN FASE DI CANTIERE</u></b> .....	<b>4</b>
2.1. POPOLAZIONE E SALUTE UMANA.....	4
2.1.1. <i>Analisi degli impatti in fase di cantiere</i> .....	4
2.2. BIODIVERSITÀ .....	7
2.2.1. <i>Elementi della Rete Natura 2000 e Aree Protette</i> .....	7
2.2.2. <i>Tipi di specie vegetali e di Habitat presenti nel sito e relativa valutazione del sito</i> .....	8
2.2.3. <i>Fauna elencata nel formulario standard del sito</i> .....	10
2.2.4. <i>Descrizione degli impatti determinati dal progetto</i> .....	10
2.2.5. <i>Impatti su habitat e specie floristiche</i> .....	10
2.2.6. <i>Identificazione delle caratteristiche del progetto e del Sito</i> .....	10
2.2.7. <i>Identificazione degli effetti potenziali sulla ZSC</i> .....	11
2.2.8. <i>Incidenza sulle specie faunistiche</i> .....	11
2.2.9. <i>Scelta delle specie target di avifauna</i> .....	12
2.2.10. <i>Modelli di idoneità per le specie target</i> .....	13
2.2.11. <i>Misure di mitigazione generali</i> .....	20
2.2.12. <i>Analisi degli impatti in fase di cantiere</i> .....	20
2.2.13. <i>Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di cantiere</i> .....	21
2.3. SUOLO E USO DEL SUOLO .....	23
2.3.1. <i>Analisi degli impatti in fase di cantiere</i> .....	23
2.3.2. <i>Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di cantiere</i> .....	24
2.4. GEOLOGIA E ACQUE.....	26
2.4.1. <i>Analisi degli impatti in fase di cantiere</i> .....	26
2.4.2. <i>Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di cantiere</i> .....	28
2.5. ARIA E CLIMA .....	33
2.5.1. <i>Analisi degli impatti in fase di cantiere</i> .....	33
2.5.2. <i>Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di cantiere</i> .....	41
2.6. PAESAGGIO E PATRIMONIO CULTURALE .....	46
2.6.1. <i>Analisi degli impatti in fase di cantiere</i> .....	46
2.6.2. <i>Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di cantiere</i> .....	46
2.7. RUMORE.....	48
2.7.1. <i>Analisi degli impatti in fase di cantiere</i> .....	48
2.7.2. <i>Dati di input: analisi delle sorgenti sonore</i> .....	49

PROGETTAZIONE ATI:

2.7.3.	Dati di output delle simulazioni modellistiche .....	52
2.7.4.	Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di cantiere .....	57
<b>3.</b>	<b><u>ANALISI DEGLI IMPATTI AMBIENTALI E INDIVIDUAZIONE DELLE AZIONI DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE IN FASE DI ESERCIZIO .....</u></b>	<b>59</b>
3.1.	POPOLAZIONE E SALUTE UMANA .....	59
3.1.1.	Analisi degli impatti in fase di esercizio .....	59
3.2.	BIODIVERSITÀ .....	62
3.2.1.	Analisi degli impatti in fase di esercizio .....	62
3.3.	SUOLO E USO DEL SUOLO .....	63
3.3.1.	Analisi degli impatti in fase di esercizio .....	63
3.3.2.	Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di esercizio .....	63
3.4.	GEOLOGIA E ACQUE .....	65
3.4.1.	Analisi degli impatti in fase di esercizio .....	65
3.4.2.	Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di esercizio .....	68
3.5.	ARIA E CLIMA .....	70
3.5.1.	Analisi degli impatti in fase di esercizio .....	70
3.5.1.	Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di esercizio .....	73
3.5.2.	Impatti residui attesi .....	73
3.6.	PAESAGGIO E PATRIMONIO CULTURALE .....	74
3.6.1.	Analisi degli impatti in fase di esercizio .....	74
3.6.2.	Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di esercizio .....	77
3.7.	RUMORE.....	83
3.7.1.	Analisi degli impatti in fase di esercizio .....	83
3.7.2.	Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di esercizio .....	86
3.7.3.	Impatti residui attesi .....	86
3.8.	RADIAZIONI OTTICHE .....	87
3.8.1.	Analisi degli impatti in fase di esercizio .....	87
3.8.1.	Misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di esercizio .....	87

## 1. PREMESSA RELATIVA ALLA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI CUMULATIVI

Le linee guida SNPA in materia di redazione degli studi di impatto ambientale richiedono che la valutazione degli impatti venga effettuata anche tenendo conto degli effetti cumulativi legati alla contestuale realizzazione di altri interventi/opere.

Come ampiamente illustrato nelle premesse della relazione sulle motivazioni e scenario di base, l'intervento in progetto è parte dell'itinerario Cagliari – Pula, individuato come variante all'attuale SS195 "Sulcitana".

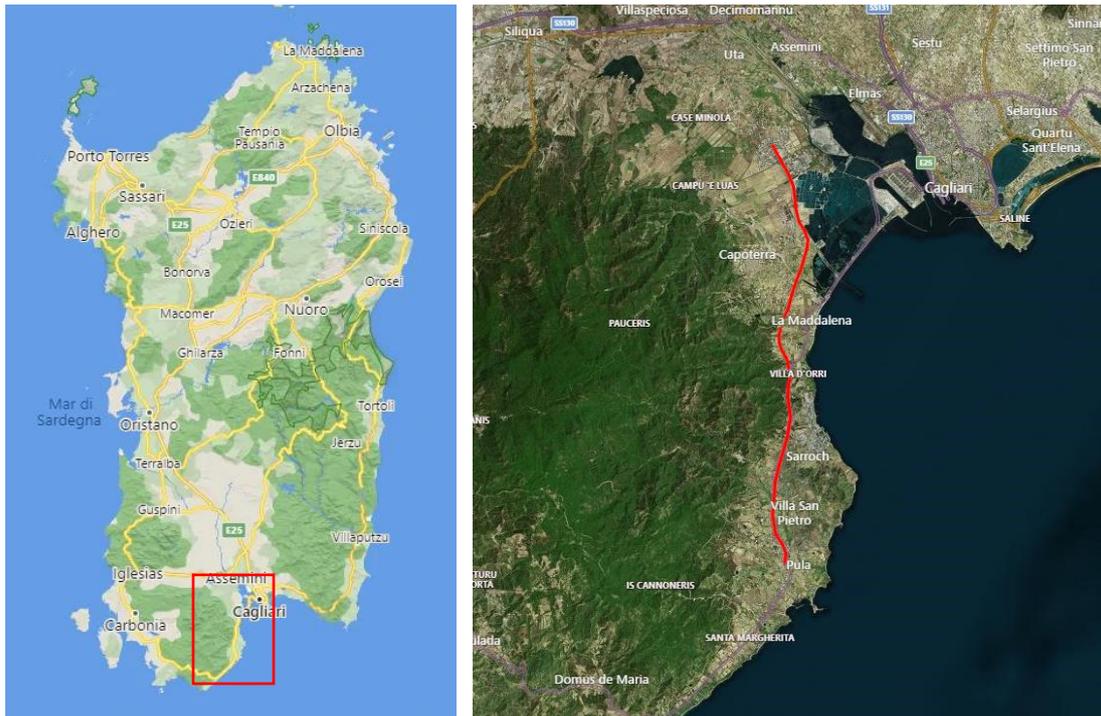


Figura 1.1: Inquadramento territoriale dell'area di intervento e dell'itinerario Cagliari - Pula

L'itinerario Cagliari – Pula è già stato, nella sua interezza, sottoposto a conferenza dei servizi e procedura di VIA di livello statale, ottenendo la relativa dichiarazione di compatibilità ambientale con prescrizioni nel 2007.

Nel frattempo il Lotto 3 risulta realizzato, mentre il Lotto 1 è in corso di ultimazione e il lotto 2 è stato oggetto di nuova progettazione definitiva nel 2020 ed è stato nuovamente sottoposto a procedura di VIA, conclusa nel 2021.

Le valutazioni riportate presente studio, pertanto, si basano sull'assunto che:

- alla data di avvio dei lavori per la realizzazione del lotto in esame, i relativi lavori del limitrofo Lotto 1 saranno già completati, e pertanto non ci saranno effetti cumulativi/concorsuali dovuti alla prossimità/contemporaneità tra i due cantieri.
- Allo stesso modo, le analisi correlate alla presenza "fisica" dell'infrastruttura, quali ad esempio le modellazioni idrauliche o le analisi geologiche/geotecniche, considerano già realizzato il limitrofo lotto 1, attualmente in fase di completamento.
- Alla data di entrata in esercizio del lotto in esame, l'intero itinerario sarà realizzato e in esercizio, e pertanto gli impatti in esercizio generati dal traffico stradale saranno commisurati ai flussi previsti nella situazione con l'intero collegamento Cagliari – Pula realizzato.

PROGETTAZIONE ATI:

## 2. ANALISI DEGLI IMPATTI AMBIENTALI E INDIVIDUAZIONE DELLE AZIONI DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE IN FASE DI CANTIERE

### 2.1. POPOLAZIONE E SALUTE UMANA

#### 2.1.1. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

La stima degli impatti potenziali sulla popolazione e la salute umana derivanti dalle attività previste in fase di costruzione va effettuata con riferimento a:

- la presenza di cause significative di rischio per la salute umana connesse con le attività di cantiere, derivanti dalla possibile generazione/emissione/diffusione di: sostanze chimiche e componenti di natura biologica (allergeni, tossine da microrganismi patogeni); inquinanti atmosferici (CO, CO<sub>2</sub>, NOX, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>...); emissioni odorigene; rumore e vibrazioni.
- Rischi eco-tossicologici potenzialmente rilevanti dal punto di vista sanitario (acuti e cronici, a carattere reversibile ed irreversibile);
- La gestione delle eventuali sostanze/materiali inquinanti presenti e/o manipolati nell'ambito del cantiere, in relazione ai processi di: dispersione, diffusione, trasformazione, deposizione, degradazione, immissione nelle catene alimentari, bioaccumulo e valutati in funzione delle caratteristiche delle comunità coinvolte e dei ricettori (abitativi, lavorativi, ricreativi) ricadenti nell'area in esame, con particolare attenzione ai ricettori sensibili (scuole, ospedali, case di cura, ecc);
- la definizione dei livelli di qualità e sicurezza intrinseca del cantiere, inteso come ambito lavorativo e come sistema potenzialmente interferente con altre attività dell'uomo esterne ad esso.

Con riferimento al caso in esame, occorre preliminarmente evidenziare che il territorio in cui si inserisce l'opera presenta una scarsa antropizzazione e una bassissima densità abitativa con pochi ricettori isolati, e l'assenza di ricettori particolarmente sensibili.

Nello specifico, con riferimento alle attività di cantiere, i fattori che possono, potenzialmente, generare un rischio per la salute umana sono quelli relativi a:

- inquinamento atmosferico,
- emissioni sonore e di vibrazioni.
- la gestione dei rifiuti prodotti dal cantiere;
- la manipolazione di sostanze potenzialmente tossiche o inquinanti;
- la sicurezza dei cantieri, con riferimento sia ai lavoratori sia agli utenti che attualmente utilizzano la strada esistente in adeguamento (rischio di incidenti stradali).

Per quanto riguarda l'**inquinamento atmosferico**, alla luce delle analisi riportate al par. 2.5, le interferenze prodotte dalle attività di cantiere sullo stato di salute della popolazione circostante, possono ritenersi poco significative.

Saranno comunque previsti dei punti di monitoraggio in fase di cantiere per verificare i livelli di emissioni in atmosfera durante i lavori.

Per quanto concerne l'**impatto acustico**, come descritto al par. 2.7, anche a causa della quasi totale assenza di ricettori nell'immediato intorno del cantiere, le analisi condotte non portano a ritenere che tale tipologia di impatto possa avere ricadute sulla salute umana.

PROGETTAZIONE ATI:

Come per la componente Aria, al fine di monitorare le attività di cantiere rispetto alla componente "Rumore" si prevede l'attività di monitoraggio in corso d'opera.

Anche per quanto riguarda le **vibrazioni**, tenuto conto dell'assenza di ricettori in prossimità delle aree ove avverranno le lavorazioni, l'impatto sulla salute umana può essere giudicato non significativo.

Per quanto riguarda la **gestione dei rifiuti** prodotti dal cantiere e la manipolazione di sostanze potenzialmente tossiche o inquinanti, la prevenzione/mitigazione dell'impatto è necessariamente demandata al rigoroso rispetto delle procedure previste per legge per ogni categoria specifica di rifiuto prodotto o di sostanza utilizzata. Un più si dovrà avere cura di promuovere, per quanto possibile, il recupero/riciclo sia dei rifiuti sia dei materiali classificabili come sottoprodotti.

In tal senso una buona pratica di cantiere è quella di dotare ogni area di apposite "isole" per la raccolta differenziata dei rifiuti sensibilizzando preventivamente i lavoratori per un corretto uso delle stesse.

In merito alla **sicurezza dei cantieri**, si fa riferimento a quanto espressamente previsto nell'ambito del Piano della sicurezza e al rispetto delle vigenti normative in materia. Tale aspetto è di particolare importanza sia per la salvaguardia dei lavoratori direttamente impegnati nel cantiere, sia per la tutela degli utenti che attualmente utilizzano la strada esistente in adeguamento.

Per quanto concerne specificamente il rischio connesso alla presenza di **sostanze/materiali inquinanti**, come descritto nella relazione del quadro conoscitivo, il progetto lambisce e/o interferisce marginalmente con alcune aree oggetto di bonifica.

In tutti i tratti in oggetto il progetto è stato elaborato in maniera da ridurre al minimo gli scavi e la produzione di terre e rocce da scavo. I tratti sono, infatti, prevalentemente in rilevato o a raso; sono pertanto previste operazioni di scotico (rimozione del terreno vegetale spessore 20 cm) e lo scavo di bonifica del piano di appoggio dei rilevati.

Nel rispetto del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 è stata elaborata una analisi di rischio sanitaria relativa a tutto il tracciato dell'Opera Connessa Nord, per la quale si rimanda all'elaborato di progetto T00CA00GEORE03. Nel seguito si riporta una sintesi delle principali ipotesi alla base dell'elaborazione dell'analisi di rischio sanitaria per la tutela dei lavoratori nonché dei principali risultati ottenuti.

Le indagini pregresse, svolte da Syndial lungo l'oleodotto e all'interno dell'area Is Campus, hanno evidenziato la presenza di sorgenti secondarie di contaminazione in diverse matrici ambientali; nel suolo superficiale, nel suolo profondo e nelle acque sotterranee. Nei mesi di novembre 2020 e gennaio 2021, Anas ha eseguito ulteriori indagini ambientali con prelievo di campioni di terreno da sottoporre ad analisi di laboratorio. I risultati analitici conseguiti sono stati confrontati con le CSC indicate dal D.Lgs. 152/06 per siti ad uso commerciale e industriale ed hanno restituito per tutti i campioni e per tutti i parametri ricercati, concentrazioni inferiori alle corrispondenti CSC di riferimento. Tenendo conto sia delle indagini pregresse Syndial sia di quelle più recenti Anas, secondo un approccio di massima cautela, è stata effettuata una valutazione del rischio sanitario applicando i criteri illustrati nel Manuale Operativo INAIL del 2014. Ai fini della valutazione del rischio sono stati presi in considerazione i lavoratori coinvolti nella realizzazione dell'infrastruttura.

Tali lavoratori sono potenzialmente esposti all'inalazione di vapori che si possono sprigionare dalle sorgenti secondarie di contaminazione individuate nel suolo superficiale, nel suolo profondo e nella falda. Inoltre, sono anche potenzialmente esposti all'inalazione di polveri provenienti dalle due sorgenti secondarie di contaminazione individuate nel suolo superficiale.

La valutazione del rischio ha mostrato che per tutti i contaminanti, ad esclusione del 1,2 dicloroetano, il rischio sanitario può essere considerato trascurabile. Per il 1,2 dicloroetano, sostanza considerata cancerogena (Carc 1B secondo il Regolamento CE n. 1272/2000), le concentrazioni in aria, calcolate con modello quantitativo e secondo un approccio conservativo, risultano superiori alla "concentrazione di riferimento in aria" (in corrispondenza della quale si può ragionevolmente ritenere l'esposizione del lavoratore confrontabile con quella della popolazione generale) ma di tre ordini di grandezza inferiori al corrispondente valore limite di esposizione professionale. Alla luce di quanto

PROGETTAZIONE ATI:

sopra, per i suddetti lavoratori dovranno essere adottate misure di prevenzione e protezione, gestite ai sensi del Titolo IX del D.Lgs. 81/08 e contenute all'interno dei documenti di Piano di Sicurezza e Coordinamento / Piano Operativo di Sicurezza (in fase di cantiere).

In conclusione lo studio ha dimostrato che la realizzazione dell'Opera Connessa Nord, con l'adozione degli accorgimenti connessi alla gestione della sicurezza in fase di cantiere e il rigido rispetto dei dettami normativi inerenti alla gestione delle terre da scavo, non determinerà un aggravio di rischi per la salute dei lavoratori, nel rispetto del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81.

Un altro fattore di rischio per la salute umana, per un cantiere come quello in esame che prevede lavorazioni in prossimità di strade in esercizio, è costituito dagli **incidenti stradali** che si possono verificare, ad esempio, per via di una errata interpretazione o comprensione della modifica provvisoria della viabilità e/o dei segnali di pericolo o della cartellonistica.

In tal senso si raccomanda, al di là delle dotazioni minime previste per legge, di adottare sistemi di segnalamento particolarmente efficaci in tutti i tratti in cui saranno effettuate lavorazioni in soggezione di traffico, con relative deviazioni, restringimenti o incanalamenti che possono configurare situazioni di incertezza e pericolo per l'utenza. Tali sistemi possono essere costituiti orientativamente da:

- pannelli a messaggio variabile su carrello mobile manovrabile con automezzo;
- impianti luminosi sequenziali a led;
- sbandieratori stradali elettromeccanici;
- strisce sonore e bande di rallentamento;
- marker stradali (occhi di gatto) a led sulle strisce delle corsie provvisorie;
- rilevatori elettronici di velocità mobili attrezzati su carrello.

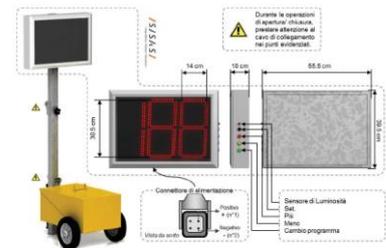


Figura 2.1: esempi di sistemi di segnalazione e monitoraggio della velocità

PROGETTAZIONE ATI:

## 2.2. BIODIVERSITÀ

### 2.2.1. ELEMENTI DELLA RETE NATURA 2000 E AREE PROTETTE

In relazione ai Siti della Rete Natura 2000 e alle ZPS, l'area destinata all'impianto, non rientra in Zona SIC, né in ZPS ma è limitrofa alla ZSC Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla (ITB040023) (Figura 2).



**Figura 2 Individuazione del sito di intervento rispetto alla presenza deisiti della Rete Natura 2000L'area in verde identifica la ZSC Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla (ITB040023)**

Nell'ambito di questa relazione si faranno delle considerazioni sui possibili impatti che la realizzazione di opera progettuale potrebbe determinare su specie e habitat elencati nel formulario della suddetta ZSC.

Il sito, interamente inglobato nel sistema urbano di quattro Comuni ovvero nell'agglomerato industriale di Macchiareddu, confinato dall'aeroporto di Cagliari-Elmas e dall'area del Porto Canale, ha un'estensione di circa 5983 ha, di cui il 6% ricade in area marina. I confini geografici sono definiti per lo più dalla viabilità peristagnale, che attraversa l'area industriale di Macchiareddu a sud-ovest (S.P. 92 – Macchiareddu, la strada Saline Conti Vecchi, la Strada Consortile Macchiareddu); a nord-ovest la via Ignazio Coghe (nell'area periurbana di Assemini); a nord-est alcune strade rurali che poi si collegano a via Salicornia e via Sa Mura nel territorio di Elmas, i margini del quartiere di Giliacquas, la pista dell'aeroporto di Elmas, la strada in prossimità del canale di guardia est (raccordo SS 195); a sud-est la ss 195 e il tratto di mare lungo la costa del Giorgino sino ad includere lo Stagno di Capoterra con confine la zona di espansione della Residenza del Sole. La zona umida fa parte del sistema costiero del Golfo di Cagliari ed il rapporto tra le acque continentali e quelle marine caratterizza fortemente la struttura ed il funzionamento dell'ecosistema lagunare, tanto da conferirgli un elevato valore ecologico comunitario sia per la presenza di habitat e di specie di interesse comunitario, anche rare, vulnerabili o minacciate di estinzione, sia per le attività economiche esistenti. Il sito comprende l'intera area umida e alcune aree peristagnali dello Stagno di Cagliari, ben più noto come Stagno di Santa Gilla, complesso corpo idrico ubicato in un antico fondovalle, formatosi nei sistemi di foce del Flumini Mannu, del Riu Cixerri, del Rio di Santa Lucia e di altri affluenti secondari. Il sito è inserito nella regione biogeografica Mediterranea. Lo Stagno di Cagliari costituisce un'entità

PROGETTAZIONE ATI:

ambientale di grande complessità sia sotto il profilo strutturale che funzionale. Vi sono rappresentati diversi tipi di habitat, naturali, seminaturali o artificiali, sia terrestri che acquatici, caratterizzati da un'elevata varietà di associazioni vegetali e quindi da una notevole biodiversità anche in termini di popolamenti animali (**Figura 3**).

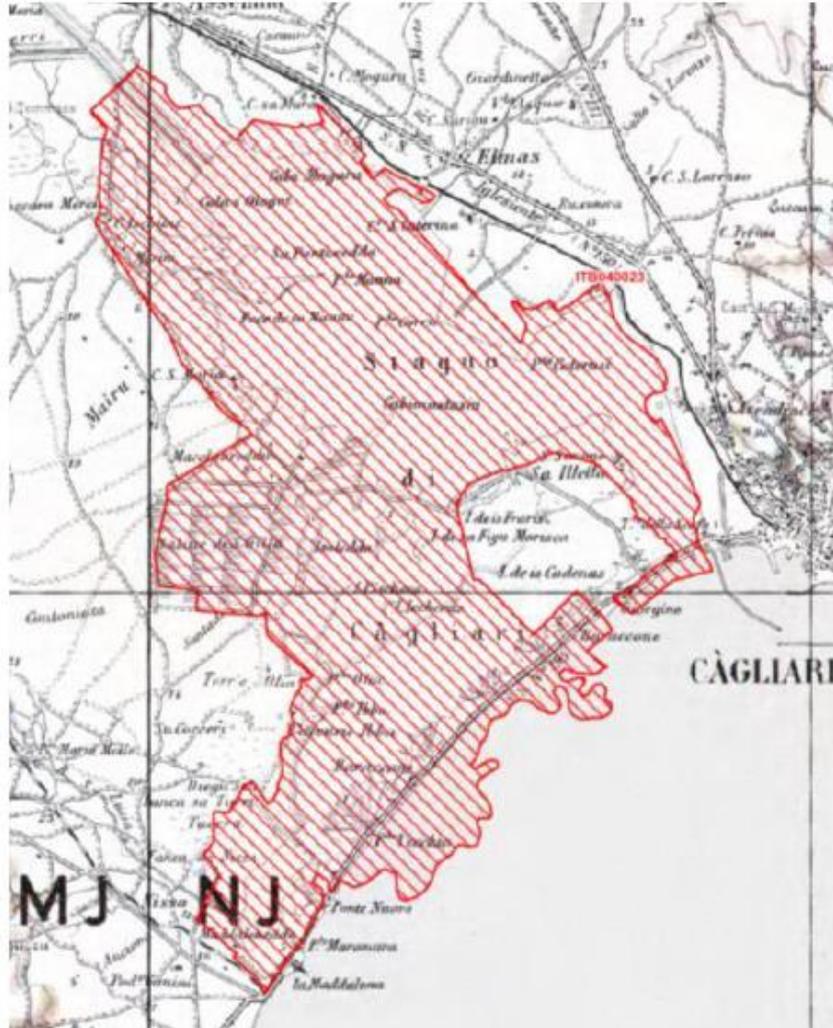


Figura 3 Perimetrazione del Ministero dell'Ambiente del SIC/ZSC su base cartografica IGM 1:100.000, allegata al —Formulario Standard

### 2.2.2. TIPI DI SPECIE VEGETALI E DI HABITAT PRESENTI NEL SITO E RELATIVA VALUTAZIONE DEL SITO

Il Formulario Standard riporta l'elenco degli habitat di cui all'Allegato I della Direttiva 92/43/CEE; per ciascun habitat dell'elenco (indicato con il codice e la denominazione con cui è riportato nell'Allegato I) vengono riportati i dati quantitativi e le valutazioni che riguardano il grado di conservazione a livello locale e il grado di rappresentatività in ambito nazionale. Gli habitat prioritari (art. 1, lettera d della Dir.92/43/CEE) sono indicati, con una X nella relativa colonna. Le abbreviazioni e le codifiche utilizzate nelle due sezioni della tabella sono le seguenti:

PROGETTAZIONE ATI:

RELAZIONE DI ANALISI DEGLI IMPATTI E INDIVIDUAZIONE DELLE AZIONI

Habitat

PF: (Priority form) voce dedicata ai soli habitat 6210, 7130 e 9430 di per sé non prioritari ma dei quali esiste una forma prioritaria  
NP: individua habitat non più esistenti nel sito  
Qualità dei dati: G = buona; M = mediocre, P = scarsa

Valutazione del sito

Rappresentatività: A = eccellente; B = buona; C = significativa; D = non significativa  
Superficie relativa (con riferimento al totale nazionale): A: 100%  $\geq$  p > 15%; B: 15%  $\geq$  p > 2%; C: 2%  $\geq$  p > 0%  
Grado di conservazione: A = eccellente; B = buono; C = medio o limitato  
Valutazione Globale: A = valore eccellente; B = valore buono; C = valore significativo

Habitat dell'Allegato I			Formulario standard								Aggiornamento									
Codice	Nome scientifico	Prioritario	Habitat				Valutazione del sito				Habitat			Valutazione del sito						
			PF	NP	Copertura (ha)	Grotte (numero)	Qualità dei dati	Rappresentatività	Superficie relativa	Grado di conservazione	Valutazione globale	PF	NP	Copertura (ha)	Grotte (numero)	Qualità dei dati	Rappresentatività	Superficie relativa	Grado di conservazione	Valutazione globale
1110	Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina				134,67		P	D					134,67		P	D				
1120	Praterie di Posidonia ( <i>Posidonium oceanicae</i> )				358,98		M	A	C	A	A			361,00		M	A	C	A	A
1150	Lagune costiere	X			1249,3		P	B	B	A	A			1249,30		P	B	B	A	A

Habitat dell'Allegato I			Formulario standard								Aggiornamento									
Codice	Nome scientifico	Prioritario	Habitat				Valutazione del sito				Habitat			Valutazione del sito						
			PF	NP	Copertura (ha)	Grotte (numero)	Qualità dei dati	Rappresentatività	Superficie relativa	Grado di conservazione	Valutazione globale	PF	NP	Copertura (ha)	Grotte (numero)	Qualità dei dati	Rappresentatività	Superficie relativa	Grado di conservazione	Valutazione globale
1210	Vegetazione annua delle linee di deposito marine				59,83		P	A	C	B	B			59,83		P	A	C	B	B
1310	Vegetazione annua pioniera di Salicornia e altre specie annuali delle zone fangose e sabbiose				88		M	A	B	A	A			88,37		M	A	B	A	A
1410	Pascoli inondati mediterranei ( <i>Juncetalia maritimi</i> )				48,42		M	C	C	C	C			90,43		M	C	C	C	C
1420	Praterie e fruticeti alofili mediterranei e termo-atlantici ( <i>Sarcocometea fruticosi</i> )				478,64		M	C	C	C	C			502,03		M	C	C	C	C
1430	Praterie e fruticeti alonitrofilii ( <i>Pegano-Salsoletea</i> )				119,66		P	C	C	C	C			141,89		P	C	C	C	C
1510	Steppe salate mediterranee ( <i>Limonietales</i> )	X			1,0		M	B	B	A	A			2,00		M	B	B	A	A
2110	Dune mobili embrionali				1,66		M	C	C	C	C			8,31		M	C	C	C	C
2240	Dune con prati di <i>Brachipodietalia</i>				239,32		P	B	C	C	C			3,56		P	B	C	C	C

PROGETTAZIONE ATI:

Habitat dell'Allegato I			Formulario standard								Aggiornamento									
Codice	Nome scientifico	Prioritario	Habitat				Valutazione del sito				Habitat			Valutazione del sito						
			PF	NP	Copertura (ha)	Grotte (numero)	Qualità dei dati	Rappresentatività	Superficie relativa	Grado di conservazione	Valutazione globale	PF	NP	Copertura (ha)	Grotte (numero)	Qualità dei dati	Rappresentatività	Superficie relativa	Grado di conservazione	Valutazione globale
	vegetazione annua																			
92D0	Gallerie e forteti ripari meridionali ( <i>Nerio-Tamaricetea</i> e <i>Securinegion tinctoriae</i> )				59,83		M	C	C	C	C			5,79		M	C	C	C	C

### 2.2.3. FAUNA ELENCAZIONE NEL FORMULARIO STANDARD DEL SITO

L'elenco delle specie faunistiche segnalate all'interno del sito della rete Natura 2000 è riportato in **Allegato 1**. Si rappresenta che nel sito non sono state rinvenute specie di interesse conservazionistico appartenenti alla Classe *Mammalia* e alla Classe *Amphibia* mentre sono presenti poche specie della Classe *Reptilia* e dei pesci.

Numerose sono le specie appartenenti alla Classe *Aves* e sono riportate quelle di cui all'art. 4 della Direttiva 2009/147/CE, vale a dire quelle elencate nell'Allegato I (art. 4, par. 1, indicate con X nella colonna —Prioritaria) e quelle migratrici non menzionate nell'Allegato I che ritornano regolarmente (art. 4, par. 2).

### 2.2.4. DESCRIZIONE DEGLI IMPATTI DETERMINATI DAL PROGETTO

#### 2.2.5. IMPATTI SU HABITAT E SPECIE FLORISTICHE

In linea generale lo studio verifica le potenziali interferenze della realizzazione delle opere in progetto nei confronti degli habitat e delle specie floristiche di interesse comunitario segnalati per le aree Natura 2000. In generale, le possibili interferenze possono essere sintetizzate come segue:

- sottrazione e/o frammentazione di habitat;
- alterazione della struttura e della composizione delle fitocenosi con conseguente diminuzione del livello di naturalità della vegetazione;
- fenomeni di inquinamento degli habitat, dovuti a potenziali sversamenti in fase cantiere.

#### 2.2.6. IDENTIFICAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL PROGETTO E DEL SITO

L'area interessata dal progetto non ricade all'interno della ZSC in esame.

Come si evince agevolmente dalla **Figura 4**, le attività in progetto comportano occupazione di suolo esternamente alla ZSC per cui non si avrà sottrazione di aree naturali di pregio al suo interno; esse non rappresenteranno elementi di frammentazione ecologica e non si prevede un disturbo al patrimonio faunistico legato alla presenza della piattaforma stradale.

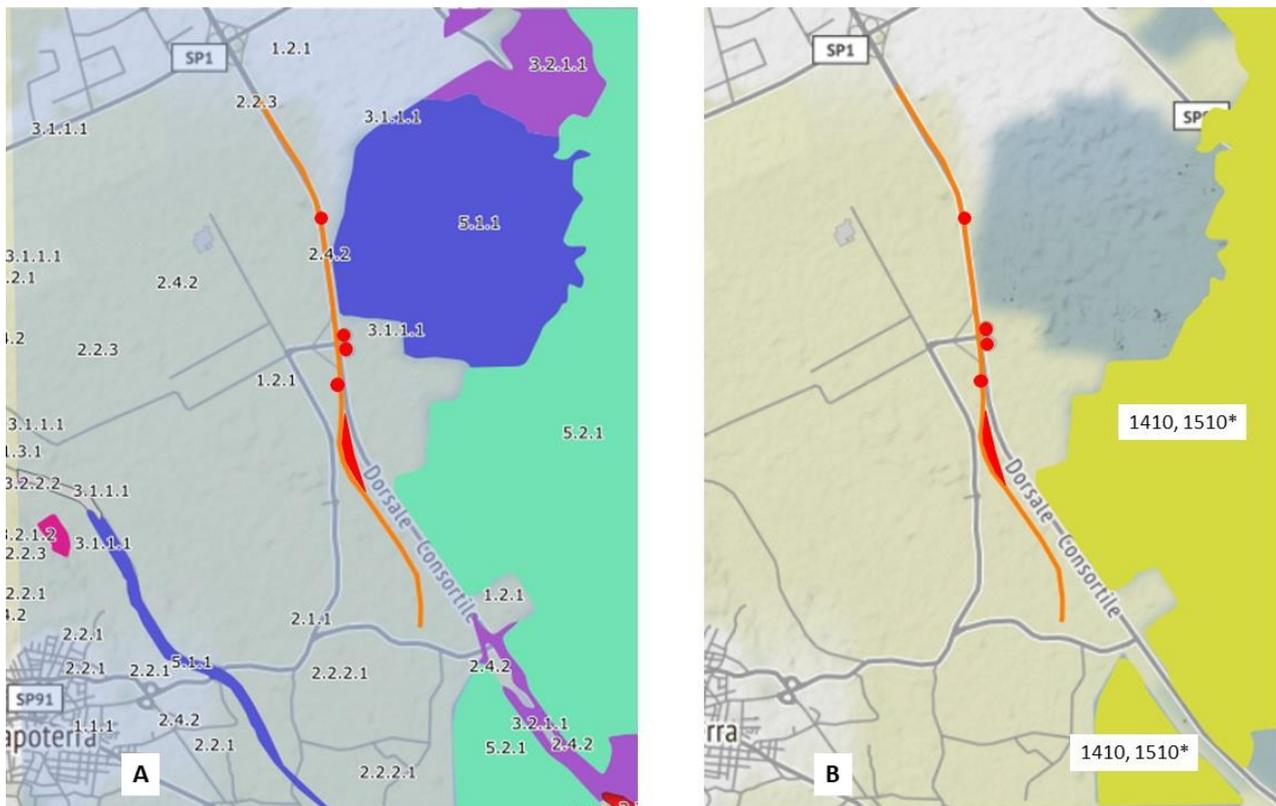


Figura 4 Carta delle interferenze tra le aree di cantiere con la Vegetazione reale (A) e gli Habitat (B). Il tracciato stradale è tratteggiato in arancione e le aree di cantiere in rosso.

### 2.2.7. IDENTIFICAZIONE DEGLI EFFETTI POTENZIALI SULLA ZSC

In relazione alle caratteristiche del progetto, alle caratteristiche ambientali della ZSC ed alle informazioni raccolte, per la fase di screening è possibile identificare le interferenze potenziali di seguito indicate.

Considerando:

- che il progetto di ampliamento della SS 195 “Sulcitana” Cagliari-Pula, opera connessa Nord”, non interessa direttamente l’area della ZSC;
- la presenza della ZSC è designata principalmente per la presenza di habitat;

Le analisi compiute sulla componente vegetazionale e floristica escludono che, durante la fase di realizzazione o a seguito della messa in esercizio dell’opera si verifichino significative interferenze.

### 2.2.8. INCIDENZA SULLE SPECIE FAUNISTICHE

L’analisi delle interferenze a carico delle specie faunistiche, nell’area vasta che comprende la zona in cui è prevista l’opera progettuale, è stata effettuata sulle specie riportate nella *Check list* dell’**Allegato 1**.

In generale, si ritiene che sia la fase di cantiere che quella di esercizio interferiscono sulla componente faunistica in quanto determinano sottrazione di habitat, interruzione dei corridoi di spostamento e disturbo da rumore. Tuttavia, mentre la fase di cantiere, essendo limitata e temporanea, provocherà impatti poco significativi, la fase di esercizio determinerà impatti a lungo termine e a maggior peso in quanto aumenterà il rischio di collisione, legato al transito dei veicoli

PROGETTAZIONE ATI:

sull'infrastruttura, aumenterà l'inquinamento dovuto ai residui di pneumatici, di olio motore, ma anche l'inquinamento luminoso e acustico.

### 2.2.9. SCELTA DELLE SPECIE TARGET DI AVIFAUNA

Il modello che si propone in questo lavoro è specie-specifico: esso non può essere esteso a interi gruppi tassonomici in quanto ogni specie ha proprie capacità di spostamento e proprie esigenze ecologiche.

Sulla base dei dati bibliografici ufficialmente reperibili per l'area sono state selezionate 3 specie "target": *Larus audouinii*, *Phalacrocorax aristotilis desmarestii*, *Porphirio porphirio*.

La selezione delle specie è stata effettuata basandosi sia su criteri scientifici (abbondanza nell'area di rilevamento, rappresentatività delle specie per la descrizione dell'ambiente, presenza nei diversi periodi dell'anno), sia sulla base di caratteristiche che ne rendono relativamente semplice l'osservazione ed il riconoscimento. Per ogni specie si fornisce una scheda descrittiva.

#### Gabbiano corso (*Larus audouinii*) Payraudeau, 1826

##### Tassonomia

Regno	Phylum	Classe	Ordine	Famiglia
ANIMALIA	CHORDATA	AVES	CHARADRIIFORMES	LARIDAE

##### Areale Geografico

<b>Distribuzione</b>	Parzialmente sedentaria e nidificante in isole del tirreno, Sardegna e Puglia.
----------------------	--

##### Habitat ed Ecologia

<b>Habitat ed Ecologia</b>	Aree marine costiere. Nidifica in colonie su scogliere pietrose. Recentemente in Sardegna ha colonizzato con successo alcune zone umide costiere (Nissardi S., com. pers).
<b>Ambiente</b>	Terrestre

##### Minacce

<b>Principali minacce</b>	Trasformazione dell'habitat di nidificazione. Disturbo antropico nei siti di nidificazione e riduzione delle risorse trofiche.
---------------------------	--

#### Marangone dal ciuffo (*Phalacrocorax aristotilis desmarestii*), Linnaeus, 1761

##### Tassonomia

Regno	Phylum	Classe	Ordine	Famiglia
ANIMALIA	CHORDATA	AVES	PROCELLARIIFORMES	PHALACROCORACIDAE

##### Areale Geografico

<b>Distribuzione</b>	Specie sedentaria e nidificante con colonie localizzate soprattutto in Sardegna e isole satelliti. Piccoli nuclei anche nell'Arcipelago Toscano, Sicilia e Lazio.
----------------------	---

##### Habitat ed Ecologia

<b>Habitat ed Ecologia</b>	Specie pelagica coloniale, nidifica in zone costiere rocciose (Brichetti & Fracasso 2003).
<b>Ambiente</b>	Terrestre

PROGETTAZIONE ATI:

Minacce

<b>Principali minacce</b>	Minacce principali costituite dall'antropizzazione costiera e dal disturbo antropico nelle aree di nidificazione e alimentazione.
---------------------------	---

**Pollo sultano (*Porphirio porphirio*), Linnaeus, 1758**

Tassonomia

Regno	Phylum	Classe	Ordine	Famiglia
ANIMALIA	CHORDATA	AVES	GRUIFORMES	RALLIDAE

Areale Geografico

<b>Distribuzione</b>	Presente in Sardegna e reintrodotta in Sicilia.
----------------------	---

Habitat ed Ecologia

<b>Habitat ed Ecologia</b>	Rallide tipicamente legato agli ecosistemi palustri caratterizzati dalla presenza di vegetazione lungo le sponde. Occupa stabilmente zone umide interne e costiere, laghi, invasi artificiali, paludi, stagni anche temporanei, canali di bonifica e di irrigazione, impianti di fitodepurazione, aste fluviali (Andreotti 2001).
<b>Ambiente</b>	Terrestre

Minacce

<b>Principali minacce</b>	Trasformazione dell'habitat di nidificazione e alimentazione (degrado e frammentazione), interventi di bonifica e sistemazione idraulica, bracconaggio. La predazione da parte di cani vaganti o randagi può causare locali decrementi anche consistenti (Nissardi S., com. pers.)
---------------------------	--

**2.2.10. MODELLI DI IDONEITÀ PER LE SPECIE TARGET**

I modelli di idoneità ambientale permettono di definire la distribuzione potenziale di specie di fauna e flora in un determinato territorio.

In questo lavoro, i modelli di idoneità ambientale sono stati sviluppati usando un approccio deterministico. I modelli deterministici sono utilizzati quando sono ben note le relazioni specie-habitat, quando mancano dati di presenza in numero sufficiente per una significatività statistica, oppure quando questi dati non sono rappresentativi dello spettro ambientale incluso nell'areale della specie. L'obiettivo delle analisi è consistito nell'individuare le aree della zona di interesse che possano soddisfare i requisiti della nicchia ecologica della specie, e che quindi formino parte della distribuzione potenziale della specie stessa.

Per la definizione della distribuzione potenziale delle specie sono state considerate le categorie di uso del suolo (Corine Land Cover al III e IV livello di risoluzione in scala 1:100000) perché meglio spiegano le necessità ecologiche delle specie stesse. Le classi di uso del suolo sono state riclassificate in quattro categorie di idoneità (0 = non idoneo; 1 = bassa idoneità, 2 = media idoneità, 3 = alta idoneità). La relazione specie habitat utilizzata ai fini della riclassificazione dei vari strati cartografici è stata basata su dati bibliografici.

I dati di ingresso per il modello sono stati ottenuti da tematismi digitali usando un software GIS (QGis 3.18).

Al modello di idoneità è stata sovrapposta l'area del tracciato imponendo un buffer di 5 km.

PROGETTAZIONE ATI:

Attraverso un modulo di analisi ecologica a scala di paesaggio (*Patch Analyst*), sono state calcolate la superficie e la percentuale di habitat presenti nell'area indagata.

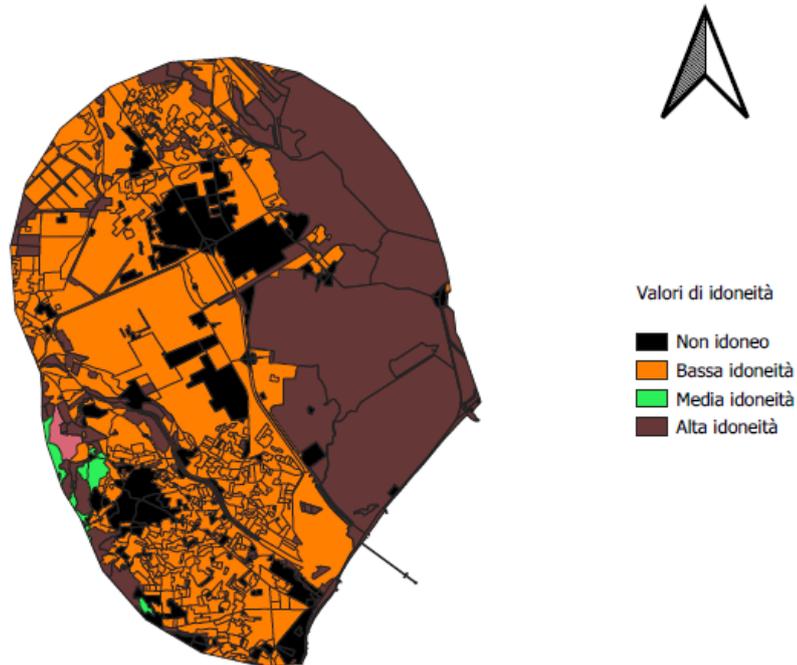
Nello specifico, sono stati calcolati indici basati sulla forma e sulla dimensione delle patch:

- *Class area (CA)*: somma delle superfici (in ha) di tutti i frammenti facenti parte di una stessa classe;
- *% di copertura*: copertura totale dei frammenti facenti parte di una stessa classe.

### Larus audouinii

Dal modello deterministico si evince che l'area è caratterizzata da una notevole quantità di habitat ad alta idoneità (41.47%) e da habitat a bassa idoneità (46.79%).

Modello di idoneità ambientale per il gabbiano corso (*Larus audouinii*)



0 5001,000 km

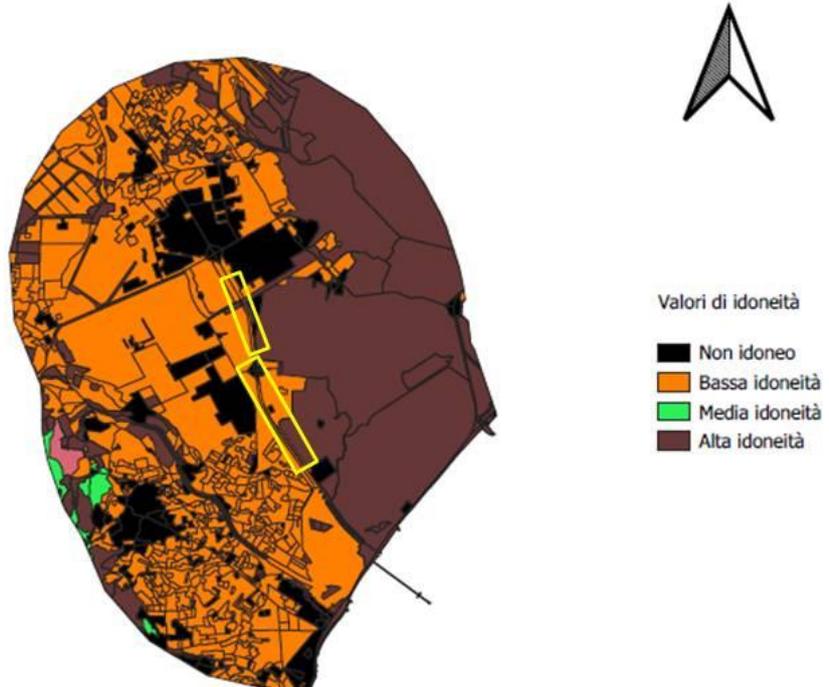


Classi idoneità	Area in ha	%
Non idoneo	1372.36	11.07
Bassa idoneità	5802.36	46.79
Media idoneità	83.3	0.67
Alta idoneità	5142.32	41.47

L'inserimento del tracciato sia in fase di cantiere che in fase di esercizio determinerà impatti a breve termine, reversibili e locali/regionali.

PROGETTAZIONE ATI:

Modello di idoneità ambientale per il  
gabbiano corso (*Larus audouinii*)



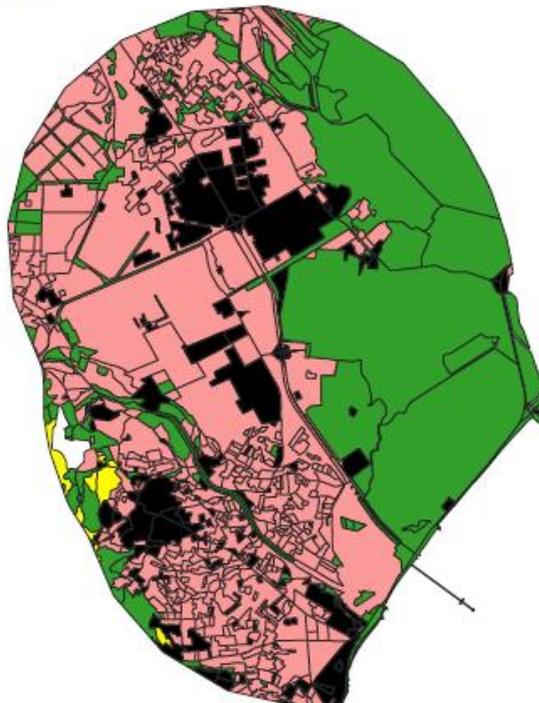
La fase di cantiere intercetterà aree ad alta idoneità per la specie in esame ma essendo di breve durata non determinerà impatti significativi.

PROGETTAZIONE ATI:

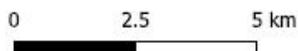
### Phalacrocorax aristotilis desmarestii

Dal modello deterministico si evince che l'area è caratterizzata da una notevole quantità di habitat ad alta idoneità (41.43%) e da habitat a bassa idoneità (46.79%).

Modello di idoneità ambientale per il  
maragone dal ciuffo (*Phalacrocorax aristotilis  
desmarestii*)



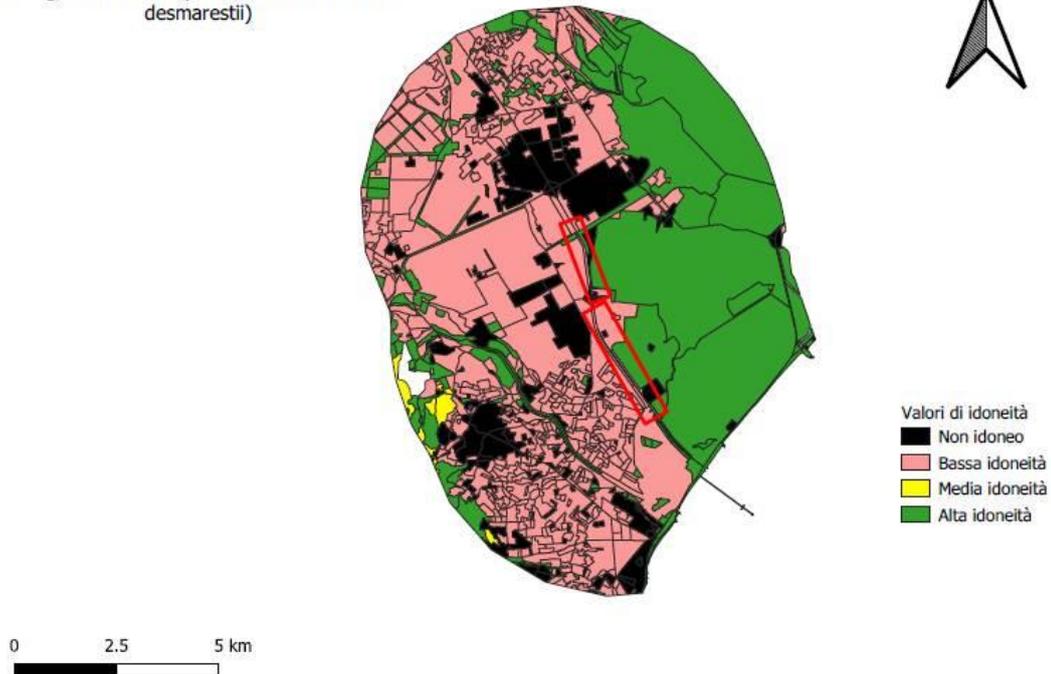
Valori di idoneità  
 ■ Non idoneo  
 ■ Bassa idoneità  
 ■ Media idoneità  
 ■ Alta idoneità



Classi idoneità	Area in ha	%
Non idoneo	1372.36	11.07
Bassa idoneità	5802.36	46.79
Media idoneità	88.5	0.71
Alta idoneità	5137.06	41.43

PROGETTAZIONE ATI:

Modello di idoneità ambientale per il  
maragone dal ciuffo (*Phalacrocorax aristotilis  
desmarestii*)



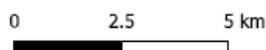
Si ritiene che la fase di cantiere, rispetto a quella di esercizio, sarà maggiormente impattante per la specie ma, essendo temporanea e concentrata in aree circoscritte, non sarà significativa poiché non provocherà frammentazione degli habitat né riduzione nella densità delle specie.

PROGETTAZIONE ATI:

### Porphirio porphirio

Dal modello deterministico si evince che l'area è caratterizzata da una notevole quantità di habitat ad alta idoneità (41.84%) e da habitat a bassa idoneità (46.79%).

Modello di idoneità ambientale per il pollo  
sultano (Porphirio porphirio)

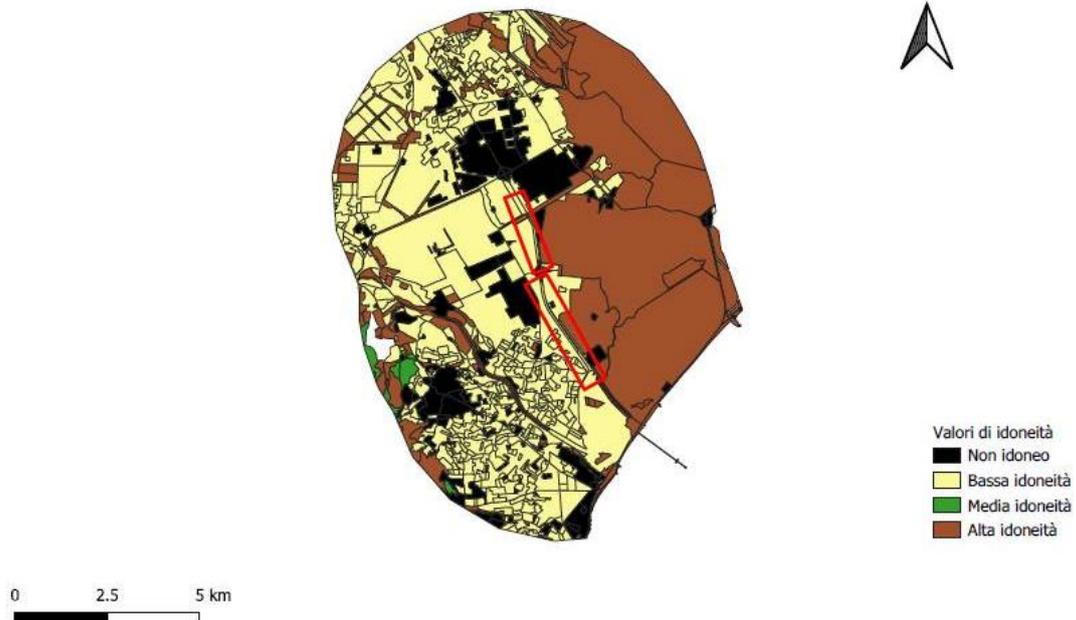


Valori di idoneità  
 ■ Non idoneo  
 ■ Bassa idoneità  
 ■ Media idoneità  
 ■ Alta idoneità

Classi idoneità	Area In ha	%
Non idoneo	1372.36	11.07
Bassa idoneità	5802.36	46.79
Media idoneità	37.34	0.30
Alta idoneità	5188.28	41.84

PROGETTAZIONE ATI:

Modello di idoneità ambientale per il pollo sultano (Porphirio porphirio)



Anche in questo caso dallo studio delle carte si evince che alcune aree di cantiere saranno realizzate in zone considerate ad alta idoneità per la specie; tuttavia tale fase essendo di breve durata non determinerà impatti significativi.

PROGETTAZIONE ATI:

### 2.2.11. MISURE DI MITIGAZIONE GENERALI

Le analisi condotte nel presente studio sono volte a valutare sia gli habitat e le specie faunistiche e floristiche presenti nella ZSC interferiti entro un raggio tra 2 e 5 km rispetto ai tratti di ampliamento della piattaforma stradale della SS 195 "Sulcitana" Cagliari-Pula, opera connessa Nord" interessati dall'intervento, sia le interferenze connesse alla realizzazione di cui al progetto in esame.

Tale studio ha permesso di evidenziare i seguenti elementi di rilievo:

- il progetto in esame non interferisce con i siti Rete Natura 2000 presenti nell'area;
- in nessun caso, nell'ambito delle aree interessate dal progetto, si determinano sottrazioni di habitat di interesse comunitario;
- non vengono utilizzate risorse naturali presenti nei Siti Natura 2000;
- le opere non prevedono l'abbattimento se non in misura minima di vegetazione arborea o arbustiva per cui, per questo specifico caso, non si presentano le condizioni per interventi di mitigazione;

Stante gli impatti descritti, le mitigazioni di carattere generale da osservare nella fase di realizzazione dell'opera sono quelle di seguito riportate:

- terminata la fase di cantiere, gli interventi saranno limitati al ripristino delle condizioni *ex-ante*, realizzati attraverso il riposizionamento di suolo asportato e il ripristino delle giaciture originarie. Queste attività hanno l'obiettivo di favorire l'insediamento e lo sviluppo di cenosi naturali costituite esclusivamente da essenze autoctone ed ecotipi locali;
- piantumazioni di mitigazione nel caso in cui la società si vedrà costretta alla rimozione di essenze arbustive e/o arboree, oppure alla rimozione di cespuglieti e/o lembi boschivi; la piantumazione sarà di superficie pari almeno a quella rimossa e sarà effettuata con modalità che saranno dettagliate da un naturalista ed indirizzate verso l'inserimento di specie coerenti con le tipologie vegetazionali (reali e potenziali) presenti nell'area;
- ricreazione, per ogni habitat eventualmente sottratto, di siti funzionali alla riproduzione, all'alimentazione e al rifugio delle specie animali, necessari per favorire la tutela delle popolazioni dei gruppi che vivono nell'area d'intervento. Tali aree, sito/specifiche, saranno contraddistinte da caratteristiche eco-etologiche specifiche per gruppo tassonomico, avranno superficie pari almeno a quella rimossa e dovranno necessariamente essere individuate da un tecnico specializzato e monitorate per verificarne l'utilizzo nel tempo da parte delle specie;
- programmazione dei lavori tale da consentire che la fase di cantiere non interferisca con la stagione riproduttiva delle specie faunistiche e, in particolare, dell'ornitofauna, al fine di evitare il danneggiamento di nidi e nidiate e si cercherà di non prolungare i lavori nel tempo, in modo da ridurre al minimo la presenza di spazi meno adatti alla fauna selvatica; compatibilmente con le esigenze di realizzazione e cantierabilità delle opere;
- mantenimento di una limitata velocità dei mezzi di cantiere, in modo tale da ridurre al minimo la sospensione delle polveri e il rischio di collisione con specie dotate di scarsa mobilità come gli invertebrati e i piccoli vertebrati.

### 2.2.12. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

La descrizione degli effetti potenzialmente indotti sulle componenti floristiche, faunistiche e sugli equilibri naturali degli ecosistemi presenti durante la fase di costruzione dell'opera deve comprendere:

- I possibili effetti diretti o indiretti, sulle componenti floristiche e faunistiche e sugli equilibri naturali degli ecosistemi, in relazione alla capacità di resilienza degli ecosistemi potenzialmente interferiti;

PROGETTAZIONE ATI:

- le potenziali interazioni con le altre tematiche (sorgenti di rumore, emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera, acqua e suolo, alterazione dei circuiti idrici, cambiamenti climatici, eccetera);
- L'approfondimento inerente alle aree di particolare valenza ecologica direttamente interferite dall'opera in progetto, in modo temporaneo o permanente.

Successivamente alla caratterizzazione delle componenti ambientali, che fornisce la condizione di riferimento o scenario di base, si procede con l'individuazione di tutti i fattori che potrebbero influire negativamente sulla biodiversità, a seguito dell'esecuzione delle diverse azioni di progetto.

L'analisi degli impatti è stata di tipo qualitativo e per le specie animali sono stati sviluppati modelli di idoneità ambientale usando un approccio deterministico. La selezione delle specie è stata effettuata basandosi sia su criteri scientifici (abbondanza nell'area di rilevamento, rappresentatività delle specie per la descrizione dell'ambiente, presenza nei diversi periodi dell'anno), sia sulla base di caratteristiche che ne rendono relativamente semplice l'osservazione ed il riconoscimento.

### 2.2.13. MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

L'analisi qualitativa degli impatti ha permesso di constatare che l'opera progettuale, in fase di cantiere, determinerà impatti reversibili e locali/regionali. Nella fase di cantiere gli impatti saranno circoscritti alle attività che porteranno alla realizzazione della strada. Tali impatti tuttavia non sono significativi per le specie vegetali ed animali e gli habitat esaminati.

Complessivamente, alla luce dell'analisi condotta, si possono escludere effetti significativi sulla componente biodiversità conseguenti alla realizzazione del progetto descritto.

Naturalmente l'attuazione di misure di mitigazione come ad esempio la programmazione dei lavori tale da consentire che la fase di cantiere non interferisca con la stagione riproduttiva delle specie faunistiche e, in particolare, dell'ornitofauna, il mantenimento di una limitata velocità dei mezzi di cantiere, in modo tale da ridurre al minimo la sospensione delle polveri e il rischio di collisione con specie dotate di scarsa mobilità come gli invertebrati e i piccoli vertebrati, etc., sarà necessaria per minimizzare gli impatti a carico delle componenti analizzate e per tendere al corretto inserimento delle infrastrutture nel contesto paesaggistico e naturalistico descritto.

Ulteriori misure di prevenzione e mitigazione che potrebbero essere utilmente adottate sono volte principalmente a ridurre gli effetti di disturbo soprattutto durante l'esecuzione delle opere più prossime al limite dell'area dello Stagno di Cagliari riguardano:

- L'installazione di barriere antirumore provvisorie in corrispondenza delle lavorazioni più impattanti sotto il profilo del rumore: la barriera scelta sarà del tipo fonoisolante e fonoassorbente ad elevato abbattimento acustico, progettata per essere posizionata direttamente sul terreno senza opere di fondazione e per essere rimossa con facilità;
- L'utilizzo di teli antipolvere nel perimetro delle aree di cantiere/lavorazione: dovrà essere utilizzata una barriera schermante in poliestere a maglia fitta, caratterizzata da micropori che intrappolano le particelle PM10, le quali, agglomerandosi, cadranno per gravità al suolo;
- L'utilizzo di cannoni nebulizzatori per le lavorazioni maggiormente impattanti, nonché la copertura dei cassoni dei camion addetti al trasporto di terre e macerie con teli, e la bagnatura periodica delle aree di stoccaggio e dei piazzali di cantiere,

Oltre a quanto sopra evidenziato relativamente alle misure di mitigazione da utilizzare relativamente alla riduzione di polveri e rumore, in particolare a tutela della componente faunistica, si prevede di:

- segnalare e recintare le aree da cantiere per evitare la caduta di animali terricoli all'interno degli scavi;

- realizzare, se possibile, la recinzione del cantiere entro l'inizio del mese di aprile, per evitare l'ingresso nell'area di rettili e mammiferi in riproduzione.

Ovviamente nell'eseguire le lavorazioni si dovrà prestare la massima cautela al fine di preservare il più possibile la vegetazione esistente evitando abbattimenti o danneggiamenti non indispensabili.

In ultimo si raccomanda, al fine di limitare l'inquinamento luminoso e il conseguente disturbo nei confronti della fauna notturna, di evitare l'installazione di torri-faro per l'illuminazione dei cantieri e delle aree di lavorazione, prediligendo un sistema di illuminazione diffuso, con pali di limitata altezza e apparecchi illuminanti con fascio luminoso concentrato verso il basso.



Figura 2.2: diversi esempi di illuminazione ad elevato impatto luminoso (a sinistra) e a basso impatto (a destra)

PROGETTAZIONE ATI:

## 2.3. SUOLO E USO DEL SUOLO

### 2.3.1. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

Gli impatti sulla componente suolo e sottosuolo possono essere molto variabili e abbracciare una molteplicità di situazioni in funzione del contesto e delle azioni esercitate dal progetto.

Nello specifico essi assumono rilievo in relazione a:

- Il possibile consumo di suolo, inteso sia nella sua accezione più elementare, ovvero come semplice occupazione di aree precedentemente destinate a un uso differente, sia in relazione al concetto di suolo come risorsa non rinnovabile, considerando in particolare il substrato fertile;
- Il potenziale depauperamento del suolo inteso come risorsa produttiva, con specifico riferimento all'uso agricolo, e dovuto a fenomeni di alterazione/inquinamento della risorsa;
- Le conseguenti modifiche del patrimonio agroalimentare e il grado di riduzione della vocazione agroalimentare del territorio.

Per quanto riguarda l'impatto concernente il consumo di suolo, si osserva che, a titolo preventivo, nell'ambito del presente progetto si è tenuto conto dei seguenti requisiti per l'individuazione delle aree da adibire al Cantiere Base ed ai Cantieri Operativi:

- Aree di estensione minima necessaria per consentire l'espletamento delle attività e delle lavorazioni previste;
- agevole accesso viario e preesistenza di strade minori per gli accessi, allo scopo di evitare la realizzazione di nuova viabilità di servizio;
- esclusione di aree di rilevante interesse agricolo o ambientale o soggette a vincoli e prescrizioni limitative all'uso del territorio, e massima riduzione dell'induzione al contorno di potenziali interferenze ambientali;
- caratteristiche pianeggianti, allo scopo di evitare pendii o luoghi eccessivamente acclivi, in cui si dovessero rendere necessari lavori di sbancamento o riporto con conseguente modifica della morfologia del territorio.



Figura 2.5: vista dell'area scelta per l'insediamento del cantiere base

PROGETTAZIONE ATI:

Il consumo di suolo temporaneo prodotto dall'insediamento dei cantieri nella fase di realizzazione dell'opera può essere così definito dal punto di vista quantitativo e qualitativo:

Codice	Tipologia	Area (mq)	Uso attuale del suolo
CB01	Cantiere Base	31.480	Seminativo semplice / incolto
CO01	Cantiere Operativo (Attraversamento fascio tubiero)	30.783	Seminativo semplice / incolto
CO02	Cantiere Operativo (Sottopasso Dorsale CASIC)	8.974	Seminativo semplice
CO03	Cantiere Operativo (Deviazione Fosso IMBOI)	10.185	Seminativo semplice / incolto
CO04	Cantiere Operativo (Svincolo Capoterra – CASIC)	10.813 +10.501	Incolto (pertinenza svincolo esistente)
CO05	Cantiere Operativo (Scavalco fascio tubiero)	9.298	Incolto
AS01	Area di Stoccaggio	27.337	Seminativo semplice

A riprova di quanto sopra indicato, si evidenzia che non sono interessate aree caratterizzate da colture o da vegetazione di pregio.

### 2.3.2. MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

Si prevede che tutte le aree di cantiere non direttamente occupate dal sedime dell'infrastruttura in progetto al termine dei lavori vengano interamente recuperate all'uso originario.

I terreni interessati dalle attività di cantiere saranno preventivamente scoticati e trattati allo scopo di evitare che ne venga modificata la struttura e il grado di compattazione. Inoltre, il terreno vegetale preventivamente scoticato da riutilizzare al termine dei lavori dovrà essere esente dalla presenza di corpi estranei, quali pietre, rami e radici.

I lavori di ripristino del suolo in corrispondenza delle aree di cantiere, si comporranno delle seguenti fasi:

1. Ripulitura completa e approfondita dell'area da tutti i residui di cantiere;
2. Estirpazione delle piante infestanti e ruderali eventualmente insediate durante le fasi di lavorazione;
3. Ripuntatura e fresatura del suolo;
4. Stesa del terreno vegetale (con ripristino della morfologia ante-operam);
5. Erpicatura del terreno;
6. Semina a spaglio semplice o con seminatrice. La semente idonea sarà valutata in fase di progetto esecutivo e dovrà rispondere alle caratteristiche zonali dell'area di intervento.

Si può quindi concludere che l'impatto negativo derivante dall'occupazione del suolo da parte dei cantieri avrà un carattere temporaneo, in quanto legato alle fasi realizzative dell'opera, e reversibile. Allo stesso modo deve ritenersi del tutto irrilevante il potenziale impatto sul patrimonio agroalimentare o sulla vocazione agroalimentare del territorio.

PROGETTAZIONE ATI:

Per quanto concerne la salvaguardia del suolo inteso come risorsa, in fase di preparazione delle aree di cantiere e delle piste sarà effettuato lo scotico e l'accantonamento del terreno vegetale in aree opportunamente individuate, evitando che venga alterato o mescolato con quello di scavo.

Il terreno vegetale accantonato sarà quindi utilizzato per il ripristino delle aree di cantiere, l'inerbimento delle scarpate stradali, e per la messa a dimora degli esemplari arborei ed arbustivi nelle aree a verde previste in progetto.

Per evitare il rischio di depauperamento della risorsa, gli strati fertili superficiali verranno raccolti, conservati e protetti con teli di tessuto/non tessuto o, in alternativa, con inerbimento durante la costruzione dell'opera. I mucchi di terreno fertile, di altezza non superiore ai 2 metri, verranno tenuti separati da altri materiali e collocati a margine dell'area da cui sono scavati, ove sia reso minimo il rischio di inquinamento con materiali plastici, oli minerali, carburanti, ecc.

Si può quindi ritenere l'impatto in questione di natura temporanea, in quanto legato alle fasi realizzative dell'opera, e parzialmente reversibile in proporzione alla quantità di terreno vegetale effettivamente utilizzato nello stesso sito di intervento.

Per limitare i rischi di inquinamento/contaminazione del suolo agricolo, sia delle aree direttamente interessate dai cantieri sia di quelle immediatamente prossime, si adotteranno in linea generale i sistemi individuati e descritti relativamente alle acque superficiali e profonde (sistemi di contenimento del rischio di dispersione di inquinanti) e all'atmosfera (contenimento delle polveri), cui si rimanda.

PROGETTAZIONE ATI:

## 2.4. GEOLOGIA E ACQUE

### 2.4.1. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

#### 2.4.1.1. Definizione degli impatti potenziali

La valutazione dei potenziali impatti sulla componente geologia e acque deve essere condotta con riferimento a due "macro" aspetti:

- Gli impatti di natura "quantitativa", ossia quelli riguardanti i processi geomorfologici e il regime idrologico delle acque superficiali e profonde, con riferimento anche ai rischi idrogeologici ad esso connessi;
- Gli impatti di natura "qualitativa", che riguardano soprattutto i rischi di alterazione delle caratteristiche chimiche e biologiche delle acque superficiali e profonde.

Più in dettaglio, relativamente alla componente **geologia**, nel caso in esame devono essere tenuti presente i seguenti impatti potenziali:

- interferenze con aree contaminate o potenzialmente contaminate e relative attività di bonifica;
- Opere di emungimento e/o iniezione di fluidi o di scavi in sottterraneo, che potrebbero determinare l'insorgere di fenomeni di sollevamento e/o subsidenza del suolo o di sprofondamento della superficie topografica;
- alterazione della stabilità e del comportamento geomeccanico dei terreni.

Relativamente alla componente **acque**, devono essere considerati i seguenti impatti potenziali:

- variazioni delle caratteristiche idrografiche delle aree interferite direttamente e/o indirettamente dal cantiere;
- modifiche temporanee delle caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua superficiali;
- Possibili variazioni dello stato quali-quantitativo e/o delle caratteristiche chimico-fisiche dei corpi idrici superficiali e sotterranei;
- perturbazioni indotte dagli scavi per la realizzazione di opere sotterranee, dagli emungimenti e da ogni altro intervento necessario, sulle dinamiche delle acque sotterranee;
- Impatti causati da scavi e movimentazione di terre che potrebbero interagire con ecosistemi sensibili e/o dar luogo alla diffusione di sostanze nocive e/o pericolose per l'ambiente e la salute umana

#### 2.4.1.2. Analisi degli impatti

Partendo dalle considerazioni effettuate nel paragrafo precedente è opportuno approfondire la natura degli impatti potenziali determinati dal cantiere nell'area in esame.

Per quanto concerne le interferenze con **aree contaminate o potenzialmente contaminate** e relative attività di bonifica, si evidenzia che sia il progetto dell'infrastruttura sia la cantierizzazione sono stati redatti avendo cura di non interferire con le zone del sito inquinato di Assemini – Macchiareddu attualmente oggetto di operazioni di bonifica in corso da parte di ENI Rewind. Per gli approfondimenti sull'argomento si rimanda alla relazione relativa alla descrizione del tracciato e delle alternative progettuali.

I contaminanti principali che potrebbero essere presenti nell'area sono quelli legati ai cicli produttivi del cloro soda e del dicloroetano, ovvero Idrocarburi, BTXES, IPA, alifatici clorurati e alogenati.

In tutti i tratti in oggetto il progetto è stato elaborato in maniera da ridurre al minimo gli scavi e la produzione di terre e rocce da scavo. I tratti sono, infatti, prevalentemente in rilevato o a raso; sono

PROGETTAZIONE ATI:

pertanto previste operazioni di scotico (rimozione del terreno vegetale spessore 20 cm) e lo scavo di bonifica del piano di appoggio dei rilevati.

La gestione dei materiali di scavo provenienti dalle aree in oggetto avverrà ai sensi dell'Art. 25 del DPR 120/17, le attività di scavo saranno effettuate senza creare pregiudizio agli interventi e alle opere di prevenzione, messa in sicurezza, bonifica e ripristino necessarie ai sensi del Titolo V, della Parte IV, e della Parte VI del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e nel rispetto della normativa vigente in tema di salute e sicurezza dei lavoratori. Saranno, altresì, adottate le precauzioni necessarie a non aumentare i livelli di inquinamento delle matrici ambientali interessate. Le eventuali fonti attive di contaminazione, quali rifiuti o prodotto libero, rilevate nel corso delle attività di scavo, saranno rimosse e gestite nel rispetto delle norme in materia di gestione dei rifiuti.

In base all'Art.26 del DPR 120/17 *"l'utilizzo delle terre e rocce prodotte dalle attività di scavo all'interno di un sito oggetto di bonifica è sempre consentito a condizione che sia garantita la conformità alle concentrazioni soglia di contaminazione per la specifica destinazione d'uso o ai valori di fondo naturale. Nel caso in cui l'utilizzo delle terre e rocce da scavo sia inserito all'interno di un progetto di bonifica approvato, si applica quanto previsto dall'articolo 242, comma 7, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.*

Le terre e rocce da scavo non conformi alle concentrazioni soglia di contaminazione o ai valori di fondo, ma inferiori alle concentrazioni soglia di rischio, possono essere utilizzate nello stesso sito alle seguenti condizioni:

- a. le concentrazioni soglia di rischio, all'esito dell'analisi di rischio, sono preventivamente approvate dall'autorità ordinariamente competente, nell'ambito del procedimento di cui agli articoli 242 o 252 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, mediante convocazione di apposita conferenza di servizi. Le terre e rocce da scavo conformi alle concentrazioni soglia di rischio sono riutilizzate nella medesima area assoggettata all'analisi di rischio e nel rispetto del modello concettuale preso come riferimento per l'elaborazione dell'analisi di rischio. Non è consentito l'impiego di terre e rocce da scavo conformi alle concentrazioni soglia di rischio in sub-aree nelle quali è stato accertato il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione;
- b. qualora ai fini del calcolo delle concentrazioni soglia di rischio non sia stato preso in considerazione il percorso di lisciviazione in falda, l'utilizzo delle terre e rocce da scavo è consentito solo nel rispetto delle condizioni e delle limitazioni d'uso indicate all'atto dell'approvazione dell'analisi di rischio da parte dell'autorità competente.

Considerando dunque gli adempimenti di legge connessi al Piano di Utilizzo delle Terre (cui si rimanda per approfondimenti) e delle relative verifiche inerenti alle caratteristiche chimico-fisiche delle terre da impiegare nella realizzazione dell'infrastruttura e dei siti di deposito/stoccaggio, si può ritenere basso – o comunque prevenibile e circoscrivibile - il rischio di impatti causati dagli scavi e dalla movimentazione delle terre caratterizzate da anomale concentrazioni di inquinanti.

Relativamente al rischio di **alterazione della stabilità e del comportamento geomeccanico dei terreni**, si evidenzia che, nel caso in esame, data la morfologia sostanzialmente pianeggiante dei luoghi interessati dagli interventi e l'assenza di scavi in profondità o di realizzazione di importanti opere in sotterraneo, esso deve essere considerato irrilevante nelle fasi di cantiere.

Rimandando alle relazioni geotecniche di progetto per i dettagli, si evidenzia solo che la parte finale del tracciato (circa 150 m in continuità con il successivo lotto attualmente in fase di realizzazione) è caratterizzata da terreni con scarse caratteristiche geotecniche. Solo per tale breve tratto, pertanto, si è previsto il consolidamento del piano di posa dei rilevati con la tecnica del jet-grouting.

Per quanto riguarda **rischi di alterazione delle caratteristiche idrografiche e idrauliche del territorio**, si può affermare che quelli connessi alla fase di realizzazione delle opere saranno di bassa entità, e relegati alle fasi in cui si dovrà intervenire sul canale artificiale Imboi (per la realizzazione

PROGETTAZIONE ATI:

della deviazione del canale stesso) e sul Canale di Bonifica Acque Alte (per il ripristino della continuità idraulica).

Pe questi interventi si dovrà quindi aver cura di programmare le attività in modo tale che non venga mai interrotta la funzionalità idraulica dei canali durante le lavorazioni.

Di contro, per un cantiere come quello in esame uno degli impatti più probabili/frequenti è costituito dalla possibilità che si verifichino fenomeni di dispersione accidentale di agenti inquinanti, con conseguenti **alterazioni dello stato quali-quantitativo e/o delle caratteristiche chimico-fisiche dei suoli e dei corpi idrici superficiali e sotterranei.**

Le cause più probabili di inquinamento possono essere individuate nello spargimento, sul suolo e nei corpi idrici naturali, delle acque di dilavamento provenienti dai piazzali e dalle piste utilizzate per il transito e la sosta degli automezzi e delle macchine di cantiere, o nel rilascio diretto di scarichi di acque nere o di rifiuti con elevato contenuto di metalli pesanti (Pb, Fe, Cd), o ancora negli sversamenti accidentali di sostanze inquinanti e/o tossiche che possono avvenire nel corso delle varie fasi di lavoro.

Inoltre, per quanto riguarda più specificamente le acque profonde, i rischi sono connessi, oltre alla possibile infiltrazione nel terreno di agenti inquinanti, ad alcune tipologie di lavorazione che avvengono in sotterraneo, come ad esempio la realizzazione di fondazioni profonde, pali, ecc.

Di seguito si descrivono pertanto gli accorgimenti previsti per prevenire/mitigare gli impatti sopra descritti.

#### 2.4.2. MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

Come visto in precedenza, negli ultimi 150 m c.ca di tracciato è previsto il **consolidamento del piano di posa dei rilevati con la tecnica del jet-grouting.**

Il Jet Grouting è una tecnica di consolidamento per migliorare meccanicamente un terreno di fondazione; la tecnica jet grouting prevede la disgregazione e il mescolamento del terreno con uno stabilizzante. Questo mescolamento avviene con l'iniezione nel terreno di un fluido cementizio legante ad altissima pressione da ugelli che si trovano sulle aste di trivellazione; Il jet grouting prevede dapprima una fase di disgregazione del terreno e poi successivamente di stabilizzazione e compattazione.



Figura 2.6: esempio di macchina per il jet grouting

Nelle fasi di esecuzione dell'intervento si possono pertanto verificare rischi di contaminazione dell'acqua, che possono essere originati da:

- perdite di fanghi di perforazione e di miscela cementizia all'interno dei terreni;

PROGETTAZIONE ATI:

- contaminazione per dilavamento incontrollato delle acque dal sito di cantiere, in particolare nei casi in cui si impiegano fanghi di perforazione;
- contaminazione per rottura delle tubazioni dell'impianto fanghi o perdite dagli impianti di miscelazione e ricircolo dei fanghi;
- perdite di oli e carburante da parte dei macchinari impiegati nei lavori.

Al fine di prevenire i rischi di inquinamento indotti dall'impiego dei fanghi bentonitici saranno preferiti **fanghi del tipo biodegradabile**.

Al fine di prevenire i rischi di inquinamento delle acque indotti dai consolidamenti con jet grouting dovranno essere impiegati additivi di protezione della miscela dal dilavamento di tipo idrorepellente (acceleranti di presa) in tutte quelle situazioni in cui possano manifestarsi significativi moti di filtrazione.

Dovrà inoltre essere predisposta un'accurata organizzazione dell'area di cantiere con:

- un rilievo accurato dei sottoservizi e manufatti interrati, esistenti nell'area di lavoro;
- a realizzazione di una vasca di contenimento intorno all'impianto fanghi;
- la realizzazione di fossi di guardia intorno all'area di lavoro e la predisposizione di apposite procedure di emergenza.

Per quanto riguarda le **acque superficiali**, come in precedenza anticipato, l'intervento di deviazione del Canale Imboi e quello sul Canale di Bonifica Acque Alte dovranno essere realizzati evitando l'interruzione della funzionalità delle aste idriche attuali se non per il tempo strettamente necessario all'esecuzione delle opere di riammaglio tra il vecchio e il nuovo manufatto, e in particolare tale operazione dovrà essere effettuata nei periodi di magra/secca del canale al fine di prevenire qualsiasi fenomeno di dispersione delle acque.

Per quanto riguarda il rischio di **alterazione della qualità delle acque**, il rischio di impatto può essere prevenuto/mitigato tramite l'adozione di buone pratiche di gestione del cantiere e adeguate tecnologie o accorgimenti realizzativi.

Sintetizzando, le principali origini delle acque reflue sono relative a:

- acque meteoriche di dilavamento dei piazzali del cantiere;
- lavaggio ruote dei mezzi che trasportano il materiale scavato ed il calcestruzzo;
- scarichi civili.

Di seguito si riportano le misure da adottare per ognuna delle voci sopra elencate.

Le acque meteoriche provenienti dalle aree esterne e che non interferiscono con l'area di cantiere, saranno raccolte lungo i limiti del cantiere mediante la realizzazione di fossi di guardia provvisori, e convogliate direttamente al recapito finale.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque meteoriche all'interno dell'area di cantiere dovranno essere previste reti distinte secondo i seguenti criteri:

- Le acque meteoriche che ricadono nelle aree degli edifici (tetti e superfici intorno agli edifici) saranno raccolte mediante le canalette ed i collettori ed immesse direttamente nel collettore di scarico.
- Le acque meteoriche che ricadono nelle aree del piazzale di stoccaggio inerti saranno raccolte mediante collettori ed immesse in un pozzetto selezionatore da dove la quantità di "prima pioggia" sarà inviata nell'apposito impianto.
- Le acque meteoriche successive alla quantità di "prima pioggia", insieme a quelle trattate, saranno convogliate mediante un collettore allo scarico.
- Le acque meteoriche generate in seguito al dilavamento dei piazzali adibiti a manovra e/o parcheggio, stoccaggio materiali non inerti, stoccaggio rottami ferrosi, potrebbero risultare particolarmente contaminate da inquinanti quali sabbia, terriccio, oli minerali ed idrocarburi, solventi, tracce di metalli, tutte sostanze che potrebbero

PROGETTAZIONE ATI:

compromettere il complesso sistema delle acque superficiali e sotterranee che caratterizzano il contesto di intervento. In conseguenza di ciò i piazzali di lavoro saranno dotati di reti di collettamento che destineranno le acque alle vasche di prima pioggia e successivamente agli impianti di depurazione (dissabbiatori, disoleatori, impianti di decantazione, addensamento fanghi, chiarificazione e disidratazione fanghi addensati).

- Per evitare infiltrazioni in falda di liquidi inquinanti dovrà essere prevista l'impermeabilizzazione delle aree sensibili, quali le aree di stoccaggio degli olii esausti/liquidi pericolosi. Tali aree saranno dotate di idonea copertura anti pioggia, sistema di raccolta e trattamento acque di percolazione e impermeabilizzazione dello strato di sottofondo, al fine di evitare contaminazioni degli strati del sottosuolo e della falda. Al fine di evitare il rischio di sversamento di combustibile dai serbatoi di stoccaggio questi saranno del tipo a doppia parete separata da intercapedine; analogamente, i serbatoi di stoccaggio dei lubrificanti saranno posizionati su apposite vasche di contenimento che siano in grado di contenere e arginare l'eventuale fuoriuscita di liquido.



Come già detto, le acque raccolte verranno convogliate nell'impianto di trattamento acque di prima pioggia opportunamente predisposto. L'impianto ha la specifica funzione di:

- separare le acque di prima pioggia dalle successive acque precipitate (seconda pioggia) sul piazzale;
- trattare le acque accumulate con sistema di disoleazione a coalescenza;
- smaltirle dopo il trattamento di depurazione.

Il ciclo di trattamento si svolge attraverso fasi di decantazione, accumulo, rilancio prima pioggia, disoleazione e filtrazione a coalescenza. Le acque di prima pioggia saranno escluse dalle successive di seconda pioggia tramite la chiusura della valvola posta sulla tubazione d'ingresso acque, comandata da un galleggiante tarato a un adeguato livello.

Lo stato di calma così determinato all'interno della vasca consente di ottenere, per gravità, la separazione degli inquinanti di peso specifico differente da quello dell'acqua. È una delle operazioni più diffusamente utilizzate nel trattamento delle acque reflue per ottenere un effluente chiarificato.

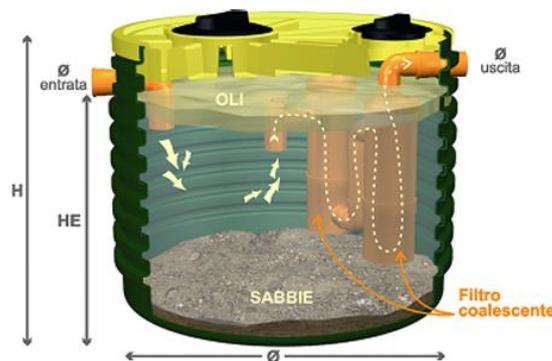


Figura 2.7: esempio di vasca con dissabbiatore-disoleatore in PEAD

Le acque accumulate defluiranno nel comparto di rilancio-sollevamento e per mezzo di un'elettropompa sommersibile verranno scaricate nel comparto di disoleazione statica. Per un ulteriore affinamento, la massa liquida chiarificata viene fatta defluire attraverso uno speciale filtro

PROGETTAZIONE ATI:

adsorbente a coalescenza, utile a rimuovere quelle tracce di sostanze oleose eventualmente presenti.

Inoltre, sulla tubazione di uscita è inserito un dispositivo di chiusura automatica a galleggiante (otturatore) che, attivato da un determinato livello di liquido leggero accumulato in superficie, chiude lo scarico impedendo la fuoriuscita dell'olio.

Al fine di ridurre il consumo di risorsa idrica, le acque trattate dovranno essere preferibilmente riutilizzate per alcune specifiche funzioni all'interno del ciclo produttivo del cantiere (ad es. bagnatura periodica e/o pulizia di pneumatici e macchinari).

Le acque reflue provenienti da servizi igienici verranno raccolti da una apposita rete fognaria costituita da tubazioni in PVC e pozzetti di confluenza/ispezione per poi convogliarle in impianti di trattamento al fine di assicurare un grado di depurazione tale da rendere le acque di scarico conformi alle norme 152/99 e s.m.i.

All'interno dei cantieri base verrà garantita la fornitura idrica per i servizi igienico-sanitari e per le attività di cantiere, attraverso la realizzazione di una rete di distribuzione interna allacciata a cisterne alimentate direttamente dalla rete comunale o ricaricate con autobotte. La fornitura dovrà garantire la sostenibilità ed il rispetto dei consumi esistenti delle reti acquedottistiche interessate.

Nelle lavorazioni "lungo tratta" altri accorgimenti utili per prevenire i fenomeni di inquinamento delle acque sono costituiti da:

- la creazione di arginature provvisorie in corrispondenza delle lavorazioni che vengono effettuate in prossimità di corsi d'acqua o delle aree umide, al fine di limitare i rischi di sversamenti diretti di sostanze e acque contaminate;
- la disponibilità di kit antisversamento per il pronto intervento in caso di necessità nelle aree di lavorazione e/o sui mezzi di cantiere.



Per quanto riguarda i sistemi realizzativi, di seguito si descrivono i principali accorgimenti che sono stati individuati per il caso in esame al fine di limitare i rischi di alterazione delle acque sotterranee:

- Utilizzo di tecnologia CFA: i pali CFA sono pali trivellati gettati in opera, eseguiti a rotazione con l'utilizzo di una rotary montante apposita elica continua dotata di un'asta cava. L'impiego di tale tecnologia esecutiva consente lo scavo senza impiego di fanghi bentonitici a sostegno del foro. Si ha, inoltre, una riduzione del volume di scavo e la produzione di un terreno di risulta delle stesse caratteristiche ambientali di quello in sito, oltre ad una maggiore velocità di esecuzione e una riduzione di vibrazione e rumore in fase di cantiere.

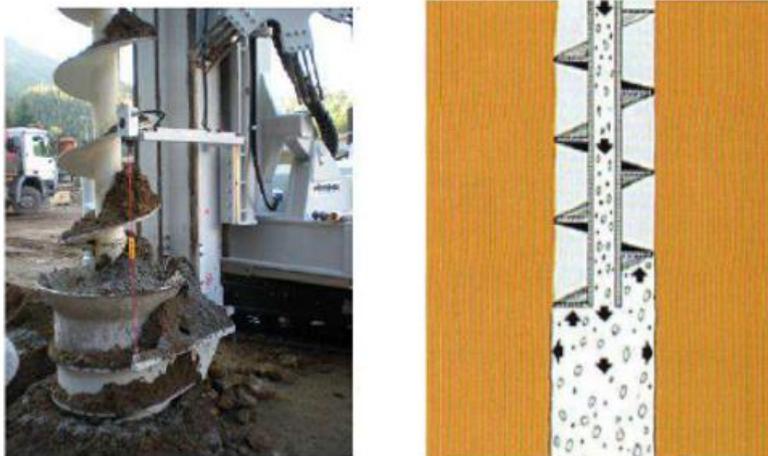


Figura 2.8: immagini relative alla tecnologia CFA

- Impiego di additivi acceleranti per miscele cementizie: l'impiego di additivo liquido accelerante di indurimento a base di complessi organici ed inorganici, privi di cloruri, consente un rapido sviluppo delle resistenze, accelera l'indurimento pur non influenzando negativamente il mantenimento della fluidità e senza alterare la pompabilità della miscela, con conseguente riduzione dei tempi di esecuzione e dei rischi ambientali connessi alle lavorazioni.

PROGETTAZIONE ATI:

## 2.5. ARIA E CLIMA

### 2.5.1. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

Al fine di caratterizzare correttamente il dominio spaziale e temporale per configurare le simulazioni per la stima dell'impatto sulla qualità dell'aria durante le lavorazioni, si è proceduto allo studio delle seguenti variabili e parametri:

- Caratteristiche tecniche dei singoli cantieri in programma;
- Cronoprogramma delle fasi e lavorazioni;
- Elaborati tecnici di progetto.

Le valutazioni effettuate, che si approssimano a favore di sicurezza, hanno permesso di individuare sull'intero arco temporale del P. L. dell'opera oggetto di studio, quello che è da considerarsi l'anno tipo, che identifica il periodo di potenziale massimo impatto sulle matrici ambientali ed in particolare sulla qualità dell'aria per le emissioni di polveri e gas.

Nei seguenti paragrafi si dettagliano le caratteristiche dei cantieri e la stima delle emissioni di polveri e gas necessarie alle simulazioni per la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria.

#### 2.5.1.1. Descrizione degli impatti potenziali

Si riporta di seguito la descrizione delle principali sorgenti connesse alle attività di cantiere previste in progetto. Lo scopo primario dell'individuazione delle sorgenti e la conseguente quantificazione dell'impatto è quello di valutare l'effettiva incidenza delle emissioni delle attività di cantiere sullo stato di qualità dell'aria complessivo.

Il controllo dell'effettivo impatto delle attività di cantiere verrà eseguito attraverso il monitoraggio ambientale della qualità dell'aria in corso d'opera, in corrispondenza delle aree di lavorazioni, secondo quanto previsto nel Piano di Monitoraggio Ambientale.

In relazione alla natura delle sorgenti possono essere individuati, quali indicatori del potenziale impatto delle stesse sulla qualità dell'aria, i seguenti parametri:

- polveri: PM10 (polveri inalabili, le cui particelle sono caratterizzate da un diametro inferiore ai 10 µm). Le polveri sono generate sia dalla combustione incompleta all'interno dei motori, che da impurità dei combustibili, che dal sollevamento da parte delle ruote degli automezzi e da parte di attività di movimentazione di inerti;
- inquinanti gassosi generati dalle emissioni dei motori a combustione interna dei mezzi di trasporto e dei mezzi di cantiere in genere (in particolare NO<sub>x</sub> e NO<sub>2</sub>).

Le attività più significative in termini di emissioni sono costituite da:

- Attività di movimento terra (scavi e realizzazione rilevati),
- Movimentazione dei materiali all'interno dei cantieri,
- Traffico indotto dal transito degli automezzi sulle piste di cantiere.

In generale, la dimensione dell'impatto legato al transito indotto sulla viabilità esistente risulta essere direttamente correlato all'entità dei flussi orari degli autocarri e pertanto risulta stimabile in relazione sia ai fabbisogni dei cantieri stessi che al materiale trasportato verso l'esterno.

PROGETTAZIONE ATI:

### 2.5.1.2. Individuazione delle aree di cantiere e degli scenari di simulazione

Al fine di prendere in considerazione tutti i possibili fattori legati alla cantierizzazione, sia in termini ambientali che in termini progettuali, la metodologia seguita per la definizione degli scenari di simulazione è stata quella del "Worst Case Scenario". Tale metodologia, ormai consolidata ed ampiamente utilizzata in molti campi dell'ingegneria civile ed ambientale, consiste, una volta definite le variabili che determinano gli scenari, nel simulare la situazione peggiore possibile tra una gamma di situazioni "probabili". Pertanto, il primo passo sta nel definire le variabili che influenzano lo scenario, che nel caso in esame sono le variabili che influenzano il modello di simulazione.

Una volta valutati gli scenari è possibile fare riferimento ad uno o più scenari, ritenuti maggiormente critici, nell'arco di una giornata. Verificando, quindi, il rispetto di tutti i limiti normativi per il Worst Case Scenario, è possibile assumere in maniera analoga il rispetto dei limiti normativi per tutti gli scenari differenti dal peggiore, scenari nei quali, il margine di sicurezza sarà ancora maggiore.

Si riporta di seguito una breve sintesi delle principali informazioni relative alla cantierizzazione che hanno rappresentato i presupposti per l'identificazione delle aree di cantiere a priori potenzialmente interessate da interazioni con la componente Aria e clima.

Riferendosi in modo precipuo alla produzione di polveri, che – come premesso – può essere considerato il fattore causale più rilevante, la significatività dei potenziali effetti che ne conseguono dipende dalla tipologia e dall'entità delle attività condotte nelle aree di cantiere fisso/di lavoro, per quanto riguarda i parametri progettuali, e dalla tipologia e dalla localizzazione dei ricettori, ossia dall'entità dei ricettori residenziali/sensibili presenti e dalla distanza che intercorre tra questi e le aree di cantiere.

In tal senso, un primo criterio sulla scorta del quale si è proceduto all'individuazione delle aree di cantiere/lavoro da assumere nello studio modellistico (aree di riferimento) è stato quello di prendere in considerazione quelle aree in corrispondenza delle quali avvengono le principali operazioni di scavo e movimentazione di materiali polverulenti ed all'interno delle quali è previsto lo stoccaggio in cumulo dei materiali di risulta delle lavorazioni.

Si sottolinea che, per quanto riguarda le tipologie di attività/aree di cantiere, sono state considerate le aree di cantiere interessate dalle operazioni di scavo, movimentazione e stoccaggio terre, accumulo e stoccaggio degli inerti provenienti dall'esterno e, pertanto, i Cantieri operativi (CO), il cantiere base (CB) e le Aree di stoccaggio (AS), nonché le aree di lavoro dei fronti di avanzamento (nel caso specifico, per la realizzazione dei rilevati).

Nell'ottica di analizzare il Worst case è stato ipotizzato che tutte le lavorazioni presso i cantieri avvengano contemporaneamente e che queste lavorazioni siano costanti durante tutta la durata delle lavorazioni.

Un secondo criterio a tal fine adottato è stato quello di verificare la distribuzione, all'intorno delle sopra menzionate tipologie di aree di cantiere fisso/di lavoro, di zone residenziali e/o con presenza di elementi sensibili.

L'area oggetto dell'intervento, compresa tra lo stagno di Cagliari e il rio Santa Lucia, attraversa l'agglomerato industriale Macchiareddu Grogastu, occupato prevalentemente da attività produttive e industriali. Non è presente un tessuto residenziale, le uniche abitazioni rilevate si trovano all'interno di vaste tenute agricole.

Alla luce delle sopraindicate considerazioni, lo scenario di massimo impatto è costituito dalle seguenti aree di cantiere:

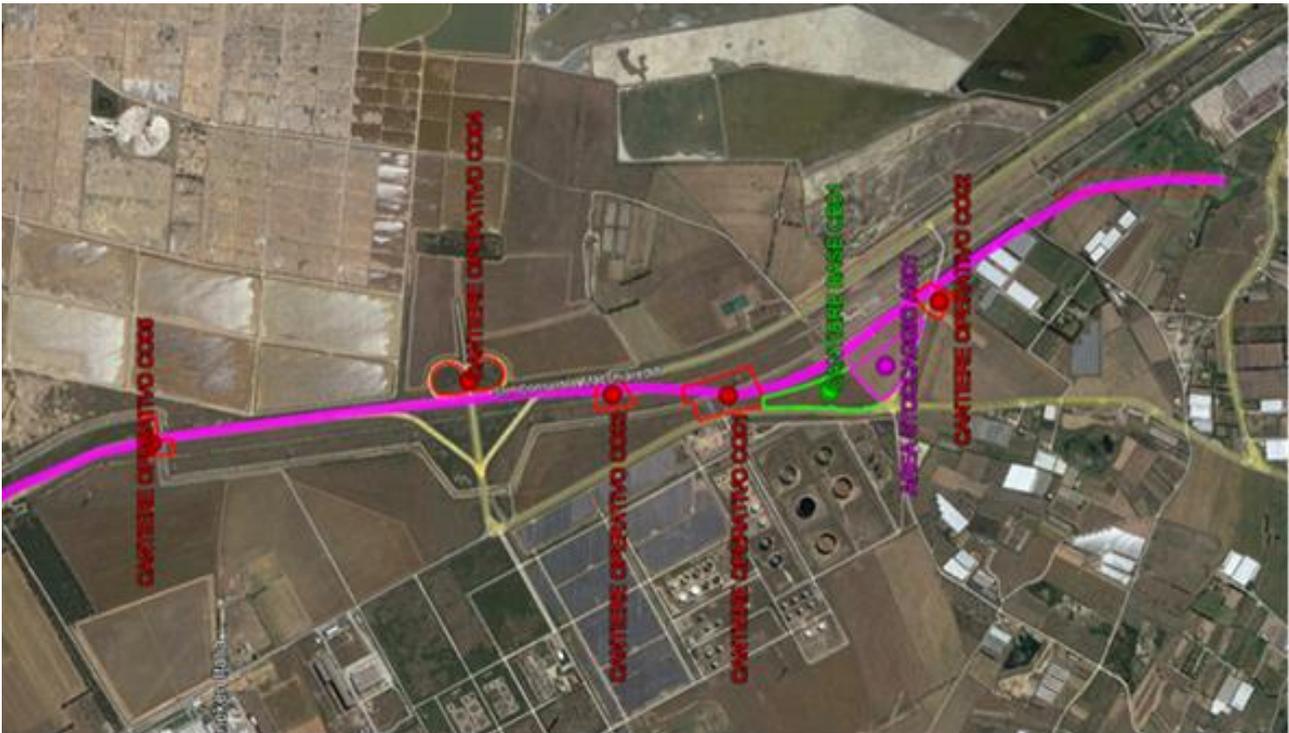


Figura 2.9 Aree di cantiere oggetto della valutazione

ID	Descrizione	Lavorazioni	Superficie (mq)	Sorgenti emissive areali
CO01	Cantiere operativo	Attraversamento fascio tubiero	30.783	Carico e scarico del materiale polverulento Emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi di cantiere
CB01	Cantiere base		31.480	Carico e scarico del materiale polverulento Emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi di cantiere
AS01	Area stoccaggio		27.337	Carico e scarico del materiale polverulento Erosione del vento sui cumuli di materiale depositato Emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi di cantiere
CO02	Cantiere operativo	Sottopasso dorsale CASIC	8.974	
CO04	Cantiere operativo	Svincolo Capoterra - CASIC	21.421	Carico e scarico del materiale polverulento Emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi di cantiere
CO05	Cantiere operativo	Scavalco fascio tubiero	9.300	Carico e scarico del materiale polverulento Emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi di cantiere

Tabella 2.1 Caratteristiche aree di cantiere

Le attività principalmente responsabili di emissioni di particolato, per le quali stimare le emissioni prodotte mediante formule matematiche:

- Site Preparation; Scotico delle aree di cantiere;
- Unpaved Roads; Transito mezzi di cantiere;

PROGETTAZIONE ATI:

- Bulldozing/Scraper; Attività di escavazione;
- Aggregate Handling; Carico e scarico di materiali;
- Industrial Wind Erosion; erosione delle aree di stoccaggio ad opera del vento.

### 2.5.1.3. Stima dei fattori di emissione

Per la valutazione degli impatti delle attività emissive mostrate precedentemente si è fatto riferimento al documento EPA "Compilation of Air Pollutant Emission Factors" dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Statunitense (rif. <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>), il quale, nella sezione AP 42-Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Vol-1: Stationary Point and Area Sources, presenta le seguenti potenziali fonti di emissione:

- Chapter 13 – Miscellaneous Sources:
  - Site Preparation: scotico delle aree di cantiere (EPA, AP-42 13.2.3);
  - Unpaved Roads: transito dei mezzi nell'ambito dell'area di cantiere e sulla viabilità non asfaltata di accesso al cantiere (EPA, AP-42 13.2.2);
  - Aggregate Handling: movimentazione delle terre (EPA AP-42 13.2.4);
  - Industrial Wind Erosion Industry: erosione delle aree di stoccaggio (EPA AP-42 13.2.5);
- Chapter 11 – Mineral Products Industry - Western Surface Coal Mining
  - Bulldozing/Scraper (EPA AP-42 11.9.2/11.9.3).

Per la stima delle emissioni complessive si è fatto ricorso ad un approccio basato su un indicatore che caratterizza l'attività della sorgente (A in eq.1) e su un fattore di emissione specifico per il tipo di sorgente (Ei in eq.1). Il fattore di emissione Ei dipende non solo dal tipo di sorgente considerata, ma anche dalle tecnologie adottate per il contenimento/controllo delle emissioni. La relazione tra l'emissione e l'attività della sorgente è di tipo lineare:

$$Q(E)i = A * Ei$$

dove:

- Q(E)i: emissione dell'inquinante i (ton/anno);
- A: indicatore dell'attività (ad es. consumo di combustibile, volume terreno movimentato, veicolo-chilometri viaggiati);
- Ei: fattore di emissione dell'inquinante i (ad es. g/ton prodotta, kg/kg di solvente, g/abitante).

I calcoli numerici di dettaglio sono di seguito effettuati in relazione al cantiere operativo stimato con maggior impatto sul territorio e l'emissione complessiva si otterrà come somma delle emissioni stimate per ognuna delle singole attività necessarie alla realizzazione stessa.

Di seguito si riportano le equazioni e/o valori unitari per la determinazione dei fattori di emissione per le diverse attività potenzialmente impattanti sopra individuate.

*Site preparation: scotico delle aree di cantiere*

In questa sede, per preparazione delle aree di cantiere si intende la fase di rimozione dello strato superficiale del terreno al fine di rendere l'area maggiormente fruibile per le maestranze che dovranno poi procedere alla costruzione dell'opera progettata.

PROGETTAZIONE ATI:

Tale operazione, solitamente individuata come scotico, può favorevolmente essere rappresentata dall'attività di "Scrapers removing topsoil" (EPA 42 – 13.2.3-1), per la quale è fornito il seguente fattore di emissione:

$$E = 5.7 \text{ kg/vehicle-kilometer travelled (VKT) (EPA, AP-42 13.2.3.1)}$$

Il sollevamento di particolato dalla attività di scotico è pari al prodotto del fattore di emissione E per l'indicatore di attività A (cfr. Eq.1). Si considera che il 60% del particolato prodotto appartenga dimensionalmente alla frazione di PM10.

Tale parametro, espresso come veicolo-chilometri viaggiati, è ricavato in funzione del numero di mezzi impegnati per ripulire i metri quadri della singola area di cantiere per la durata ipotizzata in ore lavorative complessive.

Questo parametro di attività è stato stimato nel seguente modo:

- Si è stimata una produttiva di scotico del mezzo impiegato pari a 50 m/h;
- La larghezza della benna del mezzo è stata assunta pari a 2 m.

Una volta ricavata l'area di terreno rimossa per ora di lavoro in base alle suddette ipotesi, si può ricavare il numero di chilometri percorsi in base alla estensione del cantiere in oggetto.

#### *Unpaved Roads - Mezzi in transito su strade non pavimentate*

Per quanto attiene il sollevamento delle polveri generato dai mezzi (escavatori, pale gommate, camion in carico e scarico dei materiali ecc.) in transito sulle piste interne al cantiere si utilizzano le relazioni fornite dall'EPA. Il particolato è in questo caso originato dall'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste, indotta dalle ruote dei mezzi. Le particelle sono quindi sollevate dal rotolamento delle ruote, mentre lo spostamento d'aria continua ad agire sulla superficie della pista dopo il transito.

Non avendo informazioni dettagliate sul numero di mezzi meccanici (escavatori, pale gommate, ecc.) in transito su tragitti interni alle aree di cantiere e sulle distanze esatte percorse da ognuno di essi su strade non asfaltate, si è assunto come pista di cantiere una tratta pari a 30 metri.

Il particolato sollevato dal rotolamento delle ruote sulle piste non asfaltate è stimato dalla seguente equazione:

$$E = k(s/12)^a (W/3)^b \text{ (EPA, AP-42 13.2.2)}$$

Dove:

- E: fattore di emissione di particolato su strade non pavimentate, per veicolo-miglio percorso (lb/VMT);
- k, a, b: costanti empiriche per strade industriali, rispettivamente pari a 1,5, 0,9 e 0,45 per il PM10;
- s: contenuto in silt del terreno, assunto pari al 5%;
- W: peso medio dei veicoli in tonnellate, assunto pari a 20 tonnellate (calcolato come media tra il peso a pieno carico pari a 30 ton ed una tara di 10 ton).

Il fattore di emissione così calcolato viene convertito nell'unità di misura g/VKT (VKT, veicolo-chilometro percorso) mediante un fattore di conversione pari a 281,9 (1lb/VMT = 281,9 g/VKT).

In questo studio non si prende in considerazione l'effetto di mitigazione naturale operato dalle precipitazioni e si è considerato il movimento dei mezzi d'opera nel corso della loro attività giornaliera, come equivalente a quello di un mezzo che percorre la pista non asfaltata qui considerata.

Il sollevamento di particolato dalle strade non asfaltate è pari al prodotto del fattore di emissione E per l'indicatore di attività. Tale parametro, espresso come veicolo-chilometri viaggiati, è ricavato dal prodotto del numero di mezzi/ora per i chilometri percorsi.

#### *Bulldozing/Scraper - Attività di escavazione*

Un'altra fonte di emissione di polveri che è stata considerata è l'attività dei mezzi di cantiere quali escavatori o pale gommate. Tale sorgente è stata assimilata alle emissioni riportate nel paragrafo

PROGETTAZIONE ATI:

11.9.2 del documento EPA, AP-42, relativo all'estrazione del carbone. Nella tabella 11.9.2 di tale documento sono riportate le equazioni per il calcolo dei fattori di emissione per sorgenti di polvere in condizioni aperte incontrollate. Il particolato sollevato dai mezzi di cantiere quali bulldozer per attività quali "overburden" (terreno di copertura) è stimato dalla seguente equazione (EPA, AP-42 11.9.2 Bulldozing):

$$E = \frac{(sL)^{1.5}}{(M)^{1.4}} * 0.75 * 0.45(kg/h)$$

dove:

- sL: contenuto in silt della superficie stradale, assunto pari al 5%;
- M: umidità del terreno (%) assunta pari al 5%.

Il sollevamento di particolato dalle attività dei mezzi di cantiere è pari al prodotto del fattore di emissione

E così calcolato per il numero di ore lavorative giornaliere. Per la determinazione della emissione giornaliera media da attività di escavazione sono state fatte le seguenti assunzioni:

- Capacità di carico della ipotetica coppia di mezzi pala meccanica/autocarro pari a 24 mc/h;
- Operatività oraria del mezzo pari a 30' su 60';
- Mezzi d'opera di potenza 70 kw e motorizzazione EURO V.

#### *Aggregate Handling and Storage Piles – Cumuli di terra, ed attività di carico e scarico*

La quantità di polveri generate da tale attività viene stimata utilizzando la seguente formula empirica:

$$E = k(0.0016) \left( \frac{U}{2.2} \right)^{1.3} \left( \frac{M}{2} \right)^{-1.4}$$

dove:

- E = fattore di emissione di particolato (kg/Mg);
- k = parametro dimensionale (dipende dalla dimensione del particolato);
- U = velocità media del vento (m/s);
- M = umidità del terreno (%).

Per il calcolo del PM10 si assume k=0.35.

Dalla formula appare evidente come un'attività di bagnatura del terreno aumentando l'umidità (M) permette un notevole abbassamento del fattore di emissione (EF).

Considerando, infine, una condizione anemometrica "media", si stima il fattore di emissione di PM10 pari a 0,0028 kg/tonnellata.

Le emissioni generate dall'attività di movimentazione, in particolar modo quelle prodotte dalle attività di carico e scarico, sono già considerate all'interno della formula utilizzata per la determinazione del fattore emissivo delle attività di stoccaggio.

#### *Erosione delle aree di stoccaggio*

Le emissioni causate dall'erosione del vento sono dovute all'occorrenza di venti intensi su cumuli soggetti a movimentazione. Nell'AP-42 (paragrafo 13.2.5 "Industrial Wind Erosion"), queste emissioni sono trattate tramite la potenzialità di emissione del singolo cumulo in corrispondenza di certe condizioni di vento.

In questa sede si è scelto di seguire l'approccio delle "Linee Guida ARPA Toscana per la valutazione delle polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti". Tali linee guida considerano, per l'erosione del vento dai cumuli, l'effettiva emissione dell'unità di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse. Il rateo emissivo orario è calcolato con l'espressione:

PROGETTAZIONE ATI:

$$E_i = EF_i \cdot a \cdot movh$$

- $i$  = particolato (PTS, PM10, PM2,5), nel nostro caso PM10;
- $EF_i$  = fattore di emissione areale dell' $i$ -esimo tipo di particolato ( $kg/m^2$ );
- $a$  = superficie dell'area movimentata in  $m^2$ ;
- $movh$  = numero di movimentazioni/ora, si assume che corrisponda al n. di mezzi/h, ossia che ciascun cumulo corrisponda ai volumi di capienza di ciascun camion che effettua il trasporto.

Per il calcolo del fattore di emissione areale si distinguono i cumuli bassi da quelli alti, a seconda del rapporto altezza/diametro. Per semplicità, inoltre, si assume che la forma di un cumulo sia conica, sempre a base circolare. Nel caso di cumuli non a base circolare, si ritiene sufficiente stimarne una dimensione lineare che ragionevolmente rappresenti il diametro della base circolare equivalente a quella reale.

Dai valori di:

- altezza del cumulo (intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta)  $H$  in m;
- diametro della base  $D$  in m.

Si individua il fattore di emissione areale  $EF_i$  dell' $i$ -esimo tipo di particolato per ogni movimentazione dalla sottostante tabella:

EF (kg/mq) Cumuli alti H/D>2	
PM10	7.9 E-06
EF (kg/mq) Cumuli alti H/D<2	
PM10	2.5 E-04

Tabella 2.2 Fattori di emissione areali per ogni movimentazione

Nel caso in oggetto si assume  $H/D < 2$  e si utilizza quindi un EF per il PM10 pari a 0.00025 kg/mq.

#### 2.5.1.4. Stima emissiva dei ratei emissivi

Assumendo che l'impatto più significativo esercitato dai cantieri di costruzione sulla componente atmosfera sia generato dal sollevamento di polveri (indotto direttamente dalle lavorazioni o indirettamente dal transito degli automezzi sulle aree di cantiere non pavimentate), si sono stimati i ratei emissivi riportati nella tabella seguente.

Un parametro da considerare nella stima delle emissioni effettive di PM10, inoltre, riguarda il livello di umidità delle terre movimentate. Secondo quanto proposto dalle "Linee Guida di ARPA Toscana per la valutazione delle polveri provenienti da attività di produzione, trasporto, risollevarimento, carico o stoccaggio di materiali polverulenti", l'efficienza di abbattimento delle polveri col sistema di bagnatura dipende dalla frequenza delle applicazioni e dalla quantità d'acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento. Ipotizzando per l'attività in oggetto l'esecuzione di un trattamento ogni 8 ore (ossia una volta al giorno) ed impiegando circa 1 l/mq per ogni trattamento, si ottiene un'efficienza di abbattimento delle polveri del 75%. Il fattore di emissione finale è allora dato dal fattore di emissione precedentemente calcolato moltiplicato per il prodotto dei fattori di riduzione.

I valori riportati nella successiva tabella, concludendo, sono quindi il risultato dell'applicazione delle formule matematiche precedentemente descritte, tenendo conto della riduzione del 75% derivante dall'attività di bagnatura da eseguire durante le attività polverulente.

ATTIVITA'	EMISSIONE PM10 (g/h)	FASE INIZIALE (g/h)	FASE CORSO D'OPERA (g/h)
1) Scotico delle aree di cantiere	43	43	-
2) Mezzi in transito su strade non pavimentate	34	-	34
3) Attività di escavazione	3	-	3
4) Cumuli di terra, ed attività di carico e scarico	7	-	7
5) Erosione delle aree di stoccaggio	3	-	3
TOTALE		<b>43 g/h</b>	<b>47 g/h</b>

Tabella 2.3 Emissioni di PM10 derivanti dalle attività di cantiere

Le emissioni complessive possono essere suddivise nelle due distinte fasi:

- Attività di preparazione delle attività, in cui la maggior attività responsabile di produzione di PM10 è rappresentata dalle attività di scotico delle aree di cantiere (voce 1 in tabella);
- Attività costruttive vere e proprie, le cui attività maggiormente impattanti sono le voci 2, 3, 4 e 5 mostrate in tabella.

Le seguenti considerazioni si concentrano sulla fase maggiormente impattante, rappresentata dalle attività costruttive tal quali, che si stima possano produrre, nel caso di maggior impatto in cui tutte avvengono in contemporanea, una quantità di PM10 pari a circa 47 gr/ora.

Valutazione degli impatti

Per valutare se l'emissione oraria stimata nella precedente tabella sia compatibile con i limiti della qualità dell'aria si fa riferimento a quanto riportato nei paragrafi "Valori di soglia di emissione per il PM10" delle suddette Linee Guida ARPAT".

Come spiegato nelle citate linee guida, la proporzionalità tra concentrazioni ed emissioni, che si verifica in un certo intervallo di condizioni meteorologiche ed emissive molto ampio, permette di valutare quali emissioni corrispondono a concentrazioni paragonabili ai valori limite per la qualità dell'aria. Attraverso queste si possono quindi determinare delle emissioni di riferimento al di sotto delle quali non sussistono presumibilmente rischi di superamento o raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria.

Per il PM10, quindi, sono stati individuati alcuni valori di soglia delle emissioni al variare della distanza tra recettore e sorgente ed al variare della durata annua delle attività che producono tale emissione. Queste soglie, funzione quindi della durata delle lavorazioni e della distanza dal cantiere, sono riportate nella successiva tabella:

Intervallo di distanza (m)	Giorni di emissione all'anno					
	>300	300 ÷ 250	250 ÷ 200	200 ÷ 150	150 ÷ 100	<100
0 ÷ 50	145	152	158	167	180	208
50 ÷ 100	312	321	347	378	449	628
100 ÷ 150	608	663	720	836	1038	1492
>150	830	908	986	1145	1422	2044

Figura 2.10 Soglie assolute di emissione di PM10 al variare della distanza dalla sorgente e al variare del numero di giorni di emissione (i valori sono espressi in g/h)

Dalla tabella riportata sopra si osserva come le emissioni complessive del cantiere in esame, nello scenario Worst case, ricadano nell'intervallo emissivo secondo il quale gli unici ricettori che potrebbero potenzialmente non essere in linea con le indicazioni normative vigenti, potrebbero risultare essere quelli molto vicini alle aree di lavorazione, quelli cioè ad una distanza ampiamente inferiore a 50 metri. Si evidenzia, inoltre, come il dato complessivo, pari a circa 47 gr/ora, sia molto inferiore del valore minimo indicato pari a 145 gr/ora per cantieri di lunga durata, Tale osservazione porta a dedurre come l'impatto prodotto sia in definitiva trascurabile soprattutto in considerazione della totale assenza di ricettori a ridosso delle aree di cantiere.

## 2.5.2. MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

Le principali problematiche indotte dalla fase di realizzazione delle opere in progetto sulla componente ambientale in questione riguardano essenzialmente la produzione di polveri che si manifesta principalmente nelle aree di cantiere.

In virtù della presenza di diversi ricettori nei pressi delle aree di intervento, si prevede la necessità di introdurre adeguate misure di mitigazione.

La definizione delle misure da adottare per la mitigazione degli impatti generati dalle polveri sui ricettori circostanti le aree di cantiere è stata basata sul criterio di impedire il più possibile la fuoriuscita delle polveri dalle stesse aree ovvero, ove ciò non riesca, di trattenerle al suolo impedendone il sollevamento tramite impiego di processi di lavorazione ad umido (sistematica bagnatura dei cumuli di materiale sciolto e delle aree di cantiere non impermeabilizzate) e pulizia delle strade esterne impiegate dai mezzi di cantiere.

### 2.5.2.1. Impianti di lavaggio delle ruote degli automezzi

Si tratta di impianti costituiti da una griglia sormontata da ugelli disposti a diverse altezze che spruzzano acqua in pressione con la funzione di lavare le ruote degli automezzi in uscita dai cantieri e dalle aree di lavorazione, per prevenire la diffusione di polveri, come pure l'imbrattamento della sede stradale all'esterno del cantiere.

L'appaltatore provvederà all'installazione di tali tipologie di impianti in corrispondenza delle uscite dalle aree di cantiere nelle quali le lavorazioni eseguite potrebbero comportare la diffusione di polveri, tramite le ruote degli automezzi, all'esterno delle aree stesse.

L'installazione di tali impianti è compresa e compensata negli oneri della cantierizzazione.

### 2.5.2.2. Bagnatura delle aree di cantiere

Saranno predisposti gli opportuni interventi di bagnatura delle superfici di cantiere e delle aree di stoccaggio terreni che consentiranno di contenere la produzione di polveri.

Tali interventi saranno effettuati tenendo conto del periodo stagionale con incremento della frequenza delle bagnature durante la stagione estiva. Si osserva che l'efficacia del controllo delle polveri con acqua dipende essenzialmente dalla frequenza delle applicazioni e dalla quantità d'acqua per unità

PROGETTAZIONE ATI:

di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario ed al potenziale medio di evaporazione giornaliera del sito. Si prevede di impiegare circa 1 l/m<sup>2</sup> per ogni trattamento di bagnatura.

In maniera indicativa, è possibile prevedere un programma di bagnature articolato su base annuale che tenga conto del periodo stagionale e della tipologia di pavimentazione dell'area di cantiere, ovvero:

- Gennaio 2 giorni /settimana
- Febbraio 2 giorni / settimana
- Marzo 3 giorni / settimana
- Aprile 4 giorni / settimana
- Maggio 5 giorni / settimana
- Giugno 5 giorni / settimana
- Luglio 5 giorni / settimana
- Agosto 5 giorni / settimana
- Settembre 4 giorni / settimana
- Ottobre 3 giorni / settimana
- Novembre 2 giorni / settimana
- Dicembre 2 giorni / settimana

Per contenere le interferenze dei mezzi di cantiere sulla viabilità sarà necessario prevedere la copertura dei cassoni dei mezzi destinati alla movimentazione dei materiali con teli in modo da ridurre eventuali dispersioni di polveri durante il trasporto dei materiali. Al fine di evitare il sollevamento delle polveri i mezzi di cantiere dovranno viaggiare a velocità ridotta.

Le aree destinate allo stoccaggio dei materiali dovranno essere bagnate o in alternativa coperte al fine di evitare il sollevamento delle polveri.

### **2.5.2.3. Spazzolatura del primo tratto di strada impegnato dal passaggio dei mezzi in uscita dal cantiere**

Si prevede la periodica spazzolatura ad umido di un tratto della viabilità esterna in uscita dal cantiere per una estensione, calcolata dal punto di accesso del cantiere, di media 150 metri, per una sezione media di 7,5 m (per una superficie complessiva di intervento pari a 1125 mq) per tutto il periodo in cui tali viabilità saranno in uso da parte dei mezzi di cantiere.

Tale attività, finalizzata ad impedire il sollevamento di particelle di polvere di parte delle ruote dei mezzi finalizzate a rimuovere le particelle fini, sarà effettuata ogni 2 giorni lavorativi (mediamente, 11 volte al mese) e considerando la durata dei cantieri pari a circa 3,0 anni, circa 802 volte nell'arco della durata dei lavori.

I mezzi di cantiere dovranno essere provvisti di sistemi di abbattimento del particolato a valle del motore, di cui occorrerà prevedere idonea e frequente manutenzione e verifica dell'efficienza anche attraverso misure dell'opacità dei fumi;

Per i mezzi di cantiere dovranno, inoltre, essere adottate le idonee misure per la vigilanza sul rispetto delle regole di trasporto degli inerti, affinché sia sempre garantita la copertura dei cassoni quando caricati ed il rispetto delle velocità all'interno dell'area di cantiere.

### **2.5.2.4. Procedure operative**

Oltre agli interventi di mitigazione sopra descritti, durante la fase di realizzazione delle opere verranno applicate misure a carattere generale e procedure operative che consentono una riduzione della polverosità in fase di cantiere, oltre ad una "buona prassi di cantiere". In particolare, verranno adottate misure che riguardano l'organizzazione del lavoro e del cantiere, verrà curata la scelta delle macchine e delle attrezzature e verranno previste opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature.

PROGETTAZIONE ATI:

### *Organizzazione del cantiere*

L'Appaltatore dovrà applicare tutte le misure possibili al fine di limitare la generazione di polveri durante le lavorazioni di cantiere e la diffusione di polveri all'esterno del cantiere.

A questo fine, in particolare:

- le aree interessate da lavorazioni che generano polveri saranno periodicamente innaffiate: ciò vale in particolare per le aree dove si eseguono attività di movimento terra e di demolizione;
- i cumuli di terre di scavo verranno realizzati in aree lontane da possibili ricettori;
- i piazzali di cantiere verranno realizzati con uno strato superiore in misto cementato o misto stabilizzato al fine di ridurre la generazione di polveri;
- gli stessi piazzali e le piste interne ai cantieri verranno sistematicamente irrorati con acqua; lo stesso verrà fatto anche per la viabilità immediatamente esterna ai cantieri, sulla quale si procederà anche a spazzolatura.

### *Prescrizioni per i mezzi di cantiere*

I mezzi di cantiere dovranno essere provvisti di sistemi di abbattimento del particolato a valle del motore, di cui occorrerà prevedere idonea e frequente manutenzione e verifica dell'efficienza anche attraverso misure dell'opacità dei fumi.

I mezzi di cantiere destinati al trasporto di materiali di risulta dalle demolizioni, terre da scavo e inerti in genere dovranno essere coperti con teli aventi adeguate caratteristiche di impermeabilità e resistenza allo strappo.

I mezzi di cantiere dovranno tenere velocità ridotta sulle piste di servizio; a questo fine l'Appaltatore dovrà installare cartelli segnaletici indicanti l'obbligo di procedere a passo d'uomo all'interno dei cantieri.

Gli autocarri e gli altri macchinari impiegati nelle aree di cantiere dovranno risultare conformi ai limiti di emissione previsti dalle norme vigenti.

### *Misure di ottimizzazione per l'inquinamento atmosferico a carico dell'Appaltatore*

Di seguito vengono prescritti provvedimenti, sotto forma di una lista di controllo, generali e specifici in funzione del metodo di costruzione per la riduzione delle emissioni di sostanze nocive nell'aria sui cantieri.

Altri provvedimenti ed altre soluzioni non sono esclusi purché sia comprovato che comportano una riduzione delle emissioni almeno equivalente.

La maggior parte dei provvedimenti comprende requisiti base e corrisponde ad una "buona prassi di cantiere", altri consistono in misure preventive specifiche.

### *Processi di lavoro meccanici*

Le polveri e gli aerosol in cantieri prodotti da sorgenti puntuali o diffuse (impiego di macchine ed attrezzature, trasporti su piste di cantiere, lavori di sterro, estrazione, trattamento e trasbordo di materiale, dispersione tramite il vento ecc.) sono da ridurre alla fonte mediante l'adozione di adeguate misure. In particolare, per le attività che producono polvere, come smerigliatura – fresatura – foratura – sabbiatura – sgrossatura – lavorazione alla punta e allo scalpello, spaccatura – frantumazione – macinatura – getto – deposizione – separazione -crivellatura – carico/scarico – presa con la benna – pulizia a scopa – trasporto, vanno adottati i seguenti provvedimenti:

<b>MOVIMENTAZIONE DEL MATERIALE</b>
Agglomerazione della polvere mediante umidificazione del materiale, per esempio mediante un'irrorazione controllata.
Impiego di sminuzzatrici che causano scarsa abrasione di materiale e che riducono il materiale di carico mediante pressione anziché urto.
Ridurre al minimo i lavori di raduno, ossia la riunione di materiale sciolto nei luoghi di trasbordo, proteggendo i punti di raduno dal vento.
<b>DEPOSITO DEL MATERIALE</b>
I depositi di materiale sciolto e macerie come materiale non bituminoso di demolizione delle strade, calcestruzzo di demolizione, sabbia ghiaiosa riciclata con frequente movimentazione del materiale vanno adeguatamente protetti dal vento per es. mediante una sufficiente umidificazione, pareti/barriere di protezione o sospensione dei lavori in caso di condizioni climatiche avverse.
Proteggere adeguatamente i depositi di materiale sciolto con scarsa movimentazione dall'esposizione al vento mediante misure come la copertura con stuoie, teli o copertura verde.
<b>AREE DI CIRCOLAZIONE NEI CANTIERI</b>
Sulle piste non consolidate legare le polveri in modo adeguato mediante autocisterna a pressione o impianto d'irrigazione.
Limitazione della velocità massima sulle piste di cantiere a per es. 30 km/h.
Munire le piste di trasporto molto frequentate con un adeguato consolidamento, per es. una pavimentazione o una copertura verde. Le piste vanno periodicamente pulite e le polveri legate per evitare depositi di materiali sfusi sulla pista.
Munire le uscite dal cantiere alla rete stradale pubblica con efficaci vasche di pulizia, come per esempio impianti di lavaggio delle ruote.
<b>DEMOLIZIONE E SMANTELLAMENTO</b>
Gli oggetti da demolire o da smantellare vanno scomposti possibilmente in grandi pezzi con adeguata agglomerazione delle polveri (per es. umidificazione).

*Processi di lavoro termici e chimici*

Durante i processi di lavoro termici nei cantieri (riscaldamento - pavimentazione – taglio – rivestimento a caldo – saldatura) si sprigionano gas e fumi. Sono prioritarie misure in relazione alla lavorazione a caldo di bitume (pavimentazione stradale, impermeabilizzazioni, termoadesione) nonché ai lavori di saldatura.

Nella lavorazione di prodotti contenenti solventi (attività: rivestire – incollare – decapare – schiumare – pitturare – spruzzare) o nei processi chimici (di indurimento) vengono sprigionate sostanze solventi. L'Appaltatore valuterà le azioni di seguito proposte evidenziando se esistano impedimenti tecnici alla loro attuazione. Qualora così non fosse, sarà sua cura darne attuazione.

<b>OPERE DI PAVIMENTAZIONE E IMPERMEABILIZZAZIONE</b>
Mastice d'asfalto, materiale di tenuta a caldo, bitume a caldo (riscaldatore mobile)
Impiego di mastice d'asfalto e bitume a caldo con bassa tendenza di esalazione di fumo. Le temperature di lavorazione non devono superare i seguenti valori: - mastice d'asfalto, posa a macchina: 220°C - mastice d'asfalto, posa a mano: 240°C - bitume a caldo: 190°C
<b>OPERE DI PAVIMENTAZIONE ED IMPERMEABILIZZAZIONE</b>
Trattamento di materiali per la pavimentazione stradale
Impiego di bitume con basso tasso di emissione d'inquinanti atmosferici (tendenza all'esalazione di fumo).
Riduzione della temperatura di lavorazione mediante scelta di leganti adatti.
<b>OPERE DI IMPERMEABILIZZAZIONE</b>
Impiego di stuoie di bitume con scarsa tendenza all'esalazione di fumo.

PROGETTAZIONE ATI:

Procedimento di saldatura: evitare il surriscaldamento delle stuoie di bitume.
<b>SALDATURA (AD ARCO ED AUTOGENA) DEI METALLI</b>
I posti di lavoro di saldatura vanno attrezzati in modo che il fumo di saldatura possa essere captato, aspirato ed evacuato (per es. con un'aspirazione puntuale).
<b>PROCESSI DI LAVORO CHIMICI</b>
Utilizzare prodotti ecologici per il trattamento delle superfici (mani di fondo, prime mani, strati isolanti, stucchi, vernici, intonaci, ponti di aderenza, primer ecc.) come pure per incollare e impermeabilizzare i giunti.

*Requisiti di macchine ed attrezzature*

Impiegare attrezzature di lavoro a basse emissioni, per es. con motore elettrico.
Equipaggiamento e periodica manutenzione di macchine e attrezzature con motore a combustione secondo le indicazioni del fabbricante.
Per macchine e attrezzature con motori a combustione <18 kW la periodica manutenzione deve essere documentata, per es. con un adesivo di manutenzione.
Tutte le macchine e tutti le attrezzature con motori a combustione ≥18 kW devono: - essere identificabili; - essere controllate periodicamente ed essere munite di un corrispondente documento di manutenzione del sistema antinquinamento; - essere muniti di un adeguato contrassegno dei gas di scarico.
Le attrezzature di lavoro con motori a benzina a 2 tempi e con motori a benzina a 4 tempi senza catalizzatore devono essere alimentate con il tipo di benzina corretto.
Per macchine e attrezzature con motore diesel devono essere utilizzati carburanti a basso tenore di zolfo (tenore in zolfo < 50 ppm).
Per i lavori con elevata produzione di polveri con macchine e attrezzature per la lavorazione meccanica dei materiali (come per es. mole per troncatura, smerigliatrici), devono essere adottate misure di riduzione delle polveri (come per es. bagnare, captare, aspirare, separare).

PROGETTAZIONE ATI:

## 2.6. PAESAGGIO E PATRIMONIO CULTURALE

### 2.6.1. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

Per quanto riguarda gli aspetti paesaggistici e percettivi, gli impatti più significativi che si possono determinare nella fase di cantiere riguardano essenzialmente le alterazioni del territorio dovute a:

- l'insediamento delle aree di cantiere;
- la realizzazione delle piste provvisorie di cantiere per l'accesso alle aree di lavorazione;
- la realizzazione delle opere in progetto, che possono interessare porzioni di territorio più ampie di quelle strettamente di pertinenza dell'infrastruttura in esercizio.

La suddetta alterazione può avere a sua volta un carattere:

- temporaneo, qualora gli effetti risultino reversibili al termine dei lavori (ad esempio nel caso di aree agricole che, al termine dei lavori, vengono restituite all'uso originario);
- permanente, quando gli effetti si protraggono anche nelle fasi di esercizio, ad esempio per la distruzione di beni, di elementi significativi o caratteristici (fabbricati, muretti, ecc.), di colture pregiate (frutteti/uliveti), o di elementi naturali (vegetazione e habitat).

Il vantaggio degli impatti prodotti dalla fase di cantiere è che questi possono essere più facilmente prevenuti in quanto la localizzazione delle aree e delle piste, entro ragionevoli limiti tecnici, presenta condizionamenti e vincoli minori rispetto a quella del tracciato stradale.

Nel caso specifico pertanto si evidenzia che la perimetrazione delle aree di cantiere è stata effettuata tenendo conto dei contesti ed evitando il più possibile l'incidenza diretta con elementi di pregio o significativi del territorio.

Per quanto riguarda le piste di cantiere si utilizzeranno le infrastrutture già esistenti sul territorio, evitando l'apertura di nuove.

L'utilizzo degli assi secondari esistenti costituirà anche occasione per la rimozione di alcuni fenomeni di degrado attualmente presenti (discariche incontrollate di materiali e rifiuti).

### 2.6.2. MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

la perimetrazione delle aree di cantiere e il tracciamento delle piste sono state effettuate tenendo conto dei contesti ed evitando il più possibile l'incidenza diretta con elementi tutelati, di pregio o significativi del territorio.

Per favorire il ripristino a fine lavori, il terreno agrario scoticato verrà accantonato in cumuli, previa effettuazione di analisi chimico agrarie volte a caratterizzare la natura fisico/chimica del medesimo. Tali cumuli, che non saranno essere più alti di 4 m per evitare il verificarsi di fenomeni asfittici tali da creare delle ossidazioni anomale dei componenti del suolo, saranno inerbiti per evitare il più possibile l'azione di dilavamento degli elementi nutritivi.

Al fine di mitigare l'impatto percettivo, le aree di cantiere dovranno essere recintate con pannelli o altri elementi aventi colori compatibili con il contesto (gamma del verde – ocra).

Al termine dei lavori si prevede la completa dismissione di tutte le aree di cantiere e la loro restituzione all'uso originario.

Inizialmente gli interventi dovranno prevedere la rimozione di tutte le superfici impermeabilizzate o pavimentate che si è reso necessario realizzare, nonché la pulizia a fondo delle aree.

Una volta effettuate queste operazioni, sono state definite due diverse tipologie di recupero:

- **Mc01.1 - Recupero dell'uso agricolo**, che si attua in tutte le aree precedentemente adibite allo stesso scopo e che prevede l'aratura ed erpicatura superficiale al fine di creare le precondizioni per il ripristino della fertilità del suolo, e il riporto del terreno vegetale di scotico precedentemente accantonato

- **Mc01.2 - Ripristino**, che viene previsto in corrispondenza delle aree attualmente incolte. Per queste aree si prevede una sistemazione finale con inerbimento al fine di ricostruire la coltura erbacea preesistente all'intervento.



**Figura 2.11: al termine dello smantellamento dei cantieri è di fondamentale importanza procedere con interventi di ripristino della fertilità dei suoli con corrette procedure agronomiche, per facilitare il ritorno alle condizioni ante operam**

PROGETTAZIONE ATI:

## 2.7. RUMORE

### 2.7.1. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

Per le attività di cantiere, le sorgenti di emissione acustica sono rappresentate dai macchinari e dalle attrezzature utilizzate in cantiere.

L'entità dell'impatto è funzione della tipologia di macchinari utilizzati, delle relative potenze sonore, del numero di macchinari e della loro contemporaneità, delle fasi di lavoro e delle percentuali di utilizzo.

Muovendo da tali considerazioni e sulla scorta del quadro conoscitivo riportato precedentemente, si è proceduto all'individuazione delle situazioni ritenute più significative sotto il profilo del potenziale impatto acustico, anche in ragione dei seguenti criteri:

- Tipologia delle attività e delle lavorazioni previste;
- Durata e contemporaneità delle lavorazioni;
- Prossimità a ricettori residenziali e/o sensibili;
- Classe acustica, se presente, nella quale ricadono le aree di cantiere e le zone ad esse contermini.

L'analisi acustica degli aspetti di cantiere è stata analizzata mediante il software di simulazione SoundPLAN 8.2 sulla base di un input progettuale dedotto dagli elaborati tecnici di cantierizzazione, cioè:

- Relazione di cantierizzazione;
- Programma dei lavori;
- Tavole di progetto (comprendenti tracciati planimetrici, profili altimetrici ed elaborati di cantierizzazione).

Dagli elaborati tecnici sono stati ricavate le informazioni necessarie a realizzare il modello di simulazione:

- localizzazione delle diverse aree di cantiere, distinguendo i cantieri fissi dai cantieri lungo linea;
- caratterizzazione delle differenti tipologie e numero dei macchinari ed attività previste;
- caratterizzazione delle sorgenti sonore per ogni tipologia di lavorazione;
- assegnazione della durata giornaliera delle attività e della percentuale di utilizzo (CU) dei singoli macchinari utilizzati;
- calcolo della potenza sonora  $L_w(A)$  associata a ciascun cantiere;
- verifica dei parametri normativi del caso;
- previsione di interventi di mitigazione laddove risultato necessario.

Le macchine di cantiere sono state considerate come sorgenti puntiformi a cui è stata assegnata una determinata potenza sonora e una quota sul piano campagna, che rappresenta la quota di emissione. La caratterizzazione acustica dei macchinari viene estrapolata da misure dirette sui macchinari e/o

PROGETTAZIONE ATI:

dal database interno del modello di simulazione e/o da fonti documentali pubbliche. A questo proposito in particolare si fa riferimento alla caratterizzazione delle sorgenti di cantiere del C.P.T. Il C.P.T. (Comitato Paritetico Territoriale per la Prevenzione Infortuni, l'Igiene e l'Ambiente di Lavoro di Torino e Provincia) è un ente senza scopo di lucro, costituito nel 1970 con accordo tra il Collegio dei Costruttori Edili (ANCE) della provincia di Torino, le associazioni artigiane di categoria (CNA-Costruzioni, CASA e Unione Artigiana) e le organizzazioni sindacali dei lavoratori edili (FeNeAL-UIL, FILCA-CISL, FILLEA-CGIL). Il C.P.T. mette a disposizione per bande di ottava dati di "Pressione sonora" e/o "Potenza acustica" di un congruo numero di macchinari di cantiere, suddivisi per tipologia e/o marca e/o modello specifico.

Sulla base della rappresentazione delle varie tipologie di cantiere, l'analisi delle interferenze di tipo acustico viene condotta relativamente alle fasi di maggiore emissione rumorosa estendendone i risultati all'intero ciclo lavorativo. Con tale approccio si è voluto rappresentare una condizione sicuramente cautelativa per i ricettori, demandando alle successive fasi di progettazione il dettaglio maggiore che ad esse compete.

In ragione della tipologia di sorgenti acustiche di progetto, la stima delle eventuali interferenze sugli edifici prossimi alle aree di attività viene effettuata, come detto, in funzione dei limiti acustici dedotti dalla classificazione acustica comunale. Sono infine state effettuate le simulazioni acustiche del caso, sia simulando le attività presenti all'interno dei cantieri fissi presenti lungo il tracciato sia simulando le attività realizzative dell'opera che si localizzano nei cantieri lungo linea. Sulla viabilità sono stati considerati i mezzi pesanti

Nel seguente paragrafo si riportano le analisi acustiche effettuate per ciascuna tipologia di sorgente sonora individuata.

### 2.7.2. DATI DI INPUT: ANALISI DELLE SORGENTI SONORE

Come riportato in premessa, per lo studio acustico redatto per fase di cantiere, sono stati considerati i cantieri fissi e i cantieri lungo linea.

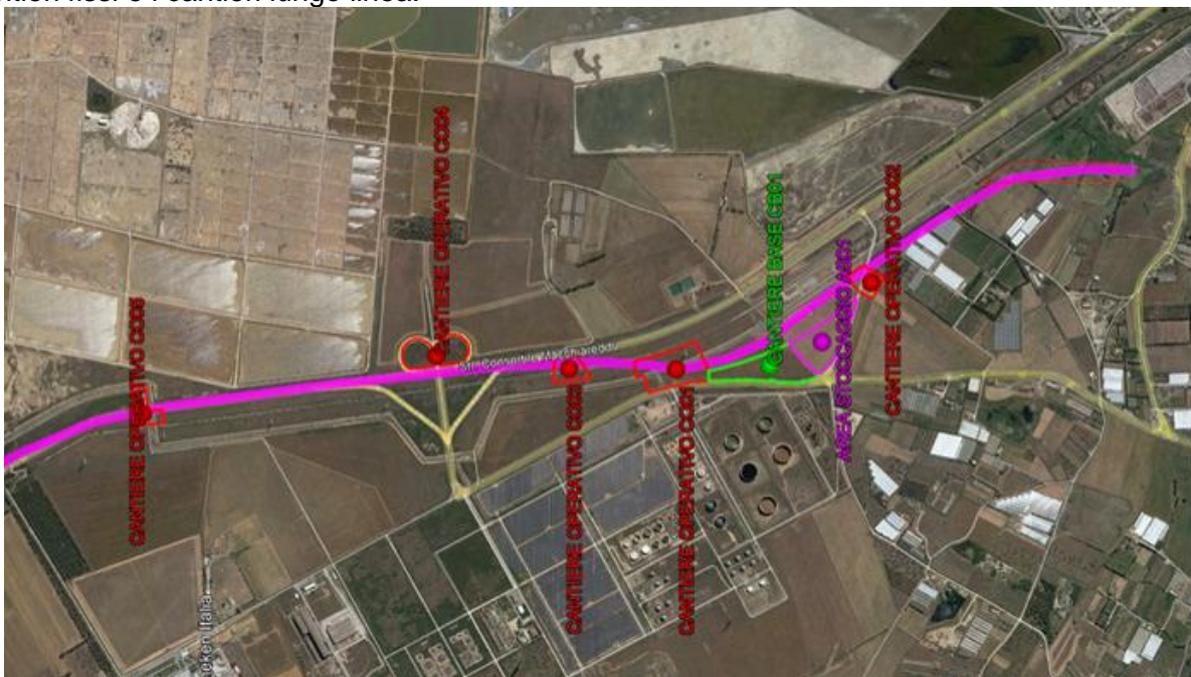


Figura 2.12 Aree di cantiere oggetto della valutazione

ID	Descrizione	Lavorazioni	Superficie (mq)
CO01	Cantiere operativo	Attraversamento fascio tubiero	30.783
CB01	Cantiere base		31.480
AS01	Area stoccaggio		27.337
CO02	Cantiere operativo	Sottopasso dorsale CASIC	8.974
CO04	Cantiere operativo	Svincolo Capoterra - CASIC	21.421
CO05	Cantiere operativo	Scavalco fascio tubiero	9.300

**Tabella 2.4 Caratteristiche aree di cantiere**

Le emissioni acustiche durante le lavorazioni possono essere di tipo continuo, legate agli impianti fissi nei diversi cantieri stabili, e discontinue, dovute alle lavorazioni sulla linea ed al transito dei mezzi per la movimentazione dei materiali.

In particolare, per quanto riguarda i cantieri fissi sono state individuate tre tipologie di aree:

- Cantiere Base;
- Cantiere Operativo;
- Area stoccaggio.

I cantieri base e le aree stoccaggio sono cantieri che insistono sul territorio per l'intera durata dei lavori. Questi sono cantieri dove si hanno grandi movimentazioni di materiali e mezzi che afferiscono all'intero tronco e in cui è in generale presente anche l'officina per la riparazione di mezzi e per la prefabbricazione.

Il cantiere operativo è, invece, un'area a servizio delle opere d'arte che sono realizzate nel fronte avanzamento lavori (lungo linea).

All'interno di ogni cantiere sono state ipotizzate le tipologie di lavorazioni previste, i macchinari utilizzati, la loro percentuale di utilizzo nell'arco della lavorazione e l'eventuale contemporaneità di lavorazione. Ai fini dell'analisi delle interferenze di tipo acustico, sono state considerate le fasi di lavoro e le sorgenti di maggiore emissione rumorosa in zone con presenza di ricettori abitativi.

Per quanto riguarda tutti i cantieri, in ragione della permanenza più o meno continuativa sul territorio e delle emissioni acustiche prodotte al loro interno, rispetto ai cantieri lungo linea, si è preferito fornire una rappresentazione puntuale sul territorio mediante simulazioni acustiche su tutte le aree e su tutti i ricettori direttamente interessati dal fenomeno.

Per tutte le lavorazioni Lungo linea, invece, tenendo conto del ridotto periodo temporale di attività e, quindi, della minore criticità che può essere indotta sul territorio, sono state predisposte delle analisi acustiche seguendo un modello tipologico; sono state effettuate cioè delle simulazioni acustiche rappresentative della modalità di propagazione dei livelli sonori sul territorio verificando le distanze oltre le quali la rumorosità emessa può ritenersi trascurabile.

Per i cantieri lungo linea, quindi, sono state oggetto di simulazione le attività correlate alle principali lavorazioni del caso, localizzandole nelle tratte di maggiore presenza di ricettori; sono state stimate quindi le potenze sonore correlate alle attività costruttive delle seguenti tipologie di opera:

- lavorazioni per sottopasso/scavalco fascio tubiero;
- lavorazioni per rilevato/trincea;

Su ogni cantiere e/o area operativa è stato identificato un database di macchinari appartenenti alle seguenti tipologie da utilizzare all'interno delle simulazioni acustiche:

- autocarro;
- escavatore;
- pala meccanica;
- rullo compressore;
- macchina per pali, trivelle;
- bulldozer;
- autobetoniere;
- gru;
- officina.

In riferimento alla relazione di cantierizzazione e alle potenze acustiche dei singoli macchinari dedotti, come detto, da fonti documentali pubbliche, nonché tenendo conto che la giornata lavorativa fa riferimento al solo periodo diurno, sono riportate nelle seguenti tabelle i tipi di macchine operatrici considerate e la quantificazione delle potenze sonore dei cantieri.

### CANTIERI FISSI

Cantiere Base e operativi			
Macchina operatrice / Attività	Numero	Coeff. Util.	LwA
Movimentazione materiali	1	0,50	100,7
Autocarro	4	0,10	99,4
Officina	1	0,30	100,5
Totale mezzi	5		
<b>LwA diurno</b>			<b>105,0</b>

Aree di stoccaggio e area tecnica			
Macchina operatrice / Attività	Numero	Coeff. Util.	L w
Autocarro	1	0,30	98,1
Pala meccanica	1	0,30	98,6
Movimentazione materiali	1	0,30	98,5
Totale mezzi	3		
<b>LwA diurno</b>			<b>103,2</b>

### CANTIERI LUNGO LINEA

Sottopasso/scavalco fascio tubiero			
Macchina operatrice / Attività	Numero	Coeff. Util.	LwA
Gru	1	0,30	93,6
Autocarro	1	0,25	97,3
Autobetoniera	1	0,30	106,7
Getto cls	1	0,30	80,0
Macchina per pali	1	0,25	103,7

PROGETTAZIONE ATI:

Escavatore	1	0,30	99,0
Totale mezzi	6		
<b>LwA diurno</b>			<b>109,3</b>

Rilevato/trincea			
Macchina operatrice / Attività	Numero	Coeff. Util.	LwA
Autocarro	1	0,35	98,8
Escavatore	1	0,30	99,0
Rullo compressore	1	0,20	95,5
Bulldozer	1	0,20	100,1
Totale	4		
<b>LwA diurno</b>			<b>104,7</b>

Le potenze sonore mostrate nel presente paragrafo sono quindi state implementate all'interno del modello di simulazione, localizzandole nelle opportune zone di lavorazione. Nel seguente paragrafo si riportano gli output del modello con le opportune valutazioni del caso.

**VIABILITA'**

La stima dei traffici circolante sulla viabilità esterna alle aree di cantiere/lavoro è avvenuta in funzione dei quantitativi di movimentazione del materiale scavato.

Pertanto, nello scenario oggetto di simulazione modellistica, costituito da sei aree di cantiere e due aree di lavoro, il flusso medio totale risulta pari a 80 veicoli/giorno bidirezionali.

**2.7.3. DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE**

Le simulazioni hanno restituito i livelli di rumore in formato numerico, strumento di valutazione con il quale è stato possibile dimensionare in maniera opportuna, laddove necessario, gli interventi di mitigazione di cantiere.

Di seguito si illustrano gli output del modello di simulazione sia per i cantieri fissi, che per i cantieri lungo linea.

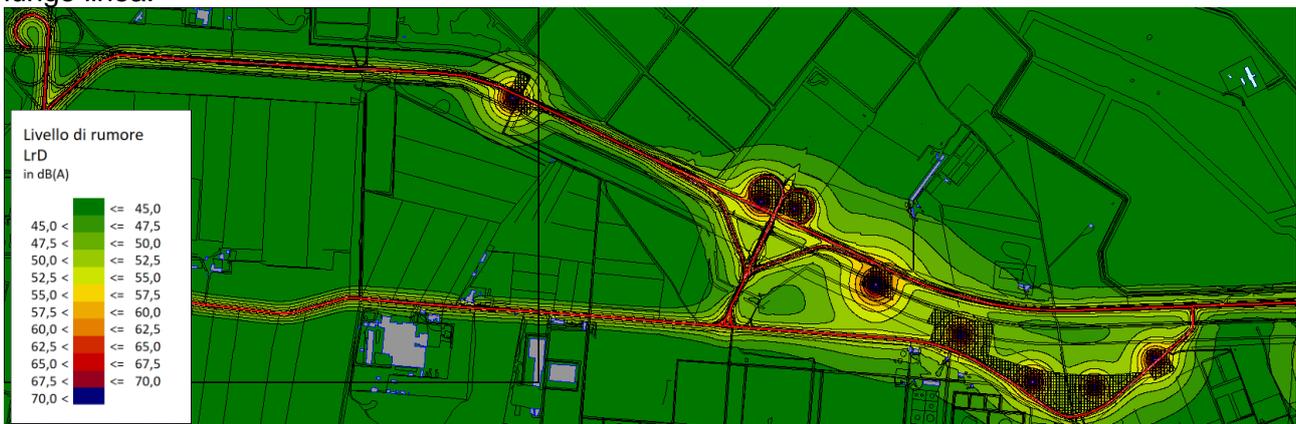


Figura 2.13 Mappa della rumorosità - Corso d'opera

PROGETTAZIONE ATI:

### 2.7.3.1. Cantieri fissi

Per quanto riguarda i cantieri fissi, si sono effettuate le simulazioni modellistiche per le 2 aree localizzate lungo il tracciato.

Dalle simulazioni effettuate si osserva che i livelli di rumore fuori dall'area di cantiere si attesta intorno ai 57 dB(A), ben al di sotto dei limiti di zonizzazione acustica che prevede, per l'area ove saranno ubicati i cantieri, la classe V, con limite diurno di 70 dB(A). Come già osservato in precedenza, non sono presenti ricettori abitativi nell'area.

Per tutti i cantieri fissi sarà comunque necessario prevedere delle azioni di buona gestione dei cantieri in modo da ridurre al massimo l'impatto sul territorio ad opera delle lavorazioni indagate.

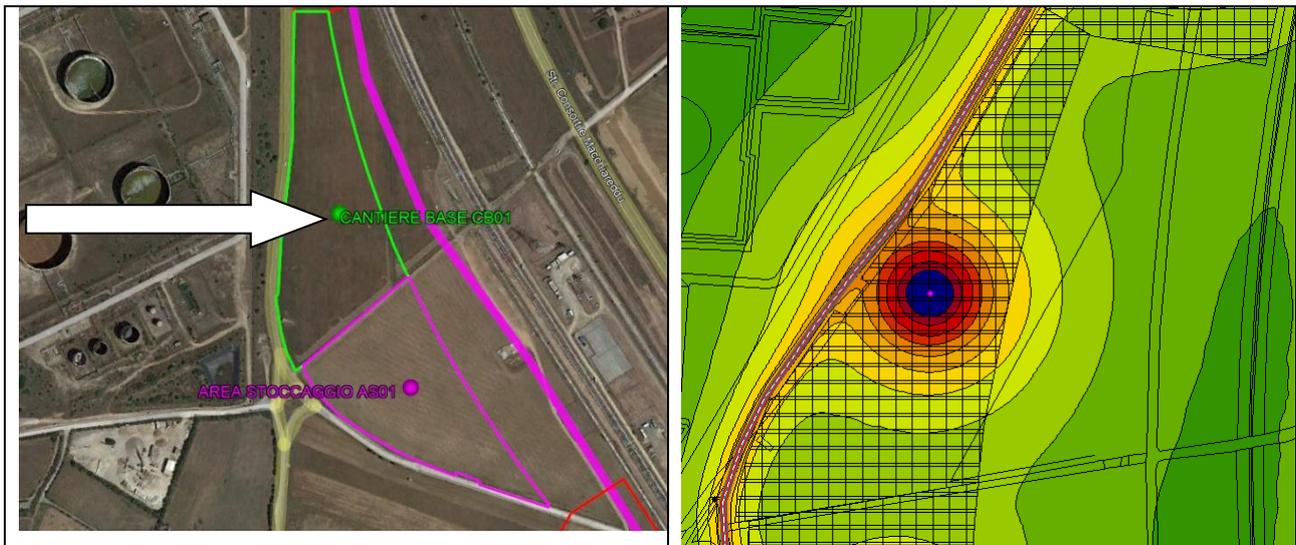


Figura 2.14 Cantiere Base CB01

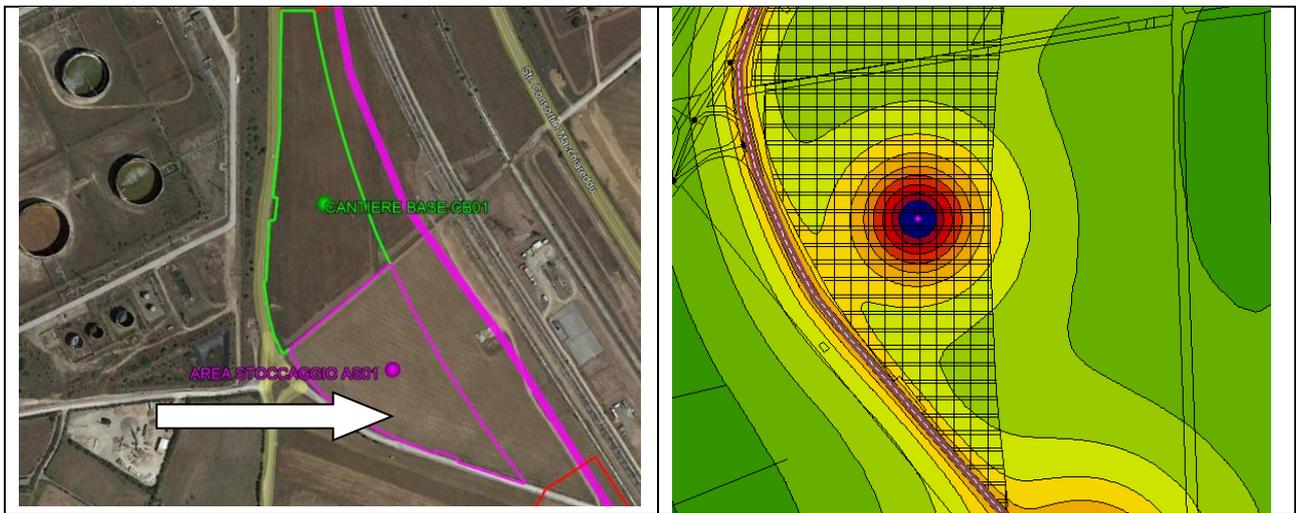


Figura 2.15 Area di stoccaggio AS01

### 2.7.3.2. Cantieri lungo linea

Per quanto riguarda i cantieri lungo linea, sono stati analizzati i valori di output numerici restituiti dal modello. Si osserva che tutte le lavorazioni rientrano dentro i limiti previsti dalla zonizzazione acustica.

PROGETTAZIONE ATI:

Intorno ai cantieri operativi non sono presenti ricettori abitativi, gli edifici presenti sono tutti produttivi/industriali.

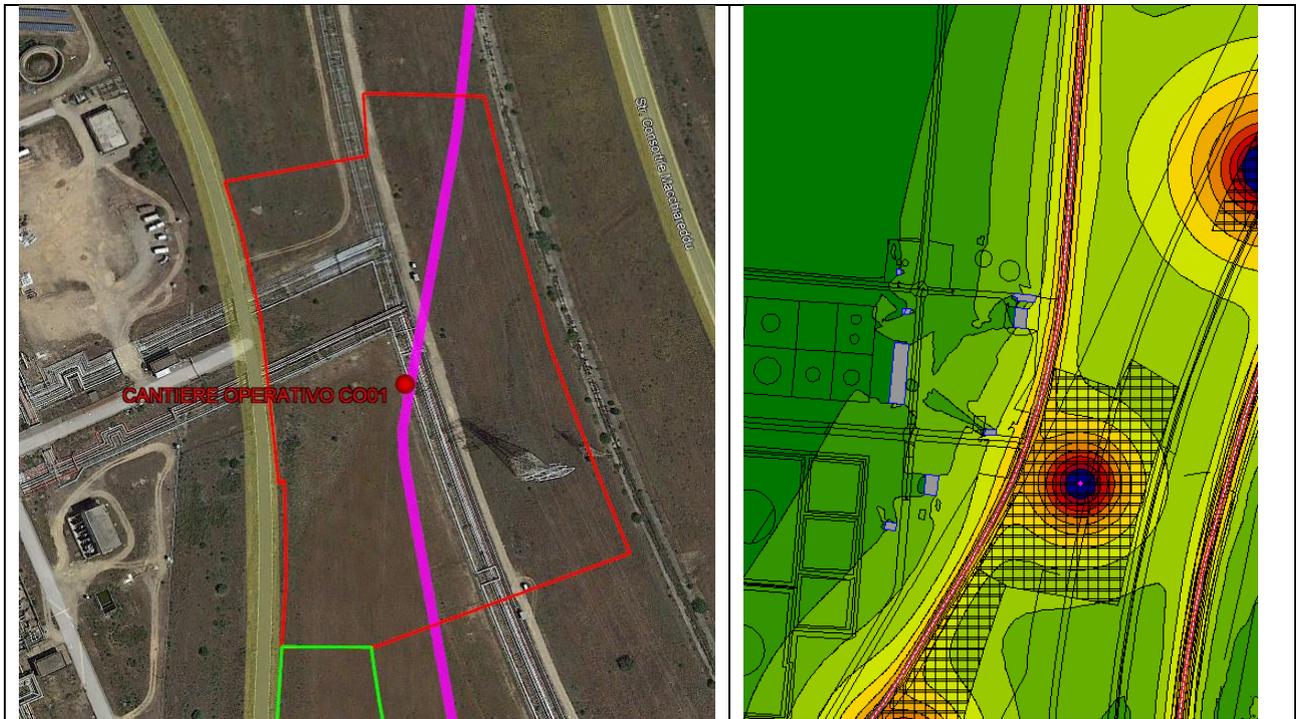


Figura 2.16 - CO01: Cantiere operativo-Attraversamento fascio tubiero

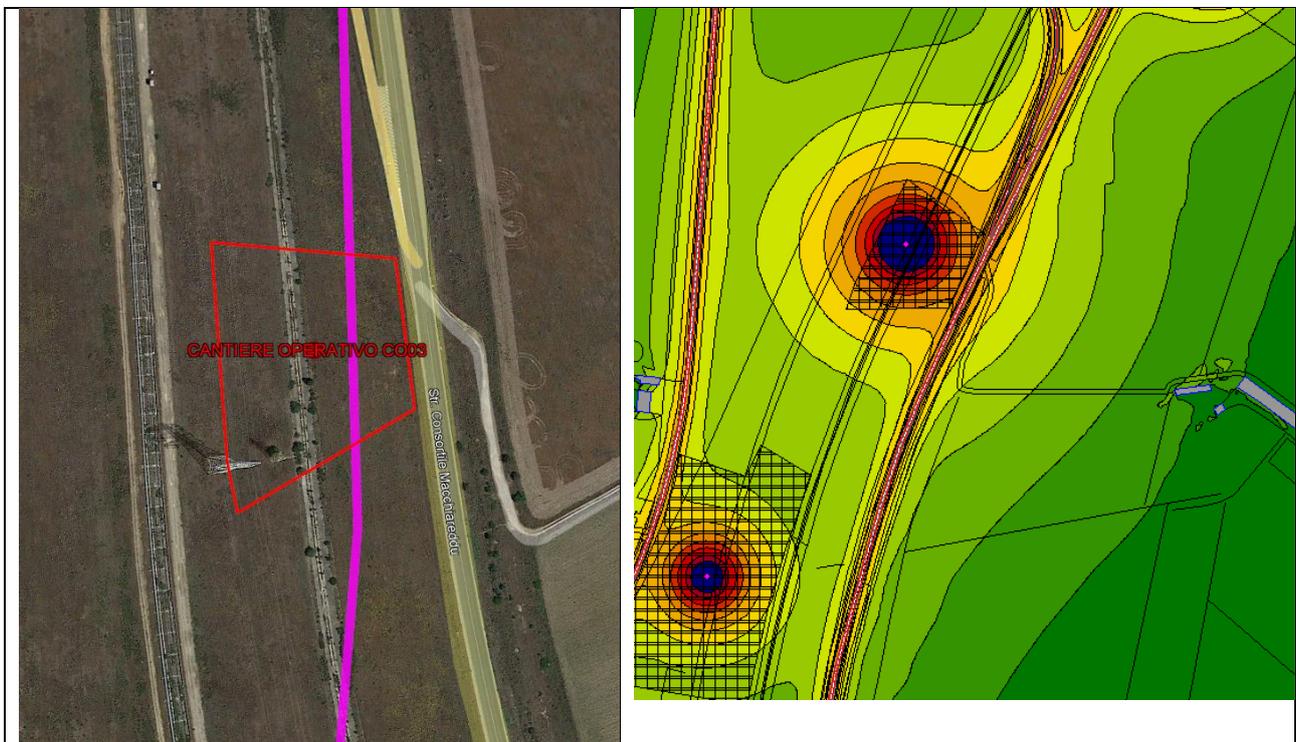
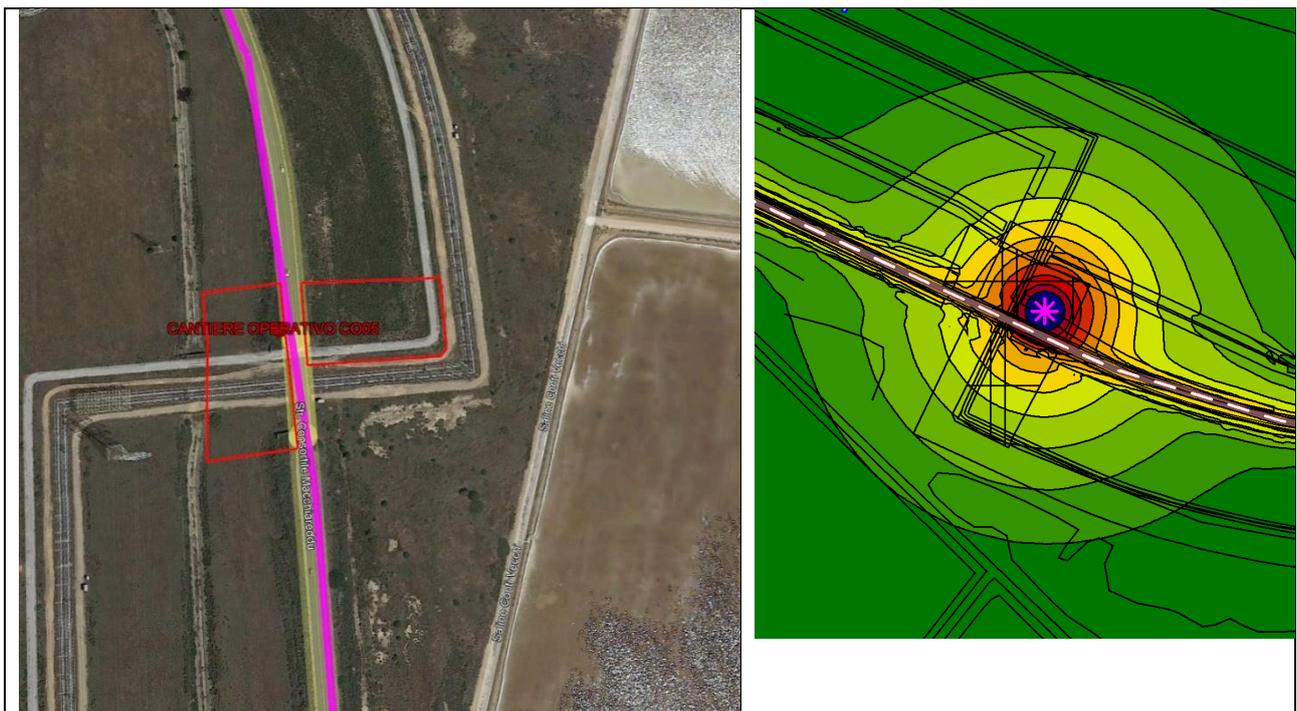


Figura 2.17 - CO02: Cantiere operativo-Sottopasso dorsale CASIC

PROGETTAZIONE ATI:



**Figura 2.18 - CO04: Cantiere operativo - Svincolo Capoterra - CASIC**



**Figura 2.19 - CO05: Cantiere operativo - Scavalco fascio tubiero**

PROGETTAZIONE ATI:

### 2.7.3.3. Impatto sulla avifauna

Considerata la vicinanza del sito Natura 2000 "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu e laguna di Santa Gillia" alle aree di cantiere, si considera necessaria una valutazione dell'impatto da rumore sulle specie ornitiche presenti.

Il rumore viene trasmesso dalla fonte attraverso un mezzo (terreno e/o aria) ad un recettore, che in questo caso è rappresentato dalla fauna presente.

Il rumore agisce da deterrente sull'utilizzazione del territorio da parte della fauna selvatica in relazione a diversi meccanismi. Per le specie che utilizzano le vocalizzazioni durante la fase riproduttiva esso agisce come "incremento di soglia" diminuendo la distanza di percezione del canto territoriale.

Per alcune specie l'aumento del rumore rende un sito meno controllabile, quindi meno sicuro, per la protezione dai predatori mentre per altre specie "rumori particolari" potrebbero agire interferendo con le frequenze di emissione, con significati specie-specifici.

Dalla bibliografia specifica di settore, si desume che la perdita dei siti di nidificazione dell'ornitofauna più sensibile avviene superata la soglia dei 60 dBA, ma già con una soglia di soli 40 dBA il fenomeno è apprezzabile sulle specie più sensibili. La distanza planimetrica di esaurimento di tale criticità è stata derivata utilizzando i valori desunti dalla letteratura per mezzi quali quelli impiegati incrementati di significativi livelli al fine di proporre un modello molto prudentiale.

L'effetto del rumore risulta assai diverso se opera su tipiche specie di bosco piuttosto che di prateria, ambienti ove la dispersione del rumore avviene con modalità diverse. Queste ultime risultano più tolleranti in quanto l'adattamento ad ambienti aperti consente loro di "sopportare" meglio le variazioni di rumore alle quali sono più abituate. Nel bosco l'impatto risulta dimezzato rispetto alle zone aperte, tuttavia le specie che vi nidificano sono molto più sensibili in quanto più "isolate" acusticamente rispetto alle specie di aree aperte. L'ornitofauna presente nella salina può pertanto essere paragonata a quella di prateria, quindi meno sensibile.

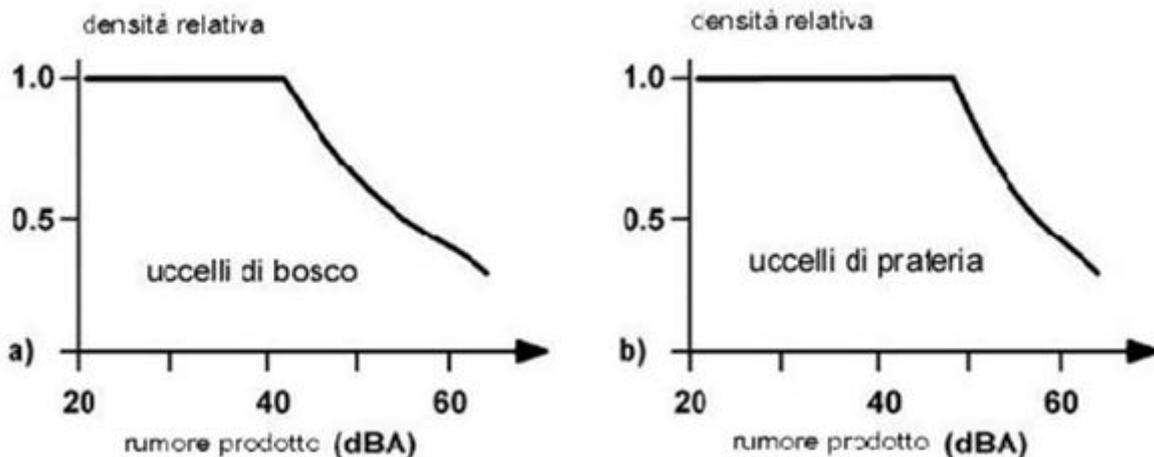


Figura 2.20 Densità nidificante e risposte a livelli crescenti di rumore (COST 341)

Dallo studio modellistico effettuato si osserva che i livelli raggiunti nel sito Natura 2000 si attestano intorno ai 50 dB(A), compatibili con i livelli previsti dalla zonizzazione acustica relativi alla classe 1, pertanto inferiore al limite di soglia di 60 dB(A).

#### 2.7.4. MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

Considerata l'assenza di ricettori abitativi e/o sensibili in prossimità dei cantieri e delle lavorazioni, le misure di prevenzione consistono in procedure operative generiche per il contenimento dell'impatto acustico generato dalle attività di cantiere.

In particolare, verranno adottate misure che riguardano l'organizzazione del lavoro e del cantiere, verrà curata la scelta delle macchine e delle attrezzature e verranno previste opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature.

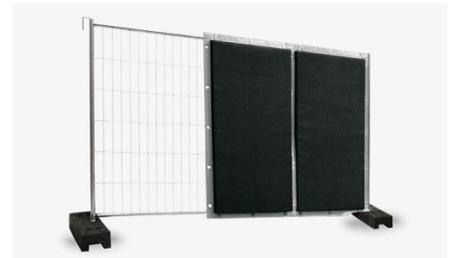
Dovranno essere previste misure di contenimento dell'impatto acustico da adottare nelle situazioni operative più comuni, misure che riguardano in particolar modo l'organizzazione del lavoro nel cantiere e l'analisi dei comportamenti delle maestranze per evitare rumori inutili. In particolare, è necessario garantire, in fase di programmazione delle attività di cantiere, che operino macchinari ed impianti di minima rumorosità intrinseca.

Successivamente, ad attività avviate, sarà importante effettuare una verifica puntuale sui ricettori più vicini mediante monitoraggio, al fine di identificare le eventuali criticità residue e di conseguenza individuare le tecniche di mitigazione più idonee.

Il sistema più efficace per il contenimento del rumore consiste ovviamente nell'utilizzo di barriere in grado di schermare i ricettori più esposti rispetto alla fonte del rumore.

In tutti i casi in cui siano state riscontrate criticità residue, saranno installate **barriere antirumore** provvisorie realizzate con pannelli in metallo montati su un basamento in cls.

Nei casi in cui risulti utile invece intervenire solo sulla sorgente di rumore, con emissioni sonore di durata circoscritta nel tempo, saranno utilizzati **pannelli fonoassorbenti** installati su supporti mobili e disposti intorno alla sorgente. Tali pannelli, infatti, diversamente dalle barriere provvisorie, possono essere facilmente smontati, spostati e rimontati in funzione delle esigenze del momento, risultando utili in differenti circostanze.



La riduzione delle emissioni direttamente sulla fonte di rumore può essere anche ottenuta tramite una corretta scelta delle macchine e delle attrezzature, con opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature e, infine, intervenendo quando possibile sulle modalità operazionali e di predisposizione del cantiere.

In tale ottica gli interventi attivi sui macchinari e le attrezzature possono essere sintetizzati come di seguito:

- scelta delle macchine, delle attrezzature e miglioramenti prestazionali;
- selezione di macchine ed attrezzature omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea ed ai successivi recepimenti nazionali;
- impiego di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate;
- installazione, se già non previsti ed in particolare sulle macchine di una certa potenza, di silenziatori sugli scarichi;
- utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori di recente fabbricazione insonorizzati.

In particolare i macchinari e le attrezzature utilizzate in fase di cantiere saranno silenziate secondo le migliori tecnologie per minimizzare le emissioni sonore in conformità al DM 01/04/04 "Linee guida per

PROGETTAZIONE ATI:

l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale": il rispetto di quanto previsto dal D.M. 01/04/94 è prescrizione operativa a carico dell'Appaltatore.

Le principali azioni di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature volte al contenimento del rumore sono:

- eliminazione degli attriti attraverso operazioni di lubrificazione;
- sostituzione dei pezzi usurati e che lasciano giochi;
- controllo e serraggio delle giunzioni;
- bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive;
- verifica della tenuta dei pannelli di chiusura dei motori;
- svolgimento di manutenzione alle sedi stradali interne alle aree di cantiere e sulle piste esterne, mantenendo la superficie stradale livellata per evitare la formazione di buche.

Fondamentale risulta, anche, una corretta definizione del lay-out del cantiere; a tal proposito le principali modalità in termini operazionali e di predisposizione del cantiere risultano essere:

- orientamento degli impianti che hanno una emissione direzionale in posizione di minima interferenza;
- localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori più vicini;
- imposizione di direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi (evitare di far cadere da altezze eccessive i materiali o di trascinarli quando possono essere sollevati...).

#### 2.7.4.1. Deroga

In fase di costruzione, dopo avere messo in atto tutti i provvedimenti possibili, costituiti dagli accorgimenti riportati nel precedente paragrafo, qualora il monitoraggio in corso d'opera evidenzii dei superamenti della zonizzazione acustica e non risulti possibile ridurre il livello di rumore al di sotto della soglia prevista, l'Appaltatore potrà richiedere al Comune una deroga ai valori limite dettati dal D.P.C.M. 14 dicembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".

Il valore del livello di rumore da definire nella richiesta di deroga dovrà essere stabilito dall'Appaltatore a seguito di ulteriori approfondimenti in fase esecutiva, in funzione delle caratteristiche dei propri macchinari, delle modalità di lavoro, del programma lavori e dell'effettiva organizzazione interna dei cantieri.

### 3. ANALISI DEGLI IMPATTI AMBIENTALI E INDIVIDUAZIONE DELLE AZIONI DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE IN FASE DI ESERCIZIO

#### 3.1. POPOLAZIONE E SALUTE UMANA

##### 3.1.1. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

Facendo riferimento a quanto illustrato nell'analisi dello scenario di base, e in linea con gli obiettivi definiti dal Piano Nazionale della Prevenzione 2020-2025, la valutazione degli impatti potenziali sulla popolazione e la salute umana derivanti dalla fase di esercizio dell'opera sono riconducibili a:

- Obiettivo **Ambiente, clima e salute**: introduzione di cause significative di rischio per la salute umana connesse a fattori come la produzione di inquinanti atmosferici (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>...), rumore e vibrazioni, inquinamento di suoli o acque, inquinamento luminoso;
- Obiettivo **Incidenti stradali**: aumento dei fattori di rischio connessi ai livelli di traffico nonché alla sicurezza intrinseca dell'infrastruttura.

Per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico, alla luce delle analisi riportate al par. 3.5, considerando che gli scenari individuati sono rappresentativi della condizione più critica, le interferenze prodotte dalla nuova infrastruttura sullo stato di salute della popolazione circostante, possono ritenersi poco significative.

Per quanto concerne l'impatto acustico, come descritto al par. 3.7, le analisi condotte non hanno messo in luce la necessità di ricorrere ad opere di mitigazione acustica di tipo indiretto al fine di contenere le emissioni prodotte dalle attività di cantiere.

Per quanto riguarda le vibrazioni e l'inquinamento luminoso, tali impatti producono effetti solo in una porzione di territorio confinata nelle immediate vicinanze dell'infrastruttura; tenuto conto della sostanziale assenza di ricettori, l'impatto sulla salute umana può essere giudicato non significativo per il caso in esame.

In merito ai rischi di inquinamento di suoli o acque, essi sono riconducibili allo sversamento di sostanze inquinanti dovute, in condizioni normali, al dilavamento della piattaforma stradale o, in casi eccezionali, a fattori di rischio come ad esempio gli incidenti stradali.

Per tali aspetti si rimanda alla trattazione specifica al par. 3.4, anticipando sin d'ora che il progetto prevede, diversamente dalla situazione attuale, la creazione di una rete di captazione delle acque di piattaforma che convoglia le stesse nei ricettori finali individuati in progetto, evitandone lo sversamento indiscriminato nel territorio.

Per quanto riguarda la sicurezza, ossia, più in dettaglio, il rischio connesso all'incidentalità, è evidente che l'impatto dell'opera deve essere ritenuto positivo, in quanto la nuova infrastruttura in progetto presenta maggiori garanzie di sicurezza sotto il profilo geometrico-funzionale e della dotazione di elementi di sicurezza adeguati alle più recenti normative (barriere di ritenuta, segnalamento, ecc.) rispetto a quella attuale.

E' peraltro noto che una strada bidirezionale a carreggiata unica presenta elevati rischi di mortalità dovuti allo scontro frontale, soprattutto in presenza di una elevata percentuale di mezzi pesanti e in caso di sorpasso avventato, eventualità del tutto assente in una strada a carreggiate separate monodirezionali come quella in progetto.

A conferma di ciò, basti pensare che, secondo una statistica ACI relativa all'anno 2021, sulle strade italiane 73 incidenti su 100 avvengono nei centri abitati, 22 su strade extraurbane (generalmente a carreggiata singola bidirezionale), mentre solo 5 su infrastrutture con caratteristiche autostradali.

PROGETTAZIONE ATI:

Sulla rete viaria principale 25 incidenti su 100 avvengono nei centri abitati, 24 su infrastrutture con caratteristiche autostradali e ben 51 su strade extraurbane.

In tal senso il progetto si pone in linea con gli obiettivi del PNP laddove quest'ultimo individua, tra i fattori di prevenzione dei rischi legati all'incidentalità stradale, la progettazione e costruzione di strade più sicure.

Eventuali ulteriori miglioramenti potranno essere apportati in fase gestionale dell'opera, ad esempio attraverso l'installazione di dispositivi per il controllo/monitoraggio della velocità e relativi pannelli di segnalamento a messaggio variabile.

Un discorso a parte riguarda il rischio connesso alla presenza di **sostanze/materiali inquinanti**, dovuto al fatto che il progetto lambisce e/o interferisce marginalmente con alcune aree oggetto di bonifica.

Nel rispetto del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 è stata elaborata una analisi di rischio sanitaria relativa a tutto il tracciato dell'Opera Connessa Nord, per la quale si rimanda all'elaborato T00CA00GEORE03.

Ai fini della valutazione del rischio in fase di esercizio dell'opera sono stati presi in considerazione anche i lavoratori addetti alle attività di ispezione e manutenzione dell'infrastruttura e i fruitori (automobilisti) dell'infrastruttura.

I lavoratori, infatti, sono potenzialmente esposti all'inalazione di vapori che si possono sprigionare dalle sorgenti secondarie di contaminazione individuate nel suolo superficiale, nel suolo profondo e nella falda. Inoltre, sono anche potenzialmente esposti all'inalazione di polveri provenienti dalle due sorgenti secondarie di contaminazione individuate nel suolo superficiale.

La valutazione del rischio ha mostrato che per tutti i contaminanti, ad esclusione del 1,2 dicloroetano, il rischio sanitario può essere considerato trascurabile. Per il 1,2 dicloroetano, sostanza considerata cancerogena (Carc 1B secondo il Regolamento CE n. 1272/2000), le concentrazioni in aria, calcolate con modello quantitativo e secondo un approccio conservativo, risultano superiori alla "concentrazione di riferimento in aria" (in corrispondenza della quale si può ragionevolmente ritenere l'esposizione del lavoratore confrontabile con quella della popolazione generale) ma di tre ordini di grandezza inferiori al corrispondente valore limite di esposizione professionale. Alla luce di quanto sopra, per i suddetti manutentori dovranno essere adottate misure di prevenzione e protezione, gestite ai sensi del Titolo IX del D.Lgs. 81/08 e contenute all'interno del Documento di Valutazione dei Rischi/Documento Unico di Valutazione dei Rischi da Interferenze (in fase di ispezione e manutenzione).

In ogni caso, per entrambe le tipologie di bersagli identificate, al fine di rispondere ai dettami normativi, come chiarito da INAIL, nello studio è stato dimostrato che, in fase post-operam, l'intervento previsto non comporta una modifica dello scenario di esposizione e/o del modello concettuale tale da provocare un aggravio di rischio rispetto allo scenario ante-operam. Infatti:

- Il tracciato dell'Opera Connessa Nord si svilupperà quasi per intero in rilevato ad eccezione di alcuni interventi in elevazione che avverranno con opera d'arte. Rispetto a quanto avviene attualmente con la circolazione sull'esistente dorsale consortile, i fruitori dell'infrastruttura non saranno maggiormente esposti alla contaminazione che potenzialmente proviene dal sottosuolo, anzi si troveranno ragionevolmente a distanza maggiore rispetto alle sorgenti secondarie di contaminazione in virtù del più alto rilevato stradale.
- L'opera di attraversamento avviene tramite un manufatto che sarà realizzato con opportuni accorgimenti, in modo da escludere il possibile accumulo, all'interno del manufatto stesso, di vapori provenienti dai contaminanti presenti nel sottosuolo. In particolare, per il manufatto si prevedono su tutti i lati numerose aperture al fine di assicurare un evidente e naturale ricambio dell'aria. La struttura quindi non determinerà l'instaurarsi di uno scenario di esposizione legato a possibili inalazioni in ambiente *indoor*.

PROGETTAZIONE ATI:

In conclusione lo studio dimostra che la realizzazione dell'Opera Connessa Nord non determinerà un aggravio di rischi per la salute dei lavoratori addetti alla manutenzione e per i fruitori dell'infrastruttura, nel rispetto del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81.

PROGETTAZIONE ATI:

## 3.2. BIODIVERSITÀ

### 3.2.1. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

L'analisi qualitativa degli impatti, per i quali si rimanda alla trattazione riportata nel par. 2.2 che qui si omette per brevità di trattazione, ha permesso di constatare che l'opera progettuale, in fase di esercizio, determinerà impatti reversibili e locali/regionali. Nella fase di esercizio gli impatti saranno considerati a lungo termine in quanto strettamente collegati all'utilizzo della strada da parte delle autovetture. Tali impatti tuttavia non sono significativi per le specie e gli habitat esaminati.

Complessivamente, alla luce dell'analisi condotta, si possono escludere effetti significativi sulla componente biodiversità conseguenti alla realizzazione ed all'esercizio del progetto descritto.

Naturalmente l'attuazione di misure di mitigazione come ad esempio la programmazione dei lavori tale da consentire che la fase di cantiere non interferisca con la stagione riproduttiva delle specie faunistiche e, in particolare, dell'ornitofauna, il mantenimento di una limitata velocità dei mezzi di cantiere, in modo tale da ridurre al minimo la sospensione delle polveri e il rischio di collisione con specie dotate di scarsa mobilità come gli invertebrati e i piccoli vertebrati, etc., sarà necessaria per minimizzare gli impatti a carico delle componenti analizzate e per tendere al corretto inserimento delle infrastrutture nel contesto paesaggistico e naturalistico descritto.

Sulla scorta di quanto scritto, si ritiene infine che le scelte progettuali di base, volte ad evitare quanto più possibile le componenti naturalistiche della ZSC Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla (ITB040023), e gli interventi di mitigazione generali proposti al par. 2.2.11 contribuiscano a rendere compatibile la realizzazione delle opere in progetto con gli elementi di interesse naturalistico costituiti dalle aree tutelate oggetto della presente valutazione.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.3. SUOLO E USO DEL SUOLO

#### 3.3.1. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

Gli impatti sulla componente suolo e sottosuolo in fase di esercizio assumono rilievo in relazione a:

- Il consumo di suolo, inteso come occupazione di aree precedentemente destinate a un uso differente rispetto a quello previsto in progetto;
- La riduzione del livello di accessibilità del territorio per effetto dell'introduzione di elementi in grado di configurarsi come barriere o ostacoli;
- Il potenziale depauperamento del suolo, inteso come risorsa produttiva e con specifico riferimento all'uso agricolo, e dovuto a fenomeni di alterazione/inquinamento della risorsa;
- Le conseguenti modifiche del patrimonio agroalimentare e il grado di riduzione della vocazione agroalimentare del territorio per effetto degli impatti descritti ai punti precedenti.

#### 3.3.2. MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

Per quanto riguarda l'impatto concernente il consumo di suolo, si deve osservare che il progetto si inserisce in un corridoio in parte già infrastrutturato e prevede, in particolare da inizio intervento fino alla prog 7+900, l'adeguamento in sede della strada già esistente.

Questa scelta risulta peraltro in linea con gli indirizzi della pianificazione/programmazione in materia di infrastrutture stradali, che già a partire dal Piano Generale dei Trasporti del 2001, indicava come prioritaria la necessità di riqualificare gli assi stradali esistenti piuttosto che la realizzazione di nuovi. Il risultato di questa scelta consente di limitare notevolmente l'occupazione di nuovo suolo e la trasformazione d'uso dello stesso.

Basti pensare che, su una superficie complessiva dell'impronta a terra dell'infrastruttura pari a circa 33,5 ha (comprese aree intercluse degli snodi), solo 6 ha, pari a circa il 18%, sono costituite da aree ad uso agricolo, mentre le restanti sono aree riconducibili ad ambiti pertinenziali delle infrastrutture a rete (stradali e impiantistiche) già esistenti nell'area.

L'impatto quindi, pur essendo irreversibile (avendo a riferimento la vita utile dell'opera), può essere considerato di moderata entità.

Anche l'impatto dovuto alla riduzione del livello di accessibilità del territorio può essere giudicato irrilevante se non positivo, sia perché, a livello di rete, la realizzazione dell'infrastruttura stessa costituisce un elemento di miglioramento del sistema di interconnessione dell'area, sia perché, a livello strettamente locale, tutti i collegamenti e le relazioni preesistenti vengono rigorosamente preservati mediante la realizzazione di opere di attraversamento/ricucitura della viabilità locale.

Per quanto concerne il rischio di inquinamento/contaminazione del suolo agricolo, esso è essenzialmente dovuto allo scarico delle acque di dilavamento della piattaforma stradale e può assumere un rilievo significativo nel caso di sversamenti accidentali dovuti, ad esempio, a incidenti stradali.

Riguardo a tale aspetto, si ravvisa che il progetto prevede, diversamente dalla situazione attuale, un adeguato sistema di raccolta e canalizzazione delle acque di dilavamento della piattaforma stradale, che vengono convogliate in appositi ricettori evitando lo sversamento indiscriminato nel suolo, per la descrizione del quale si rimanda alle relazioni di progetto e alla trattazione relativa al paragrafo seguente (3.4).

PROGETTAZIONE ATI:

Tale aspetto costituisce pertanto un miglioramento rispetto alla condizione presente della strada dorsale CASIC, in quanto, anche in caso di evento accidentale, consente di intervenire con maggiore efficacia per arginare lo spandimento degli inquinanti.

Si può quindi concludere che la realizzazione dell'asse in progetto non determinerà, nella fase di esercizio, impatti significativi e irreversibili sul suolo/sottosuolo e sulla vocazione agroalimentare locale, e che verosimilmente comporterà alcuni miglioramenti soprattutto con riferimento al controllo degli sversamenti delle acque di piattaforma.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.4. GEOLOGIA E ACQUE

#### 3.4.1. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

##### 3.4.1.1. Definizione degli impatti potenziali

La valutazione dei potenziali impatti sulla componente geologia e acque deve essere condotta con riferimento a due "macro" aspetti:

- Gli impatti di natura "quantitativa", ossia quelli riguardanti i processi geomorfologici e il regime idrologico delle acque superficiali e profonde, con riferimento anche ai rischi idrogeologici ad esso connessi;
- Gli impatti di natura "qualitativa", che riguardano soprattutto i rischi di alterazione delle caratteristiche chimiche e biologiche delle acque superficiali e profonde.

Più in dettaglio, relativamente alla componente **geologia**, nel caso in esame devono essere tenuti presente i seguenti impatti potenziali:

- interferenze con aree contaminate o potenzialmente contaminate e relative attività di bonifica;
- alterazione della stabilità e del comportamento geomeccanico dei terreni e/o rischi connessi alla e subsidenza del suolo.

Relativamente alla componente **acque**, devono essere considerati i seguenti impatti potenziali:

- variazioni delle caratteristiche idrografiche delle aree interferite direttamente e/o indirettamente dall'opera in progetto;
- modifiche delle caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua superficiali e delle relative aree di espansione;
- Possibili variazioni dello stato quali-quantitativo e/o delle caratteristiche chimico-fisiche dei corpi idrici superficiali e sotterranei;
- Interferenze generate dai sistemi di raccolta, trattamento e allontanamento delle acque meteoriche, anche in relazione all'individuazione e caratterizzazione dei recapiti di smaltimento finale.

##### 3.4.1.2. Analisi degli impatti

Partendo da tali considerazioni preliminari è opportuno approfondire la natura degli impatti potenziali determinati dall'opera nell'area in esame.

Per quanto concerne le **interferenze con aree contaminate o potenzialmente contaminate e relative attività di bonifica**, si evidenzia che il progetto è stato effettuato avendo cura di non interferire direttamente con le zone del sito inquinato di Assemini – Macchiareddu attualmente oggetto di operazioni di bonifica in corso da parte di ENI Rewind. Tale risultato è frutto dell'attivazione, da parte di ANAS, di una serie di tavoli tecnici finalizzati al preventivo superamento delle problematiche d'interferenza presenti nel progetto preliminare.

Nello specifico tra la seconda metà del 2018 e la prima metà del 2019 si sono tenuti diversi tavoli tecnici e di coordinamento tra ANAS e i rappresentanti del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, della Regione Autonoma della Sardegna - Assessorato dei Lavori Pubblici - Assessorato dell'industria, della Città Metropolitana di Cagliari - Ufficio Bonifiche, del Consorzio Industriale Provinciale di Cagliari -CACIP e della Syndial - Servizi ambientali S.p.A.

Nel corso degli incontri sono state esaminate differenti ipotesi progettuali che l'ANAS S.p.A. si è impegnata a sviluppare ai fini del superamento delle difficoltà connesse all'interferenza del completamento infrastrutturale con le opere di bonifica in località Campus de S'Arena.

PROGETTAZIONE ATI:

Per l'approfondimento di tali aspetti si rimanda alla relazione inerente alla descrizione del progetto e delle alternative progettuali; in questa sede preme sottolineare che la soluzione progettuale adottata è stata giudicata dagli Enti coinvolti quella più adatta a prevenire interferenze con i processi di bonifica del sito.

Relativamente al **rischio di alterazione della stabilità e del comportamento geomeccanico dei terreni**, come già indicato al par. 2.4 relativo agli impatti in fase di cantiere, nel caso in esame, data la morfologia sostanzialmente pianeggiante dei luoghi interessati dagli interventi e l'assenza di elementi di criticità in atto (frane, dissesti, ecc.) esso deve essere considerato di bassa entità.

Solo nella parte finale del tracciato (circa 150 m in continuità con il successivo lotto attualmente in fase di realizzazione) si sono riscontrati terreni con scarse caratteristiche geotecniche, per le quali si è previsto il consolidamento del piano di posa dei rilevati con la tecnica del jet-grouting. Per tali aspetti si rimanda pertanto all'analisi degli impatti in fase di cantiere, (par. 2.4), mentre non si ravvisano rischi per quanto concerne la fase di esercizio.

Per quanto riguarda il **regime delle acque superficiali e i connessi rischi di alterazione delle caratteristiche idrografiche e idrauliche**, le analisi condotte nell'ambito dello studio idraulico connesso al progetto non hanno evidenziato criticità significative conseguenti alla realizzazione dell'opera.

Per la verifica idraulica della compatibilità delle strutture stradali in progetto è stato implementato un modello numerico bidimensionale, utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS nella versione 6.3.1.

Il modello implementato riguarda l'intera asta del canale Imboi e delle aree limitrofe soggette all'allagamento dello stesso.

Il modello bidimensionale è stato implementato schematizzando l'intera asta del canale Imboi a partire dall'incile in prossimità del raccordo tra la SP1 e la strada consortile Macchiareddu fino allo sbocco in mare per uno sviluppo complessivo del canale di circa 8 km.

L'ampiezza del perimetro di computazione è stata estesa in modo da poter schematizzare al meglio le dinamiche di deflusso della piena indagata.

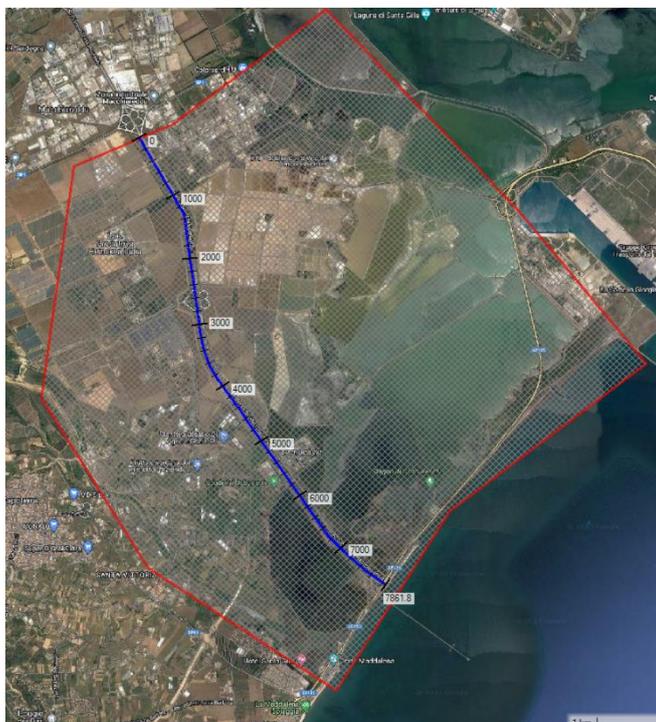


Figura 21 - Estensione dell'area di implementazione del modello bidimensionale

PROGETTAZIONE ATI:

Le analisi idrauliche effettuate mediante modellazione numerica bidimensionale sono state condotte in regime di moto vario e hanno permesso di analizzare il comportamento idraulico in piena del canale Imboi. In particolare, le simulazioni sono state condotte per determinare, in occasione di deflusso di piene significative, le possibili esondazioni e le interazioni con gli attraversamenti stradali nella configurazione ante e post Operam.

Le analisi hanno riguardato due differenti configurazioni, stato di fatto (ante Operam) e di progetto (post Operam), durante il transito della piena di riferimento per le analisi di compatibilità idraulica corrispondente all'evento con tempo di ritorno di 200 anni.

Nello specifico i due scenari geometrici sono così costituiti:

- Scenario 1 - configurazione di stato di fatto con tutti gli attraversamenti esistenti;
- Scenario 2 - configurazione di progetto stradale con mantenimento dell'attuale attraversamento della fascia tubiera: proposta di adeguamento di tutti i restanti attraversamenti, oltre alla realizzazione della deviazione di un tratto del canale Imboi in interferenza con la nuova viabilità.

Si possono così sinteticamente riassumere i risultati ottenuti.

Scenario 1 - configurazione di stato di fatto (ante Operam): vi è un diffuso e generalizzato allagamento, con sormonto della strada consortile principalmente in corrispondenza della fascia tubiera e dello svincolo intermedio. Si evidenzia che la strada consortile esistente ha quota altimetrica prossima al piano campagna, pertanto a rischio sormonto.

Scenario 2 - configurazione di progetto (post Operam): la dinamica di propagazione della piena duecentennale in tal configurazione evidenzia come l'acqua rimane all'interno del canale e gli attraversamenti sono dimensionati con garanzia di 1.5 m rispetto al ciglio spondale del canale.

Il passaggio sulla fascia tubiera definisce l'inizio di raccordo con la viabilità esistente, che si conclude qualche centinaia di metri più a nord: in tale tratto l'intervento progettuale è inteso di raccordo obbligatorio con la viabilità esistente. In tale tratto la viabilità in progetto è lambita dall'esondazione dovuta al restringimento della sezione di deflusso nel passaggio al di sotto della fascia tubiera del canale. Per risolvere tale nodo di raccordo stradale è stata studiata una livelletta di progetto tale da mantenere la viabilità in progetto in asciutto rispetto alla piena duecentennale con un minimo franco di sicurezza (3 m circa). Il campo di moto nelle zone di espansione della piena che lambiscono il rilevato stradale in progetto sono prossime allo zero scongiurando pertanto eventuali azioni erosive alla struttura viaria.

L'intervento progettuale è di potenziamento e raccordo con la viabilità esistente, dal punto di vista idraulico gli attraversamenti in progetto rispettano il franco idraulico secondo le NTC 2018. Tali attraversamenti non presentano opere fondazionali che impattano con il deflusso della corrente.

Per quanto concerne il **regime delle acque profonde e le possibili perturbazioni indotte dalle opere in sottoterraneo sul regime della falda**, si evidenzia che il progetto non prevede la realizzazione di paratie in grado di costituire una barriera alla circolazione delle acque sotterranee. Le fondazioni delle opere d'arte maggiori saranno realizzate su pali non accostati, e quindi in non grado di configurare una barriera impermeabile.

Pera tale ragione è da escludersi in linea generale un impatto diretto sulla circolazione sotterranea dell'acqua.

Di contro, per un cantiere come quello in esame uno degli impatti più probabili/frequenti è costituito dalla possibilità che si verifichino fenomeni di dispersione accidentale di agenti inquinanti, con conseguenti **variazioni dello stato quali-quantitativo e/o delle caratteristiche chimico-fisiche dei corpi idrici superficiali e sotterranei**.

PROGETTAZIONE ATI:

Le cause più probabili di inquinamento possono essere individuate nell'arrivo nei corpi idrici naturali di acque di dilavamento provenienti dai piazzali e dalle piste che prelevano i residui del transito e della sosta degli automezzi e delle macchine di cantiere, nel rilascio diretto di scarichi di acque nere o di rifiuti con elevato contenuto di metalli pesanti (Pb, Fe, Cd) e negli sversamenti accidentali di sostanze inquinanti e/o tossiche che possono avvenire nel corso delle varie fasi di lavoro.

Inoltre, per quanto riguarda più specificamente le acque profonde, i rischi sono connessi, oltre alla possibile infiltrazione nel terreno di agenti inquinanti, ad alcune tipologie di lavorazione che avvengono in sotterraneo, come ad esempio la realizzazione di fondazioni profonde, pali, ecc.

Di seguito si descrivono pertanto gli accorgimenti previsti per prevenire/mitigare gli impatti sopra descritti.

### 3.4.2. MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

Per quanto concerne il rischio di inquinamento/contaminazione delle acque superficiali e sotteranee, esso è essenzialmente dovuto allo scarico delle acque di dilavamento della piattaforma stradale e può assumere un rilievo significativo nel caso di sversamenti accidentali dovuti, ad esempio, a incidenti stradali.

Come già anticipato nella trattazione relativa all'uso del suolo, si ravvisa che il progetto prevede, diversamente dalla situazione attuale, un adeguato sistema di raccolta e canalizzazione delle acque di dilavamento della piattaforma stradale, che vengono convogliate in appositi ricettori evitando lo sversamento indiscriminato nel suolo.

Di seguito si riporta una sintetica descrizione del sistema di drenaggio delle acque rimandando alle relazioni tecniche di progetto per approfondimenti.

Nel tratto stradale oggetto d'intervento, la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale si differenzia a seconda che il corpo stradale sia in rilevato oppure in viadotto (non sono presenti infatti tratti né in trincea né in galleria).

Nei tratti stradali in rilevato, la raccolta lungo i margini esterni della carreggiata avviene prevalentemente tramite embrici posti ad interasse massimo pari a 15 m. Le acque vengono poi convogliate nella rete di fossi sottostanti la scarpata.

In mezzzeria in curva la raccolta invece avviene mediante ampio cunettone superficiale e collettore sottostante, che a sua volta scarica esternamente nei fossi sottostanti la scarpata.

Per quanto riguarda i tratti su opere stradali, l'acqua è raccolta lungo i margini esterni attraverso delle canalette grigliate e da qui convogliata verso la rete di rilevato (collettore di scarico).

La manutenzione dei collettori è garantita per mezzo di pozzetti di ispezione posti ad una distanza massima di 45 m. Il ricoprimento minimo da garantire per le condotte è di circa 1.0 m rispetto la superficie stradale, comunque mai inferiore a 0.7 m in caso di tubi PEAD, 0.9 m in caso di tubi PVC senza bauletto in calcestruzzo.

Nei tratti con muri di sottoscarpa è stata inserita, oltre al fosso al piede, anche una canaletta di sommità.

Nei viadotti la raccolta avviene per mezzo di caditoie lungo il margine esterno, con pluviali "a messicano" connessi col sottostante collettore principale. In prossimità dei giunti dei viadotti è predisposta una gronda di raccolta dell'acqua a salvaguardia degli elementi in calcestruzzo e acciaio costituenti l'impalcato. Lo scarico dei collettori avviene presso le spalle nei pozzetti di disconnessione altimetrica, da cui riparte il fosso verso il recapito finale.

In affiancamento al corpo stradale sono sempre previsti fossi di guardia, posti al piede del rilevato con la funzione di raccolta sia delle acque provenienti dai versanti che di quelle di scarpata di rilevato.

Nelle viabilità secondarie interferite viene data continuità all'attuale sistema di drenaggio aperto, che prevede la raccolta al piede del rilevato con embrici e fossi.

PROGETTAZIONE ATI:

Nel primo tratto del tracciato sono inoltre stati previsti bacini di laminazione e dispersione.

Il dimensionamento del sistema di drenaggio è stato condotto adottando la curva di possibilità pluviometrica corrispondente a:

- rete di collettori, cunette ed elementi di piattaforma: tempo di ritorno di 25 anni;
- fossi di guardia e bacini di dispersione: tempo di ritorno di 50 anni.

Il dimensionamento degli elementi di convogliamento è stato effettuato facendo il confronto tra la portata transitante e quella massima ammissibile del collettore in questione. La condizione più gravosa considerata è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione.

I bacini disperdenti (o anche detti *ponding area* o di *lagunaggio*) hanno la funzione di invasare il volume idraulico affluito dalla rete di drenaggio e progressivamente disperderlo nel sottosuolo, sopra falda.

A tal fine sono stati analizzati le risultanze dell'analisi geologica in termini sia di permeabilità (prove in situ dedicate) sia in termini di profilo di falda, per contestualizzare tanto l'effettiva capacità alla dispersione del territorio lungo il tracciato stradale, quanto la soggiacenza della falda (al fine di evitare tanto gli scavi in falda che garantire sempre una zona "filtro" tra fondo scavo e livello freatico).

I bacini disperdenti sono delle aree scavate nel primo strato di suolo, aventi geometria variabile, con fondo e sponde NON rivestite tranne che per la zona di scarico da fosso/collettore: attorno allo scarico sono previsti dei rivestimenti anti-erosivi in pietrame e/o calcestruzzo.

I bacini sono stati dimensionati per contenere l'evento TR50 anni a piano campagna, che comunque risulta essere almeno 1 m sotto il piano stradale.

### **Presidi di prima pioggia e di invarianza idraulica**

Lo schema di drenaggio adottato è del tipo a ciclo aperto, senza trattamento di prima pioggia.

Sia il principio di invarianza idraulica nelle trasformazioni di uso suolo territoriale, sia il tema del trattamento della prima pioggia stradale non sono presenti nel quadro di riferimento normativo regionale.

In merito al trattamento prima pioggia, visto che il canale Imboi è recapito di tipo artificiale afferente all'area industriale di Macchiareddu, non si riscontrano elementi ambientali tali da giustificare l'inserimento dei presidi ambientali.

In merito invece all'invarianza idraulica, pur non essendo il tema stato normato, è opportuno evidenziare che:

- il tracciato stradale ripercorre prevalentemente lo stesso corridoio della viabilità esistente;
- in generale le zone territoriali a maggior rischio idraulico sono quelle di pianura ed urbane: il tracciato in progetto si sviluppa certamente in area di pianura, ma a prevalente destinazione agricola e a bassa impermeabilità.

Per tali motivi, associati alla mancanza di un quadro di vincolo normativo, il progetto non prevede vasche di laminazione delle acque di ruscellamento della piattaforma stradale.

### 3.5. ARIA E CLIMA

#### 3.5.1. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

Seguendo la stessa metodologia applicata per la stima dell'impatto sulla qualità dell'aria per lo stato attuale sono stati quantificati gli impatti dello scenario di progetto riferito all'anno 2028.

Per quanto riguarda lo scenario futuro, si sono considerati invariati i fattori di emissioni, rispetto allo stato attuale, evitando pertanto, in via cautelativa, di tenere conto della diminuzione delle emissioni inquinanti derivati dal futuro inserimento nel parco veicolare attuale di automobili elettriche, ibride o perlomeno con emissioni inquinanti di maggiore efficienza.

Pertanto, il fattore di emissione unitario per ogni singolo veicolo, sia leggero che pesante, non è stato modificato nel passaggio dallo studio dello scenario attuale a quello di progetto.

I dati di traffico inseriti nella simulazione dello scenario attuale derivano dallo studio trasportistico che prevede come ipotesi la velocizzazione della provinciale e l'inibizione dell'attuale SS195 in attraversamento delle saline al traffico pesante. I dati di traffico sono riportati nel successivo paragrafo relativo al rumore. Questo scenario di progetto, dal punto di vista di valutazione dell'impatto, risulta essere il più conservativo, in quanto prevede la configurazione più onerosa dal punto di vista del traffico sulla strada in progetto, ed è quello prescelto, in accordo con ANAS, per le valutazioni modellistiche.

Non essendo presenti ricettori residenziali e/o sensibili non sono state eseguite valutazioni puntuali delle concentrazioni degli inquinanti.

#### **Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)**

Dall'analisi delle curve derivanti dalla stima modellistica Figura 3.24 si osserva che le concentrazioni indotte dall'infrastruttura nello scenario post operam si attestano, a ridosso dell'infrastruttura, intorno a 20 µg/m<sup>3</sup>. Sommando i valori di fondo rappresentativi dell'area di studio, ottenuti mediando i valori delle centraline CENAS6 e CENAS8 per gli ultimi tre anni di rilevamenti, si ottiene un valore complessivo di circa 34 µg/m<sup>3</sup>. Tale valore è sicuramente sovrastimato in quanto il valore di fondo contempla anche l'inquinamento dell'attuale viabilità. Tuttavia considerando che il limite massimo annuo previsto dal D.Lgs. 155/2010 per l'NO<sub>2</sub> è pari a 40 µg/m<sup>3</sup> non si prevedono superamenti nello scenario post operam.

#### **Materiale particolato (PM10)**

Dall'analisi delle curve derivanti dalla stima modellistica Figura 3.25 si osserva che le concentrazioni indotte dall'infrastruttura nello scenario post operam si attestano, a ridosso dell'infrastruttura, intorno a 16 µg/m<sup>3</sup>. Sommando i valori di fondo rappresentativi dell'area di studio, ottenuti mediando i valori delle centraline CENAS6 e CENAS8 per gli ultimi tre anni di rilevamenti, si ottiene un valore complessivo di circa 37 µg/m<sup>3</sup>. Il limite massimo annuo previsto dal D.Lgs. 155/2010 per il PM10 è pari a 40 µg/m<sup>3</sup>, il valore ottenuto si avvicina al valore limite medio annuale pertanto sarà necessario prevedere un monitoraggio per la fase post operam, per capire quale sia effettivamente il contributo dell'infrastruttura.

#### **Materiale particolato (PM2.5)**

Dall'analisi delle curve derivanti dalla stima modellistica Figura 3.26 si osserva che le concentrazioni nello scenario post operam si attestano intorno a 12 µg/m<sup>3</sup>.

Non sono disponibili valori di fondo per questo inquinante, però in analogia al PM10 per il quale sono conosciuti i dati di fondo e risultano relativamente elevati, si prevede il monitoraggio di questo inquinante per la fase post operam.

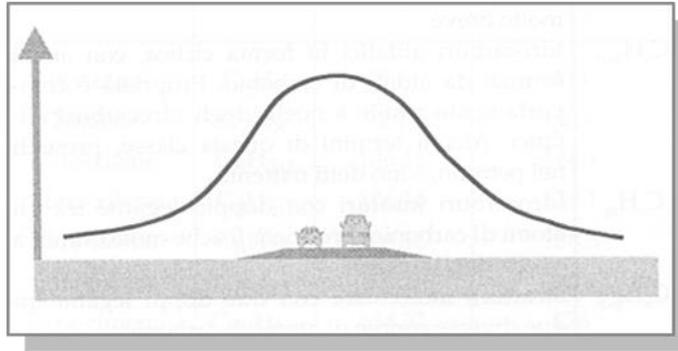
Il limite massimo annuo previsto dal D.Lgs. 155/2010 per il PM2.5 è pari a 25 µg/m<sup>3</sup>.

#### **Monossido di Carbonio CO**

PROGETTAZIONE ATI:

L'andamento del CO Figura 3.3 presenta una forte variabilità spaziale: in una strada isolata la sua concentrazione mostra di solito valori massimi nell'intorno dell'asse stradale e decresce molto rapidamente allontanandosi da esso, fino a diventare trascurabile a una distanza di alcune decine di metri.

Figura 3.2 Andamento qualitativo della concentrazione di CO nella sezione di una strada



Dall'analisi delle curve derivanti dalla stima modellistica si osserva che le concentrazioni nello scenario post operam si attestano, a ridosso dell'infrastruttura intorno a  $0,9 \text{ mg/m}^3$ . Non vi sono dati di fondo derivanti da centraline ubicate nell'area, tuttavia il valore di concentrazione molto bassa ottenuto consente di affermare che il valore totale annuo rientra nei valori previsti dalla normativa pari a  $10 \text{ mg/m}^3$ .

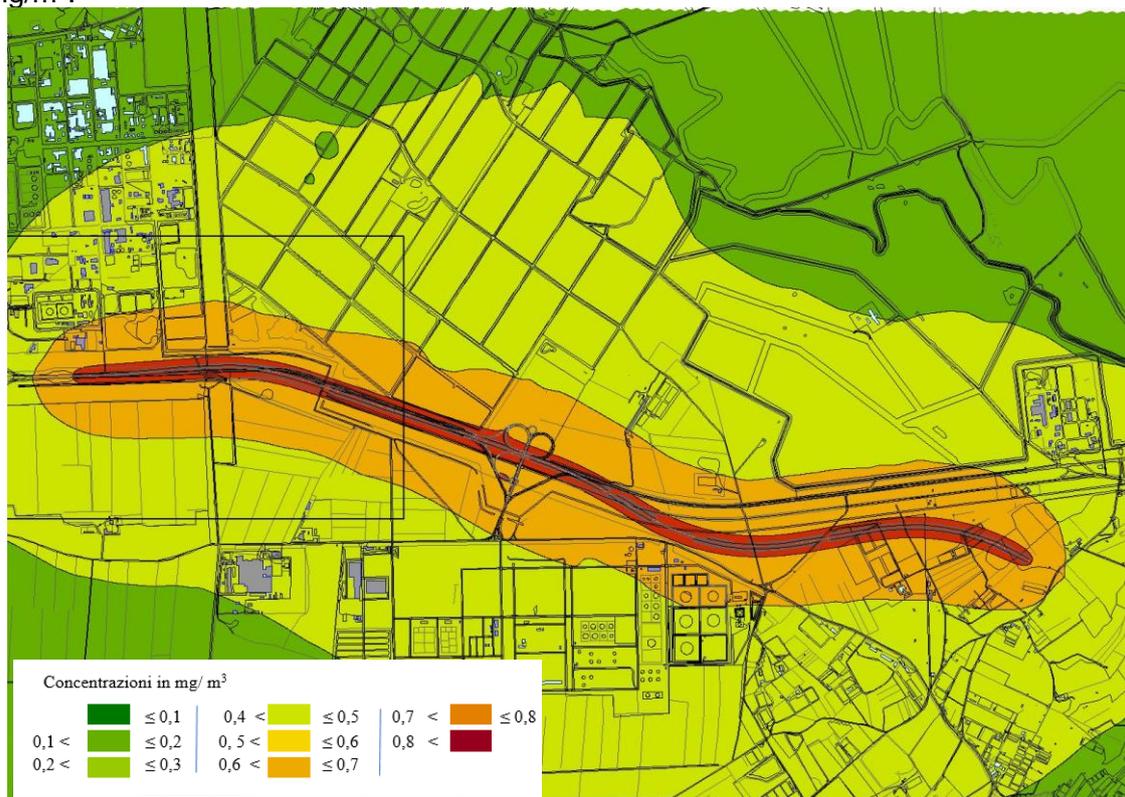
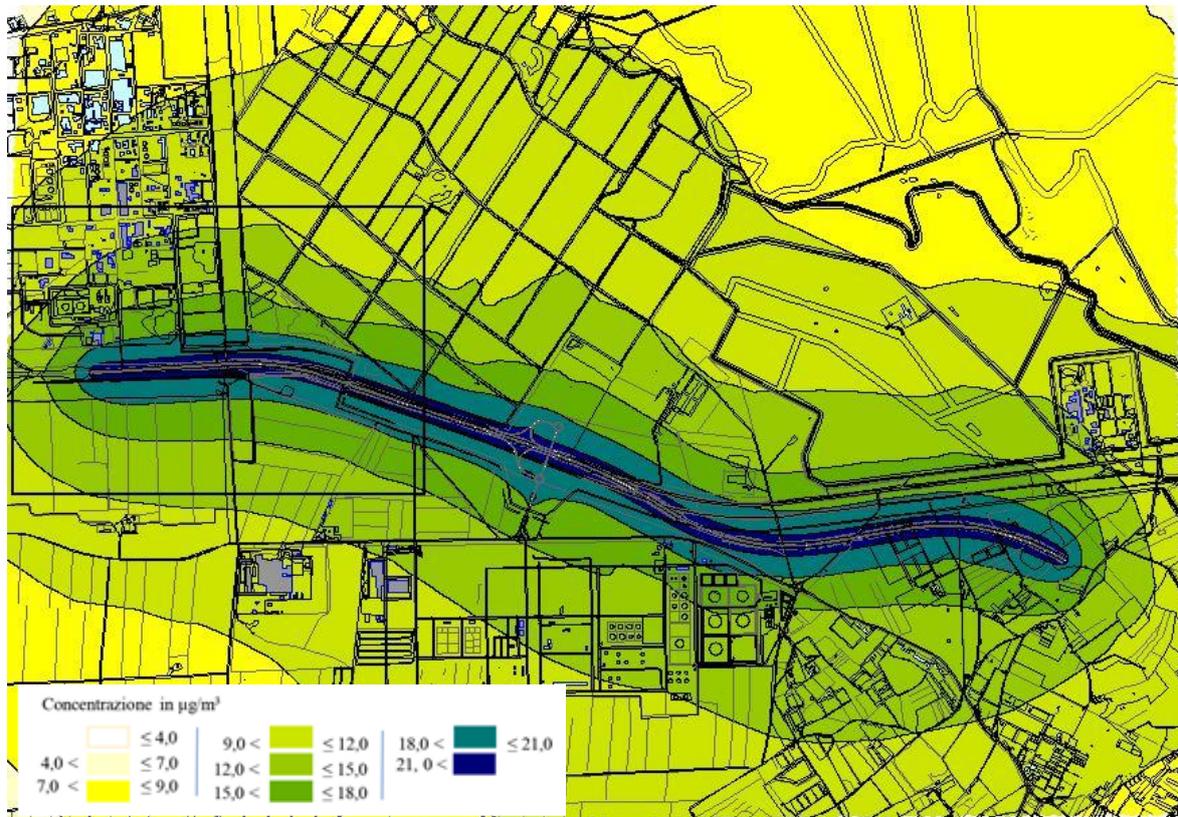
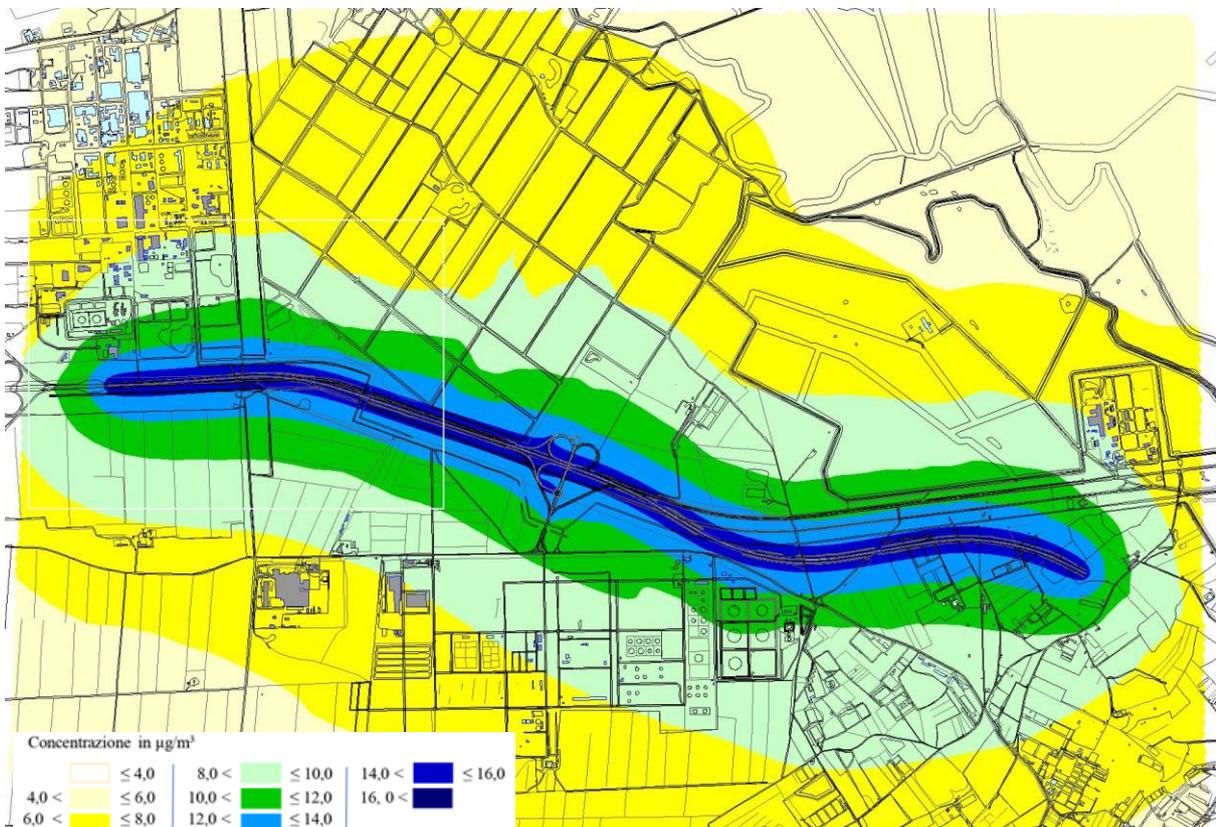


Figura 3.3 Mappa delle concentrazioni di CO



**Figura 3.24** Mappa delle concentrazioni di NO<sub>2</sub>



**Figura 3.25** Mappa delle concentrazioni di PM10

PROGETTAZIONE ATI:

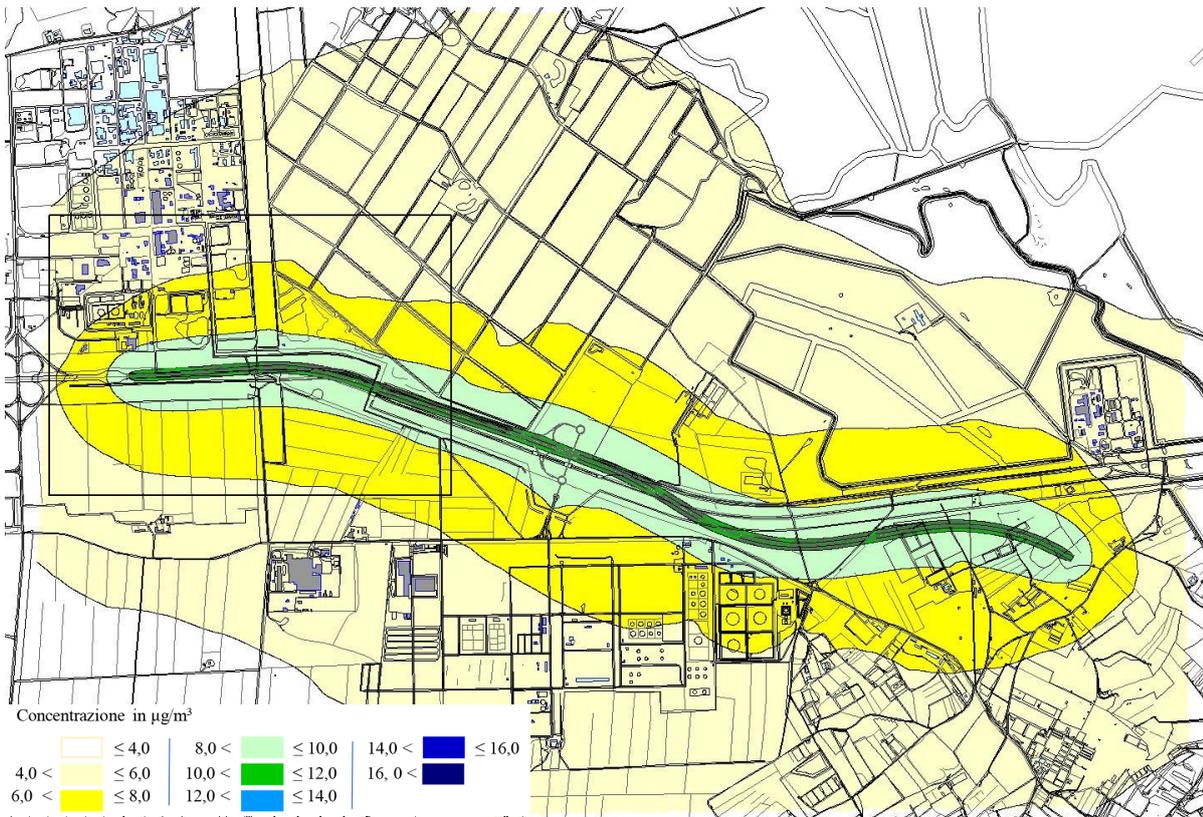


Figura 3.26 Mappa delle concentrazioni di PM2.5

### 3.5.1. MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

I valori di concentrazione risultano al di sotto dei limiti normativi pertanto non sono previste misure di prevenzione, mitigazione e compensazione degli impatti in fase di esercizio.

### 3.5.2. IMPATTI RESIDUI ATTESI

Non sono presenti impatti residui.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.6. PAESAGGIO E PATRIMONIO CULTURALE

#### 3.6.1. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

Di seguito si riporta una disamina degli impatti potenzialmente indotti dalla realizzazione del nuovo asse viario con specifico riferimento agli aspetti paesaggistici e percettivi.

##### ***Alterazioni morfologiche del territorio***

L'impatto in esame concerne tutte le azioni progettuali che possono determinare, ad opera terminata, una alterazione significativa della morfologia dei luoghi preesistenti all'intervento, e sono a titolo di esempio ascrivibili alle attività di scavo/riporto di materiale con riferimento a:

- realizzazione di trincee profonde;
- tratti in galleria artificiale;
- incisioni su tratti a mezzacosta;
- rilevati di altezza elevata.

Le caratteristiche intrinseche delle aree attraversate, essenzialmente pianeggianti, e del progetto portano inevitabilmente a ritenere tale tipologia di impatto poco significativa ed esclusivamente riferibile alla realizzazione di rilevati di altezza significativa sul piano campagna.

Nel primo tratto il valore più alto si riscontra in corrispondenza dell'attraversamento del fascio tubiero attorno alla progressiva 6+550 c.ca, con altezza del rilevato pari a circa 4,5 m.

Il tratto in cui il rilevato incide maggiormente è quello compreso tra le progressive 8+000 e 9+7000 circa, dove il rilevato si mantiene costantemente ad altezze superiori a 5 m con punte di c.ca. 6,5 metri all'altezza del secondo attraversamento del fascio tubiero attorno alla progressiva 8+300 c.ca

##### ***Modificazioni dell'assetto percettivo, scenico o panoramico***

Nell'ambito dello studio è stata effettuata un'analisi dei coni visuali nell'intorno del corridoio di intervento e degli ambiti a maggiore vulnerabilità sotto il profilo dell'intrusione visiva del progetto, attraverso sopralluoghi e documentazione fotografica.

L'analisi ha evidenziato come i potenziali punti "panoramici" più significativi individuabili nell'area sono costituiti dai modesti rilievi collinari di Cagliari ad est, posti a circa 8 km dall'asse in progetto e che hanno nel Castello di S. Michele uno dei punti più elevati (100 m s.l.m.), e dalla fascia pedecollinare posta a ovest a ridosso di Capoterra, sita a circa 4/5 km dal tracciato, con rilievi più marcati che raggiungono quote ben più elevate (oltre 500 m slm.).

La notevole distanza del progetto dai potenziali punti panoramici fa sì che da essi risulti piuttosto difficile la "lettura" del nuovo asse infrastrutturale nel contesto paesaggistico.

Ne consegue che il potenziale di impatto percettivo nel corridoio di progetto è sostanzialmente limitato ai soli punti di vista siti internamente alla vasta area pianeggiante di Macchiareddu/Assemini e alle relative zone umide.

In tale contesto l'effetto più rilevante è dovuto alla presenza dei rilevati stradali cui si è già fatto riferimento nel paragrafo precedente, che costituiscono una "barriera" visiva in grado di occultare parzialmente la visione del paesaggio e degli elementi di sfondo (skyline) da parte di un osservatore posto sul piano campagna.

L'effetto di tale impatto è evidentemente variabile in funzione della distanza del ricettore dalla nuova infrastruttura e dall'altezza e distanza degli elementi di sfondo. Nel caso in esame risulta maggiore per le visuali dalle zone ad ovest dell'asse in direzione opposta (verso Cagliari), dalle quali risulterà penalizzata, per i punti di osservazioni ricompresi in una fascia di circa 400 m dall'asse stradale in progetto, la visuale dello skyline del Capoluogo, illustrata nella foto seguente.



Figura 3.7: Vista in prossimità dell'area di progetto in direzione di Cagliari (sullo sfondo)

Dalle aree opposte site nel settore a est dell'infrastruttura l'elemento più significativo dal punto di vista percettivo è costituito dal profilo dei rilievi riconducibili al sistema orografico di Monte Cravellu e Punta Truba Manna e ai rilievi andesitici di Monte Arrubiu, Punta Marturedda e Monte Mereu.

In questo settore l'impatto percettivo dovuto ai rilevati della nuova infrastruttura sarà modesto, in quanto non in grado di occultare la vista del profilo dei rilievi montani, che costituisce il fulcro per le vedute che si aprono a occidente, come illustrato nell'immagine seguente.



Figura 3.8: Vista in prossimità dell'area di progetto in direzione di Capoterra (sullo sfondo i rilievi montani)

In questo caso si prevede che gli effetti di parziale occultamento, considerando un rilevato di altezza media pari a 5 m, si produrranno al massimo in una fascia di 100 m lungo il lato est dell'infrastruttura.

### **Alterazioni della copertura vegetale**

L'impatto in esame riguarda genericamente modificazioni della compagine vegetale dovute ad abbattimento di alberi, eliminazioni di formazioni ripariali e di altri elementi vegetali naturali caratteristici del territorio.

PROGETTAZIONE ATI:

L'impatto in esame risulta estremamente contenuto in quanto la fascia interessata dall'insediamento della nuova infrastruttura è sostanzialmente priva di elementi vegetali naturali di pregio o caratteristici. Soltanto attorno alle prog. 9+260 – 9+625 – 9+930 ci sarà un parziale interessamento di esemplari di eucalipto posti in filare lungo i confini delle proprietà.

Si evidenzia che non sono interessati dall'intervento alberi monumentali.

### **Modificazioni dell'assetto fondiario, agricolo e colturale e dei caratteri strutturali del territorio agricolo**

Il tracciato preferenziale individuato determina impatti contenuti sul sistema agricolo-fondario, in quanto interviene in massima parte su aree incolte o su ambiti pertinenziali della maglia infrastrutturale esistente, e infine su seminativi costituiti da colture cerealicole caratterizzate da appezzamenti estesi, che disegnano una maglia fondiaria ampia e poco parcellizzata.

Nell'ambito dell'analisi paesaggistica si è osservato come tale contesto non presenti elementi caratterizzanti o tipici, quali siepi, muri a secco, ecc., che costituiscono l'ossatura identitaria di un paesaggio agrario, a parte qualche filare di eucalipti nel tratto più a sud.

Ne consegue che i principali impatti determinati dall'infrastruttura possono essere fondamentalmente riconducibili ai seguenti tipi:

- Interruzione della continuità dei fondi agricoli;
- Sottrazione di aree coltivate;
- Incidenza su filari di eucalipto.

Gli impatti sono potenzialmente riscontrabili solo nel tratto compreso tra le progr 9+100 e 9+650, ove il sedime di progetto incide su aree coltivate di proprietà della vicina azienda agricola, determinando la parziale sottrazione soprattutto di serre e vigneti e in parte di frutteti, la sottrazione di alcuni alberi di eucalipto in filare.

### **Creazione di aree intercluse e reliquati**

La presente tipologia di impatto si verifica nei casi in cui la presenza fisica dell'intervento determina, sia per la morfologia stessa dell'intervento sia per l'interazione con altri vincoli del territorio, la delimitazione di aree che risultano inutilizzabili per isolamento, inaccessibilità o frammentazione.

Tali aree, se non adeguatamente sistemate, possono nel tempo degradarsi e costituire così un fattore di detrazione della qualità del territorio e del paesaggio.

Analoghe considerazioni possono essere effettuate per i tratti stradali preesistenti che verranno dismessi in esito alla realizzazione della nuova infrastruttura.

Analizzando il territorio in relazione al progetto si sono individuati i tratti interclusi di seguito elencati.

- Tratto tra le progr 6+830 e 7+275;
- Tratto tra le progr 7+275 e 7+900: area di svincolo;
- Tratto tra le progr 8+560 e 8+850;
- Tratto tra le progr 9+260 e 9+625;

Per quanto riguarda i tratti stradali in dismissione, questi sono localizzati nei seguenti tratti:

- Tratto tra le progr 5+500 e 6+050;
- Tratto tra le progr 6+275 e 6+850;
- Tratto tra le progr 7+325 e 7+800: area di svincolo;
- Tratto tra le progr 7+900 e 8+175;
- Tratto tra le progr 9+125 e 9+240.

### **Modificazioni dell'assetto e dei caratteri tipologici, materici, coloristici, costruttivi del sistema insediativo-storico**

Il tracciato in progetto non comporta interferenze dirette con elementi significativi dell'assetto insediativo-storico del territorio, se non con la già più volte citata area archeologica indicata come

PROGETTAZIONE ATI:

“insediamento Su Coccheri”, approssimativamente alle progr. 9+270 – 9+950 c.ca di progetto, che riguarda un vasto areale comprendente anche l’azienda agricola omonima. Attualmente nell’area non sono visibili evidenze riconducibili al vincolo archeologico (ruderi, strutture, ecc). Per la valutazione dei possibili impatti, pertanto, si rimanda agli adempimenti propri della verifica preventiva dell’interesse archeologico.

### 3.6.2. MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

#### **MS01– Inerbimenti di scarpate mediante idrosemina**

Si tratta di un intervento di carattere diffuso e di uso comune nella realizzazione di infrastrutture stradali. Prevede che tutte le scarpate di rilevati e trincee che vengono a determinarsi per effetto dell’intervento siano comunque soggette ad inerbimento mediante idrosemina, utilizzando una miscela di sementi adatta al contesto ecologico locale. Tale azione, oltre a migliorare l’impatto percettivo dell’intervento eliminando le superfici denudate, consente anche di proteggere le scarpate dagli effetti erosivi degli agenti atmosferici.

I semi selezionati saranno adatti alle condizioni locali e rispetteranno una certa variabilità di specie per aumentare le possibilità di colonizzare stabilmente il sito d’intervento.

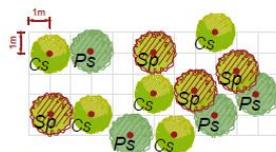
Per la migliore riuscita dell’intervento è necessario che sulla scarpata venga steso uno strato di terreno vegetale di c.ca 30 cm, preferibilmente riutilizzando il terreno vegetale di scotico appositamente accantonato, al fine di minimizzare il consumo di suolo.

#### **MB01 - Ripristino fascia ripariale e invito faunistico**

Al fine di garantire il permanere delle condizioni di permeabilità del territorio rispetto all’attraversamento faunistico, sono stati previsti opportuni interventi finalizzati a creare inviti all’attraversamento in corrispondenza di tombini idraulici previsti da progetto e idonei a tale utilizzo per dimensioni, forma e assenza di ostacoli (ad es. salti di quota). Tali interventi contribuiscono anche al migliore inserimento dell’opera nel paesaggio grazie alla messa a dimora di essenze arbustive quali *Salix purpurea* (salice rosso), *Cornus sanguinea* (sanguinella), *Prunus spinosa* (prungolo selavatico).

L’intervento è localizzato in corrispondenza del “Canale di Bonifica Acque Alte”, soggetto a tutela, alla progr. 9+750 c.ca.

#### MB02 - SOTTOPASSO/INVITO FAUNISTICO Impianto di vegetazione di invito per la fauna



Essenze arbustive:

- SALIX PURPUREA
- CORNUS SANGUINEA
- PRUNUS SPINOSA

Figura 3.9: sesto d’impianto mitigazione MPB02

### MP1 - Filare arboreo

Si tratta di un intervento che viene utilizzato in casi in cui si ritiene necessario mascheramento percettivo e una ridotta occupazione di suolo (una fascia di 4 m circa), ad esempio in corrispondenza di muri di sostegno.

Si prevede l'utilizzo di specie di *Quercus Ilex* (Leccio) e *Quercus Suber* (Sughera) disposte su filare rettilineo. Di seguito si riportano gli ambiti di applicazione:

MP1 - FILARI ARBOREI					
cod	da prog	a prog	L	mq	lato
MP1.01	8+740	8+800	60	240	sx
MP1.02	9+295	9+650	365	1.460	dx

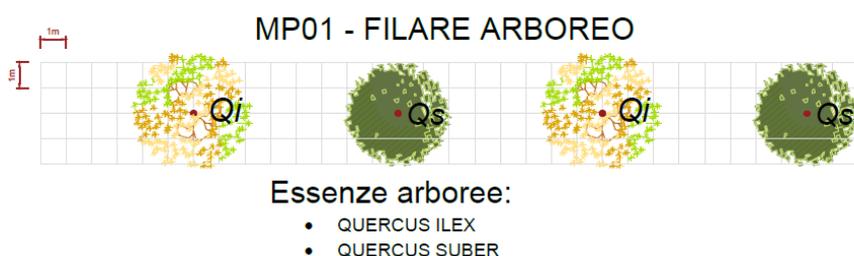


Figura 3.10: sesto d'impianto mitigazione MP01

### MP1b - Filare arbustivo

Si tratta di un intervento che viene utilizzato in corrispondenza dello svincolo e dell'impianto fotovoltaico, al fine di ridurre l'impatto percettivo per le viste da altezza terra.

Si prevede l'utilizzo di arbusti in filare costituiti da *Myrtus communis* (mirto), *Crataegus monogyna* (biancospino) e *Rosmarinus officinalis* (rosmarino)

Di seguito si riportano gli ambiti di applicazione:

MP1b - FILARI ARBUSTIVI					
cod	da prog	a prog	L	mq	lato
MP1b.01	7+610	7+760	150	240	sx
MP1b.02	7+500	7+538	38	153	dx
MP1b.03	Imp. fotovoltaico		424	1.696	sx

### MP2 - Filare arboreo-arbustivo

Simile al precedente, viene previsto nei casi in cui si ritiene opportuno un mascheramento percettivo più consistente e di maggiore ampiezza (circa 5-6 m.)

Nel caso in esame, inoltre, tale intervento viene anche utilizzato per creare uno schermo tra la nuova infrastruttura e l'area protetta costituita dal sito di interesse comunitario ITB040023 - Stagno di Cagliari, saline di Macchiareddu, laguna di S.ta Gilla tra le progr. 6+750 e 7+350 c.ca, anche al fine di proteggere l'avifauna.

Agli arbusti in filare costituiti da *Myrtus communis* (mirto), *Crataegus monogyna* (biancospino) e *Rosmarinus officinalis* (rosmarino) si affianca un filare arboreo che alterna esemplari di *Quercus Ilex* (Leccio) e *Quercus Suber* (Sughera).

Di seguito si riportano gli ambiti di applicazione:

MP2 - FILARI ARBOREO-ARBUSTIVI					
cod	da prog	a prog	L	mq	lato
MP2.01	6+830	7+350	520	2.600	sx
MP2.02	8+330	8+420	190	950	sx
MP2.03	8+440	8+550	110	550	dx
MP2.04	9+650	9+925	275	1.375	dx

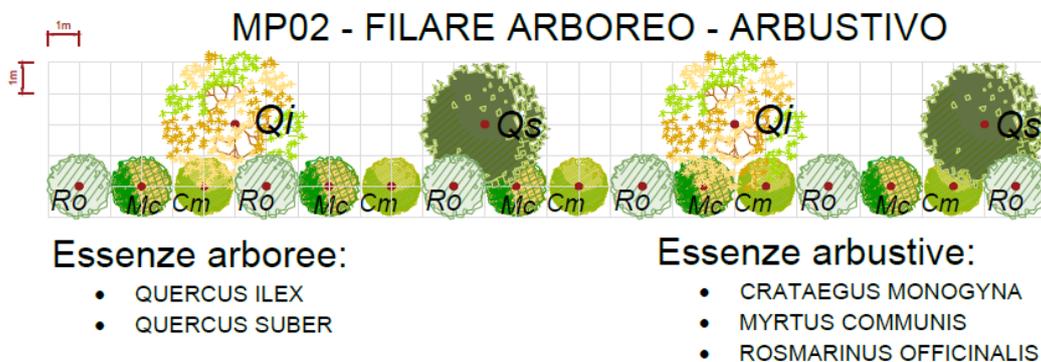


Figura 3.11: sesto d'impianto mitigazione MP02

### MP3 - Sistemazione ornamentale di aree intercluse

Questa tipologia di intervento è destinata principalmente al recupero paesaggistico delle aree intercluse che si vengono a creare per effetto della realizzazione della nuova infrastruttura e per l'adeguamento di quelle esistenti.

Si tratta di interventi ornamentali che prevedono l'introduzione di macchie arboree e arbustive ad impianto casuale, che solo nel caso delle aree di svincolo vengono organizzate secondo geometrie che vanno a ricalcare quelle degli svincoli stessi. Non si ritiene comunque opportuno prevedere impianti geometrici in quanto troppo "artificiali" in relazione al contesto, che è prevalentemente agricolo-extraurbano.

Per evitare un effetto di monotonia l'intervento si attua attraverso 2 diversi tipologici che utilizzano specie arboree e arbustive differenti:

- Tipologico a: utilizzato per interventi a carattere più naturalistico e di filtro tra l'infrastruttura e le aree naturali: *Quercus Suber* (Sughera); *Olea oleaster* (olivastrò); *Pyrus spinosa* (perastro) *Juniperus oxycedrus* (ginepro coccolone).
- Tipologico c: utilizzato in prossimità delle aree agricole: *Quercus Suber* (Sughera); *Ceratonia siliqua* (Carrubo); *Myrtus communis* (mirto); *Pistacia lentiscus* (lentisco).

Di seguito si riportano gli ambiti di applicazione:

MP3 - Sistemazione ornamentale di aree intercluse				
cod	da prog	a prog	mq	Lato - tipo
MP3.01	6+530	6+830	21.413	Sx - a

PROGETTAZIONE ATI:

MP3 - Sistemazione ornamentale di aree intercluse				
cod	da prog	a prog	mq	Lato - tipo
MP3.02	6+830	7+275	6.611	Sx - a
MP3.03	8+560	8+850	5.310	Sx - c
MP3.04	9+260	9+625	3.940	Sx - c

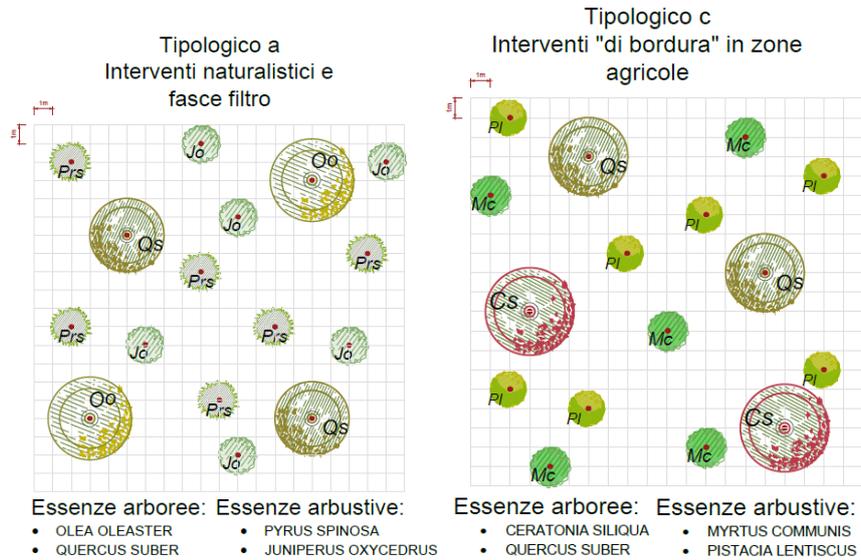


Figura 3.12: sestì d'impianto mitigazione MP03

SEZIONE 7+525



Figura 3.13: Esempio di applicazione dei tipologici delle opere a verde – sezione alla prog. 7+525

#### MP4 - Rinaturalizzazione dei tratti stradali in dismissione

L'intervento si attua prioritariamente attraverso la demolizione della sovrastruttura stradale preesistente ed il ripristino della condizione di naturalità del suolo attraverso il riporto di terra vegetale e l'inerbimento delle superfici rimodellate.

Di seguito si riportano gli ambiti di applicazione:

MP4 - Rinaturalizzazione dei tratti stradali in dismissione			
cod	da prog	a prog	mq
MP4.01	5+500	6+050	3.742
MP4.02	6+275	6+490	2.160
MP4.03	6+535	6+750	1.549

PROGETTAZIONE ATI:

MP4 - Rinaturalizzazione dei tratti stradali in dismissione			
MP4.04	7+325	7+425	450
MP4.05	Svincolo		895
MP4.06	Svincolo		3.150
MP4.07	Svincolo		1.000
MP4.08	8+000	8+100	500
MP4.09	9+125	9+240	250

### **MP5 - Rivestimento muri con paramento in pietra naturale e/o studio cromatico delle opere d'arte**

Le opere d'arte maggiori presentano generalmente un potenziale di impatto percettivo elevato in quanto, a differenza delle opere su scarpata, non possono essere ricoperte con una coltre erbosa. Al fine di limitare l'intrusione visiva dei muri in cls delle opere di scavalco dei fasci tubieri, queste strutture saranno dotate di un rivestimento in grado di simulare il più possibile un paramento in pietra naturale.

Al contempo, le superfici in cls saranno trattate al fine di ottenere un colore più coerente con il contesto.

Nell'ambito dello studio è stata effettuata un'analisi dei cromatismi prevalenti nell'area dove si inserisce il progetto, allo scopo di fornire utili contributi per la definizione architettonica delle opere d'arte connesse alla realizzazione del progetto.

L'analisi è riportata nella relazione sullo scenario di base, nel quale il paesaggio è analizzato nelle sue caratteristiche cromatiche e vengono elaborate alcune alternative nella scelta cromatica e delle texture delle opere d'arte, come illustrato nella figura seguente.

Sulla base dell'analisi del contesto di riferimento, si ritiene che per la realizzazione degli interventi il riferimento cromatico debba essere quello indicato come "*concept cromatismi terre e rocce*", utilizzando un colore in grado di richiamare quello più tenue del granito locale.

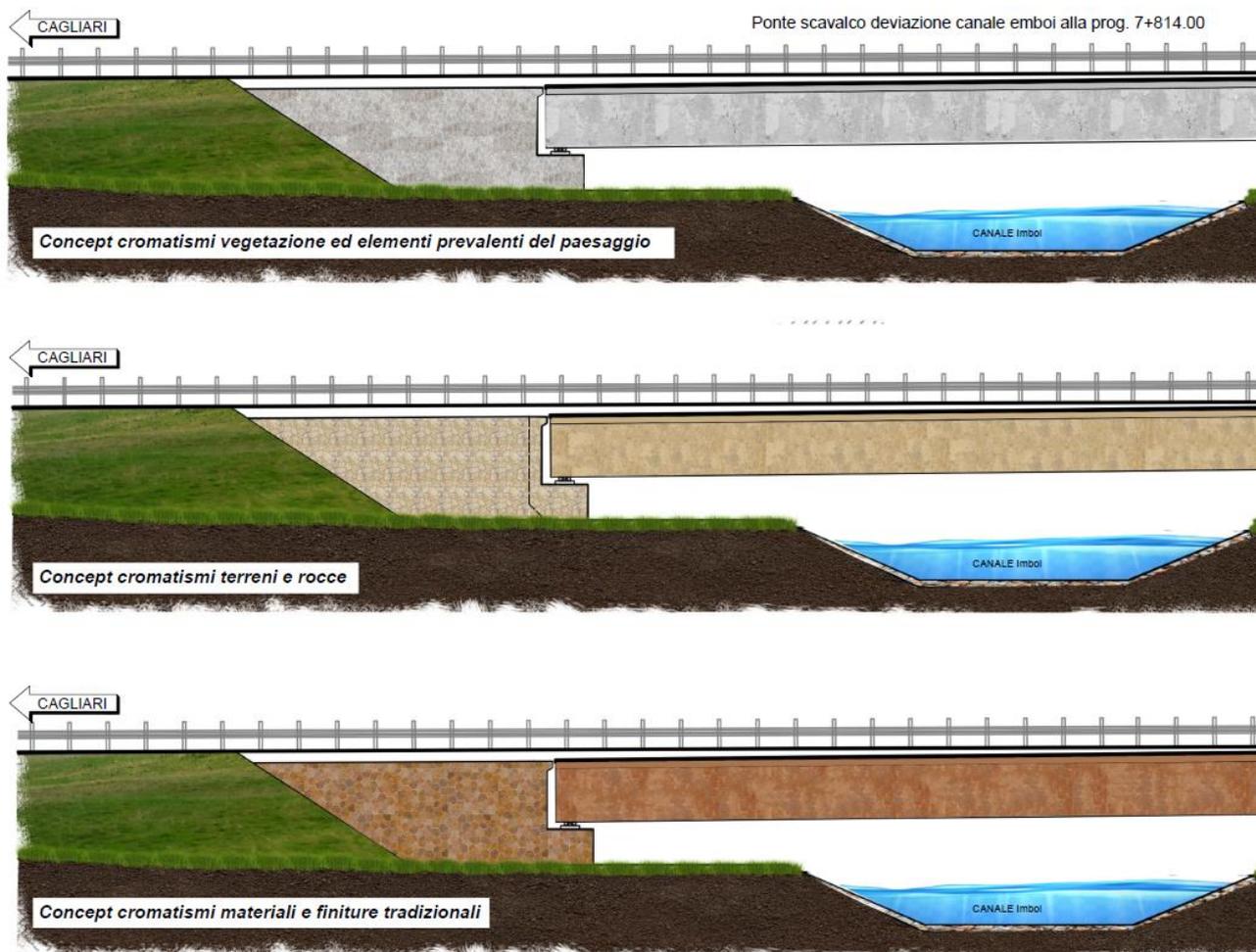


Figura 3.14: Esempio di studio cromatico/texture delle opere d'arte maggiori

### MP6 - Ripristino della continuità dei fondi agricoli e in prossimità dei tratturi

Ove necessario, sono stati previsti interventi di ricucitura della continuità dei fondi agricoli per consentire il permanere delle condizioni d'uso del territorio preesistenti alla realizzazione dell'infrastruttura.

Tali interventi consistono essenzialmente nel mantenimento della funzionalità dei collegamenti attuali attraverso la ricucitura della viabilità locale, come ad esempio alla progr. 9+200 c.ca.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.7. RUMORE

#### 3.7.1. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

Seguendo la stessa metodologia applicata per la stima dei limiti acustici allo stato attuale, per la stima dei livelli di immissione acustica allo scenario di progetto, al fine di caratterizzare l'impatto potenziale relativo alla compromissione del clima acustico, è stata effettuata una simulazione previsionale, utilizzando il modello previsionale SoundPLAN 8.2, in funzione del traffico previsto al 2028 nello scenario di progetto.

Per quanto riguarda i flussi di traffico relativi all'asse stradale di progetto, all'interno dell'ambito di studio si è fatto riferimento ai dati determinati dallo studio trasportistico previsionale in termini di TGM, distinti tra veicoli leggeri e pesanti nei due periodi temporali di riferimento (diurno 06-22 e notturno 22-06).

Per individuare l'ampiezza della fascia caratterizzante i limiti massimi acustici, si è reso necessario riportare i flussi al periodo diurno e notturno (06-22 e 22-06) in termini di traffico orario.

##### 3.7.1.1. Dati di traffico dello scenario di progetto

Lo studio trasportistico è stato effettuato sull'area vasta, come si osserva dal grafo di seguito riportato e prevede due scenari: il primo rappresenta la proiezione al 2028, il secondo prevede come ipotesi anche la velocizzazione della provinciale e l'inibizione dell'attuale SS195 in attraversamento delle saline al traffico pesante. Questo secondo scenario di progetto, dal punto di vista di valutazione dell'impatto, risulta essere il più conservativo, in quanto prevede la configurazione più onerosa dal punto di vista del traffico sulla strada in progetto, ed è quello prescelto, in accordo con ANAS, per le valutazioni modellistiche.

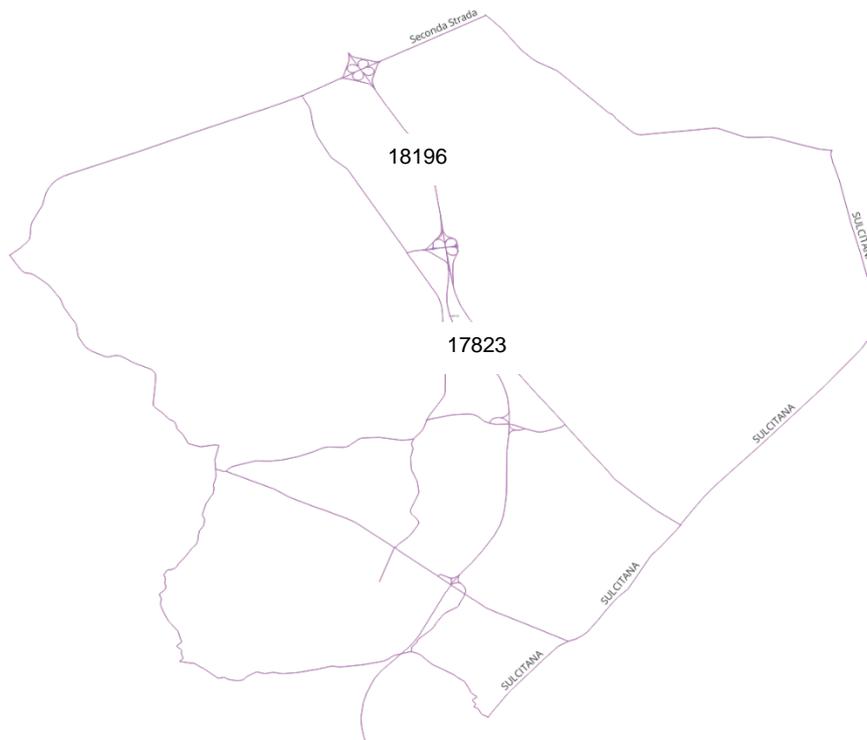


Figura 3.15 Grafo analisi trasportistica

Nelle tabelle seguenti sono riportati, per confronto, i dati per i due scenari di progetto analizzati.

PROGETTAZIONE ATI:

SCENARIO PROGETTO 2028											
ID ARCO	CODSTRA	TGM Leggeri	TGM Pesanti	TGM LEGGERI		TGM PESANTI		VELOCITA' LEGGERI		VELOCITA' PESANTI	
				DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6
11358	SS195	6 604	116	5 991	613	110	6	50,0	54,0	49,0	52,9
16603	SS195	16 067	138	14 576	1 491	131	7	69,1	74,6	60,0	64,9
17823		8 436	802	7 653	783	761	40	110,0	118,8	90,0	97,3
17825	SS195	4 599	93	4 172	427	89	5	50,0	54,0	49,0	53,0
18164		8 436	802	7 653	783	761	40	110,5	119,4	90,4	97,7
18165		1 234	36	1 120	115	34	2	50,0	54,0	49,0	53,0
18196		9 428	837	8 553	875	795	42	110,0	118,9	90,0	97,3
18198		0	0	0	0	0	0	64,9	70,2	54,9	59,4
18200		34	0	31	3	0	0	65,0	70,2	55,0	59,5
18201		0	0	0	0	0	0	65,0	70,2	55,0	59,5
18202		33	0	30	3	0	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18203		149	10	135	14	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18207		137	0	124	13	0	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18212		182	10	165	17	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18218		253	10	229	23	9	0	40,0	43,2	39,2	42,4
18219		286	19	259	27	18	1	39,5	42,7	38,8	41,9
18220		241	9	218	22	9	0	40,0	43,2	39,2	42,4
18224		947	17	859	88	16	1	30,0	32,4	29,4	31,8
18227		287	10	260	27	9	0	50,0	54,0	49,0	53,0
18229		274	9	249	25	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18234		287	19	261	27	18	1	30,0	32,4	29,4	31,8
18236		810	17	735	75	16	1	40,2	43,5	39,4	42,6
18237		137	9	125	13	9	0	39,9	43,2	39,1	42,3
18238		947	26	860	88	25	1	40,0	43,2	39,2	42,4
18416		9 428	837	8 553	875	795	42	110,0	118,9	90,0	97,3

Tabella 3.1 Studio trasportistico Scenario progetto 2028

SCENARIO PROGETTO 2028 (Velocizzazione SP 92 Contivecchi)											
ID ARCO	CODSTRA	TGM Leggeri	TGM Pesanti	TGM LEGGERI		TGM PESANTI		VELOCITA' LEGGERI		VELOCITA' PESANTI	
				DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6	DIURNO 6-22	NOTTURNO 22-6
11358	SS195	6 472	0	5 871	601	0	0	50,0	54,0	49,0	52,9
16603	SS195	15 511	0	14 072	1 440	0	0	69,2	74,7	60,0	64,9
17823		8 754	939	7 941	812	892	47	110,0	118,8	90,0	97,3
17825	SS195	4 558	21	4 135	423	20	1	50,0	54,0	49,0	53,0
18164		8 754	939	7 941	812	892	47	110,5	119,4	90,4	97,7
18165		1 234	37	1 119	114	35	2	50,0	54,0	49,0	53,0
18196		9 983	975	9 056	926	926	49	110,0	118,9	90,0	97,3
18203		150	10	136	14	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18207		2	0	2	0	0	0	30,0	32,4	30,0	32,4
18212		150	10	136	14	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18218		152	10	138	14	9	1	40,0	43,2	39,2	42,4
18219		287	19	261	27	18	1	39,5	42,7	38,8	41,9
18220		140	9	127	13	9	0	40,0	43,2	39,2	42,4
18224		946	17	858	88	16	1	30,0	32,4	29,4	31,8
18227		152	10	138	14	9	1	50,0	54,0	49,0	53,0
18229		140	10	127	13	9	0	30,0	32,4	29,4	31,8
18234		287	19	261	27	18	1	30,0	32,4	29,4	31,8
18236		944	17	856	88	16	1	40,2	43,5	39,4	42,6
18237		138	10	125	13	9	0	39,9	43,2	39,1	42,3
18238		1 081	27	981	100	25	1	40,0	43,2	39,2	42,4
18416		9 983	975	9 056	926	926	49	110,0	118,9	90,0	97,3

Tabella 3.2 Studio trasportistico Scenario progetto 2028 con limitazione del traffico pesante si SS 195

### 3.7.1.2. Risultati delle simulazioni

I risultati sono riportati in formato A3 nell'elaborato "T00IA66AMBCT01A - Book simulazioni acustiche post operam" in cui sono riportati in scala 1:5.000 i risultati delle simulazioni acustiche per il periodo di riferimento diurno e notturno.

Attualmente non sono presenti ricettori abitativi entro la fascia di pertinenza acustica pertanto l'impatto acustico indotto dall'infrastruttura è perfettamente compatibile con l'ambiente circostante. Il ricettore produttivo posto all'inizio del tracciato si attesta al di sotto dei 50 dB(A) nel periodo di riferimento diurno.

PROGETTAZIONE ATI:

Estendendo l'analisi al vicino Sito Natura 2000 "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu e laguna di Santa Gillia" ed in particolare alla fauna presente si osserva come i livelli calcolati, inferiori a 40 dB(A) nel tempo di riferimento diurno, siano considerevolmente al di sotto dei limiti previsti dalla zonizzazione acustica che prevede per l'area la classe 1 nonché molto al di sotto del target di 60 dB(A) che si considera come soglia di disturbo della ornitofauna.

Il vero beneficio, dal punto di vista acustico, indotto dalla realizzazione dell'infrastruttura "Opera connessa Nord" sarà quantificabile su area più vasta quando si ricollegherà al lotto denominato "Opera connessa SUD" in fase di costruzione, sottraendo il traffico alla SS 195 e alle località turistiche della costa.

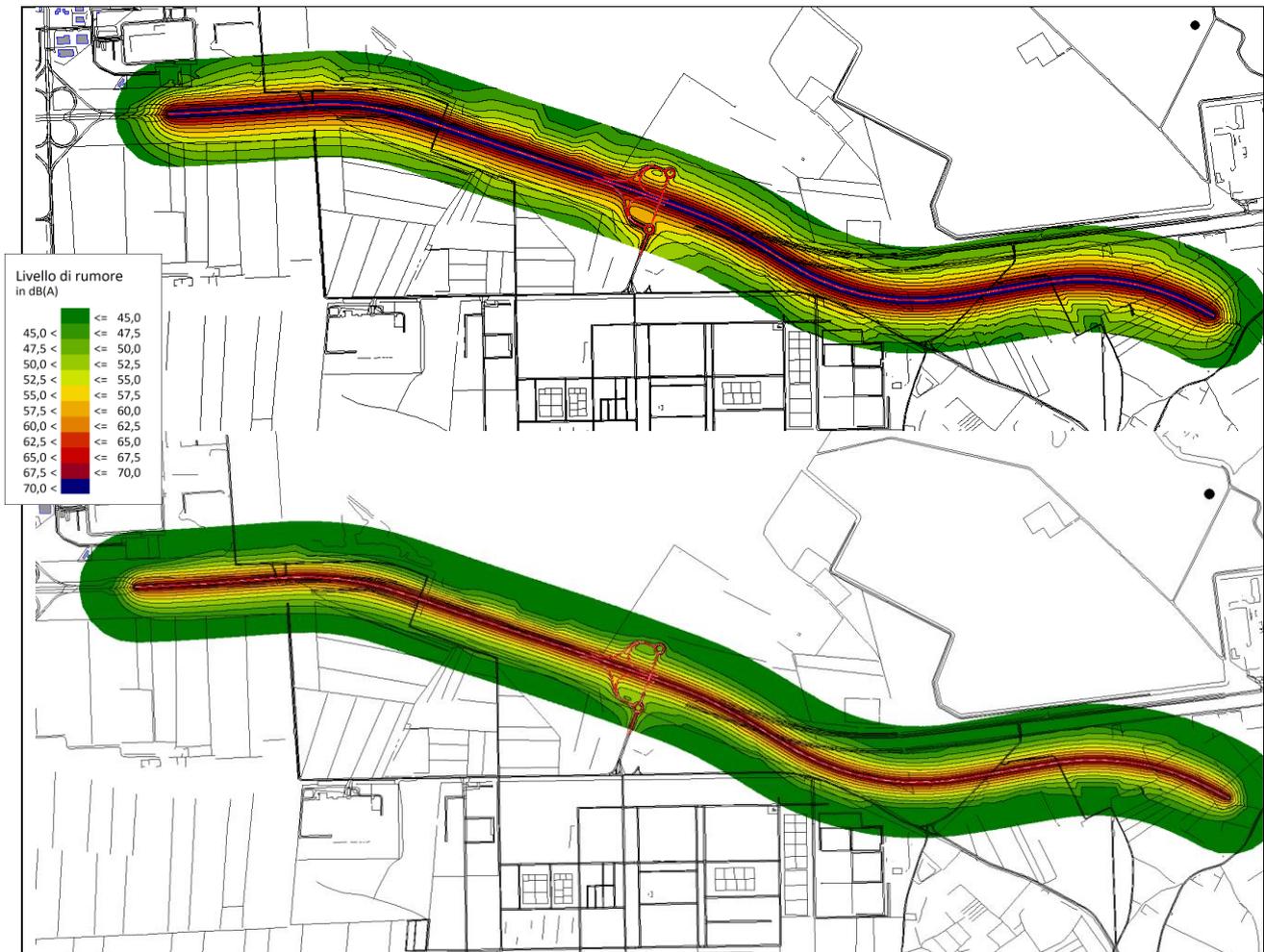


Figura 3.16 Mappe della rumorosità post operam- Tempo di riferimento diurno e notturno

Un ulteriore beneficio introdotto dalla realizzazione del nuovo tracciato di progetto lo si evidenzia dal confronto con lo scenario Opzione zero, in cui non è prevista la realizzazione del progetto, in quanto il nuovo tracciato si allontana dalle aree naturalistiche protette che secondo la zonizzazione comunale si trovano in classe 1 con limiti diurno e notturni rispettivamente di 50 dB(A) e 40 dB(A).

PROGETTAZIONE ATI:

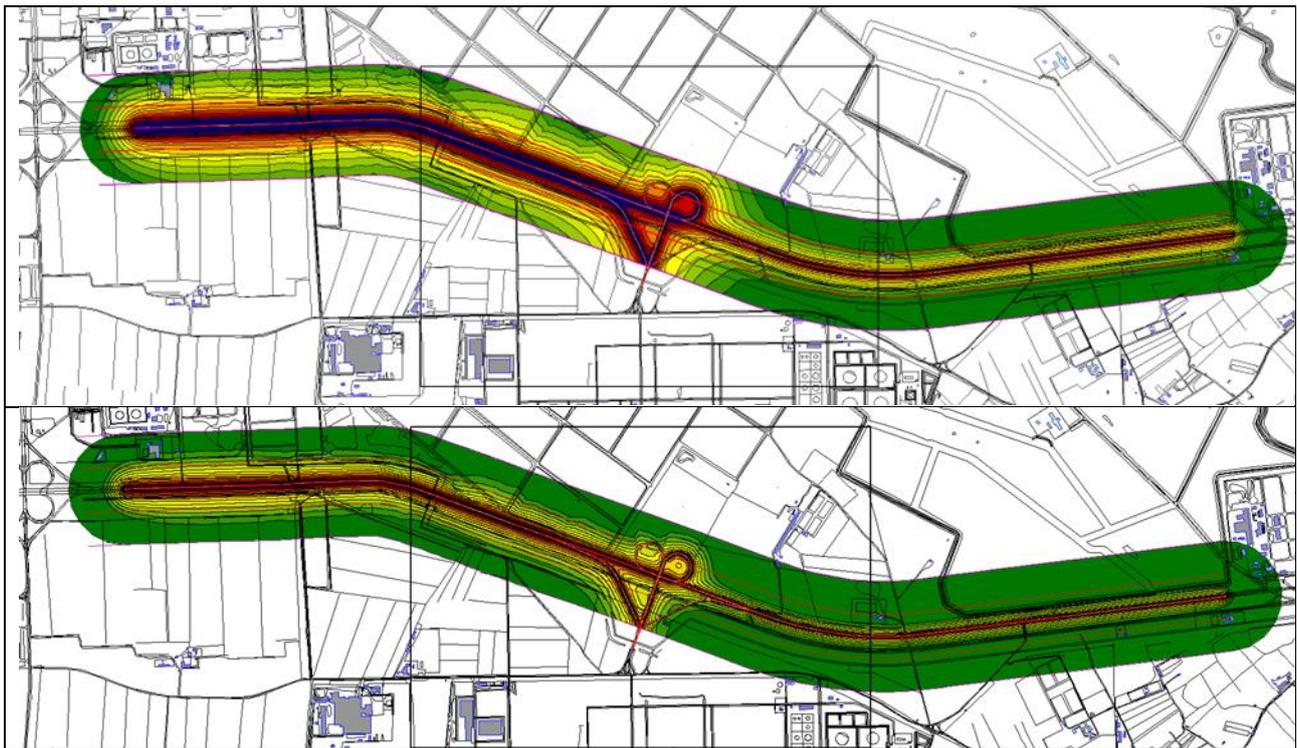


Figura 3.17 Mappe della rumorosità Opzione zero- Tempo di riferimento diurno e notturno

### 3.7.2. MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

L'assenza di ricettori comporta che non vi sia necessità di misure di prevenzione, mitigazione e compensazione.

### 3.7.3. IMPATTI RESIDUI ATTESI

Non vi sono impatti residui attesi.

PROGETTAZIONE ATI:

### 3.8. RADIAZIONI OTTICHE

#### 3.8.1. ANALISI DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

La radiazione luminosa in generale può comportare problemi di:

- **inquinamento luminoso**, inteso come ogni alterazione dei livelli di illuminazione naturale e in particolare come ogni forma di irradiazione di luce artificiale che si disperde al di fuori delle aree cui essa è funzionalmente dedicata ed in particolare oltre il piano dell'orizzonte (o verso la volta celeste),
- **inquinamento ottico** (o luce intrusiva), inteso come ogni forma di irradiazione artificiale diretta su superfici e/o cose cui non è funzionalmente dedicata o per le quali non è richiesta alcuna illuminazione.

Il corridoio in cui si inserisce il progetto presenta un livello di illuminazione notturna piuttosto ridotto per l'assenza di nuclei urbanizzati significativi. Gli unici elementi di rilievo sono costituiti dai grandi complessi che fanno capo alle attività industriali presenti, i quali sono dotati di dispositivi di illuminazione notturna legati soprattutto ad esigenze di sicurezza/controllo.

L'attuale strada consortile in adeguamento non è dotata di illuminazione notturna.

In tale contesto l'introduzione di nuovi elementi in grado di generare inquinamento luminoso può influire negativamente su mammiferi, rettili, anfibi e uccelli, ad esempio alterando i cicli biologici o "confondendoli" durante le normali attività di spostamento, caccia o migrazione e talora alterando, come nel caso di alcuni anfibi, i cicli riproduttivi.

#### 3.8.1. MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DEGLI IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO

Il progetto non comporterà un incremento significativo dell'inquinamento luminoso nell'area, in quanto è prevista esclusivamente l'illuminazione delle aree di svincolo a metà e a fine lotto (innesto sul lotto in corso di realizzazione), confinando il fenomeno ad ambiti circoscritti

Al fine di limitare ulteriormente l'inquinamento luminoso e il conseguente disturbo nei confronti della fauna notturna in tali aree, il progetto prevede l'adozione di un sistema di illuminazione con apparecchi illuminanti "full-cutoff", aventi il fascio luminoso concentrato verso il basso.

