



AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA

PROCEDURA APERTA PER L'AFFIDAMENTO IN CONCESSIONE, MEDIANTE PROJECT FINANCING, AI SENSI DEL COMMA 15, ART. 183, DEL D. LGS. 50/2016, CON DIRITTO DI PRELAZIONE, DELLA RIQUALIFICAZIONE DEL MOLO SANITA' CON LA REALIZZAZIONE DI UNA STRUTTURA TURISTICO RICETTIVA ED IL RINNOVO DELLE STRUTTURE PER LA NAUTICA DA DIPORTO TRA IL MOLO SANITA' E IL MOLO SANT'AGOSTINO DEL PORTO DI CAGLIARI



PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

Data: Aprile 2023

Elaborato: ALL.23_INTEGRAZIONE ALLA LISTA DI CONTROLLO:
RELAZIONE SULLE INTERFERENZE CON IL CONTESTO AMBIENTALE

Proponente: MARINA DI PORTO ROTONDO Srl in costituenda A.T.I.

Progettisti: Arch. Gianfranco Sequi - Arch. Gottardo Viridis - Arch. Massimo Faiferri

Gruppo di lavoro:

Coordinamento della progettazione:

Arch. Giampaolo Lai
Arch. Jacopo Moret
Ing. Maria Laura Orrù
Geom. Luca Pinducciu

Strutture:

Opere portuali:

Impianti Tecnologici:

Ing. Corrado Striano
Ing. Giorgio Guagliumi
Depengineering Srl
P.I. Giancarlo Pistelli

Geologo:

Archeologa:

Studio di fattibilità economica:

Consulenza legale:

Dott. Mauro Pompei
Dott.ssa A.Luisa Sanna
IPSE Srl
Studio Legale Ballero & Associati

Responsabile Unico Procedimento:

Ing. Alessandra Mannai



studio professionisti associati srl

PREMESSA

La presente relazione mira a descrivere gli effetti del progetto di “**Riqualificazione del molo Sanità con la realizzazione di una struttura turistico ricettiva ed il rinnovo delle strutture per la nautica da diporto tra il Molo Sanità e il molo Sant’Agostino del porto di Cagliari**” sui flussi della viabilità, sia carrabile che marittima, e sull’inquinamento aerale ed acustico da essi generato, attraverso analisi di confronto ante e post operam.

QUALITA' DELL'ARIA NELLA CITTA' DI CAGLIARI

Secondo i dati disponibili per gli ultimi 15 mesi (da Novembre 2021 a Marzo 2023) sul portale SardegnaArpa ed i dati comunicati da Legambiente per il 2022, la qualità dell’aria dell’agglomerato urbano della città di Cagliari presenta i seguenti dati:

- una presenza media di particolato sospeso PM_{2,5} pari a 14,3 µg/m³;
- una presenza media di particolato sospeso PM₁₀ pari a 27 µg/m³;
- una presenza media di biossido di azoto NO₂ pari a 22 µg/m³, con delle punte massime di media pari a 81,33 µg/m³, ;

Secondo quanto fornito dall’Ispra (Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale) ed intrecciando i dati ricavabili dalle Arpa regionali, negli agglomerati urbani, le autovetture sono responsabili, sul totale delle emissioni:

- per il 56% delle emissioni di NO₂;
- per il 34% delle emissioni di PM₁₀;
- per il 18,75% delle emissioni di PM_{2,5};

fonte: SardegnaArpa, Legambiente, Ispra, Arpa regionali

Applicando tali medie nazionali al caso dell’agglomerato della città di Cagliari, se ne deduce che **il traffico veicolare sia responsabile di:**

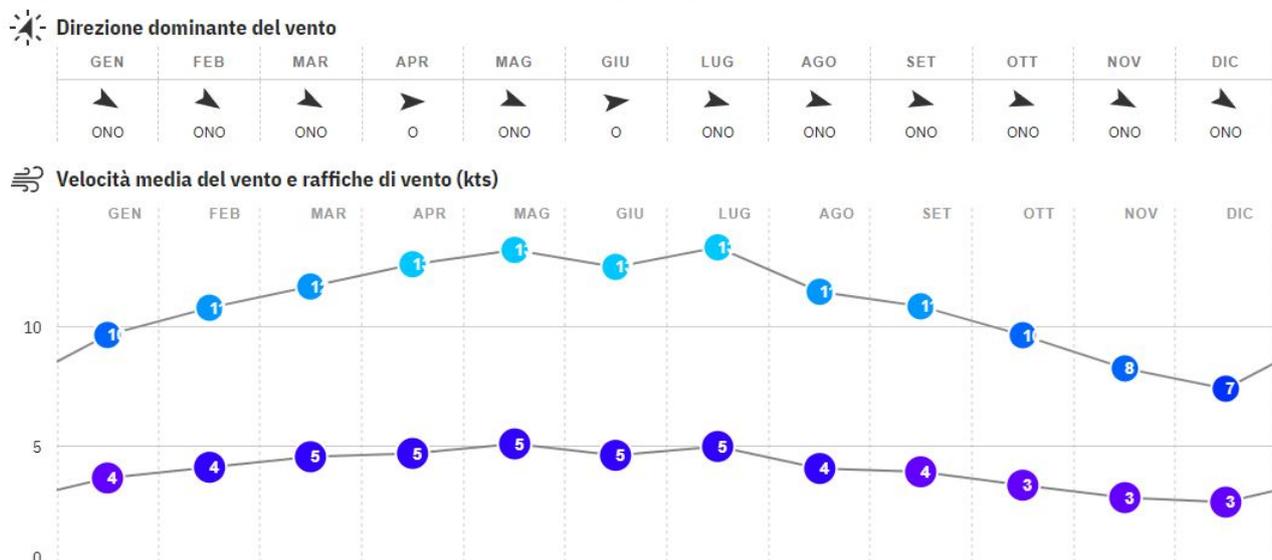
- 2,68 µg/m³ sulla quantità media di particolato sospeso PM_{2,5};
- 9,18 µg/m³ sulla quantità media di particolato sospeso PM₁₀;
- 12,32 µg /m³ sulla quantità media di biossido di azoto NO₂ immesso in atmosfera.

VENTI PRINCIPALI E ANDAMENTO DEL MOTO ONDOSO NELLA CITTA' DI CAGLIARI

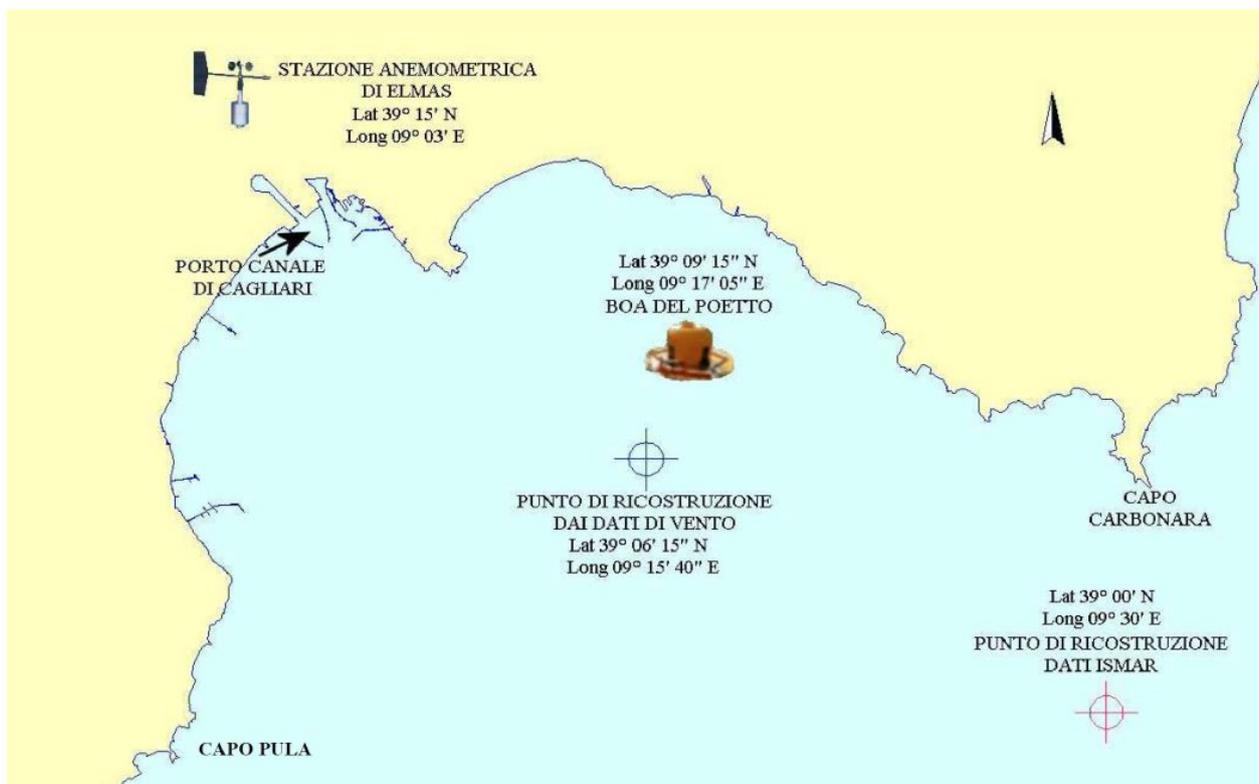
Come riportato anche nel Rapporto Ambientale della Valutazione Ambientale Strategica del Piano Regolatore Portuale del 2009/2010 del Porto Storico di Cagliari, nella **città i venti principali, frequenti, sono il Maestrale (direzione NW), di lunga durata (anche 3 giorni alla volta), con picchi di velocità di oltre 120 km/h, mentre i venti di traversia sono lo Scirocco (direzione SE) ed il Mezzogiorno (S). Scirocco e Maestrale rappresentano comunque i venti dominanti del paraggio.** Tale considerazione trova riscontro nelle statistiche mensili sulla velocità e direzione del vento misurate nella stazione di Cagliari – saline (per il 2022), e dal rilievo della frequenza del moto ondoso rilevato nel punto di rilievo della Stazione anemometrica di Elmas in

occasione della redazione del Rapporto Ambientale della VAS del P.R.P. del 2010 dell'Autorità Portuale del Mare di Sardegna (valutate nel 2005), ricostruente il moto ondoso secondo il metodo SMB, che assume la direzione del moto ondoso come coincidente con quella del vento.

Statistiche mensili sulla velocità e sulla direzione del vento per Cagliari Saline

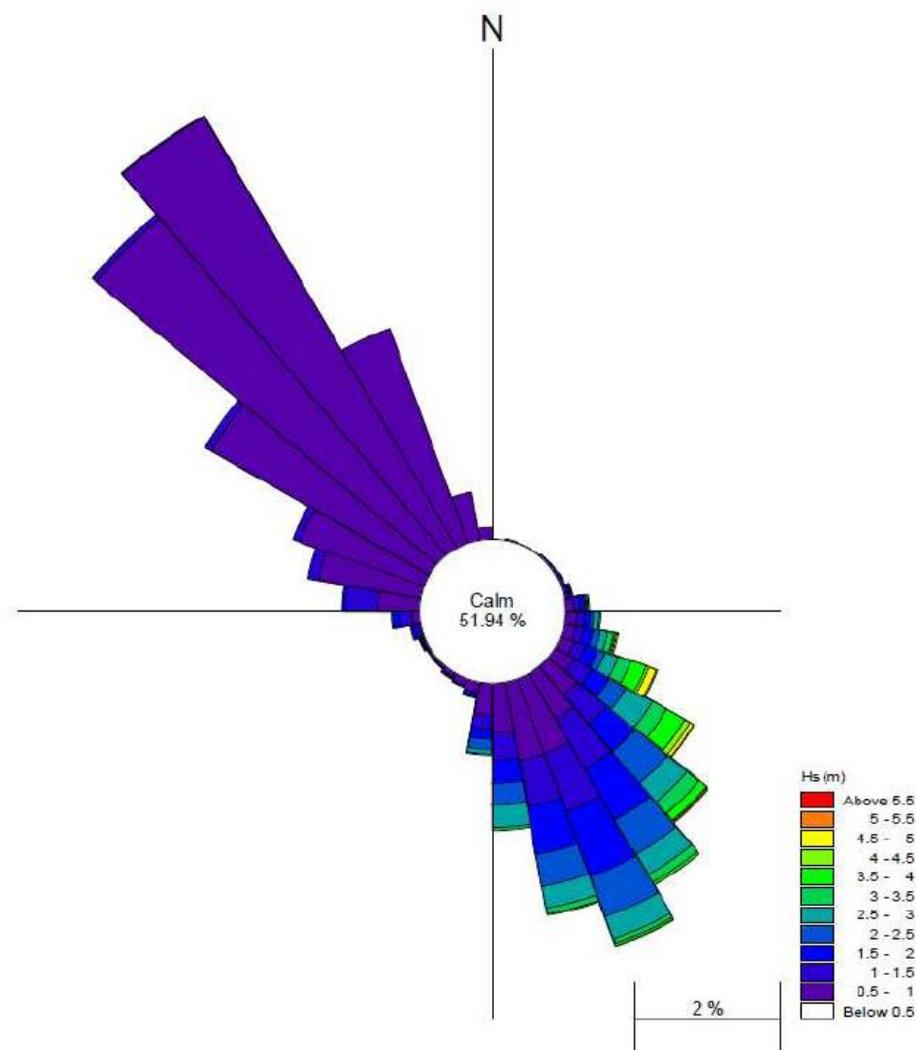


Fonte: Windfinder.com



Localizzazione dei punti di rilievo e di calcolo del moto ondoso - Ricerca della configurazione del banchinamento dell'avamposto del Porto Canale di Cagliari (2005) - Ing. Andrea Azteni

Fonte: Rapporto Ambientale V.A.S. - Piano Regolatore Portuale - ADSP Mare di Sardegna



*Frequenza delle onde al largo del Golfo di Cagliari ricostruita dai dati anemometrici di Elmas -
Ricerca della configurazione del banchinamento dell'avamposto del Porto Canale di
Cagliari (2005) – Ing. Andrea Azteni*

Fonte: Rapporto Ambientale V.A.S. – Piano Regolatore Portuale – ADSP Mare di Sardegna

Dai dati sull'andamento del vento e del moto ondoso si deduce che l'inquinamento aereale dato dalle emissioni di particolati inquinanti (PM_{2,5}, POM₁₀, CO₂, NO_x, NMVOC etc.) venga solitamente spinto verso il mare aperto, favorendo la maggiore qualità dell'aria nel contesto cittadino. Allo stesso modo, il rumore generato dalle fonti di inquinamento acustico verrà tendenzialmente spinto verso il mare, mitigando gli effetti sul contesto urbano.

TRAFFICO VEICOLARE_VIABILITA' CITTADINA

L'area del Porto Storico di Cagliari si trova in prossimità di uno dei principali snodi viari di accesso alla città, ovvero la **SS 195** che si dirama in due direzioni:

- la **SS 195**, che collega il capoluogo alle aree di Capoterra, Sarroch e Pula;
- la **SS 195 RACC.** che rappresenta uno degli innesti della SS 131, la quale connette Cagliari con i principali centri della Sardegna (Oristano, Sassari e, tramite diramazione, Nuoro ed Olbia).



Indicazione della posizione delle postazioni di rilievo del traffico veicolare (ANAS, CTM)

(in verde la posizione dell'intervento proposto)

Secondo quanto riportato dalle Analisi dei Dati di Traffico Giornaliero Medio Annuale (TGMA) forniti dall'ANAS e rilevati alla Postazione di Controllo n°899, posizionata all'ingresso della città, come indicato nell'immagine soprastante, nello snodo della SS 195 RACC. è stato rilevato un transito di veicoli giornaliero pari a:

- 33'112 veicoli leggeri e 1'051 veicoli pesanti nel 2013;
- 32'695 veicoli leggeri e 1'090 veicoli pesanti nel 2015;
- 32'953 veicoli leggeri e 1'361 veicoli pesanti nel 2016;
- 34'764 veicoli leggeri e 1'289 veicoli pesanti nel 2017;
- 34'536 veicoli leggeri e 1'308 veicoli pesanti nel 2018;
- 31'720 veicoli leggeri e 796 veicoli pesanti nel 2021;
- 33'377 veicoli leggeri e 819 veicoli pesanti nel 2022;

fonte: Analisi dati TGMA ANAS

Evidenziando un trend sostanzialmente costante negli anni per il transito dei veicoli leggeri e in diminuzione dei veicoli pesanti. Parallelamente, le "Statistiche dati di traffico" del CTM (azienda di

trasporto pubblico locale) relativi al periodo di Settembre ed Ottobre 2012 (ultimi dati disponibili), evidenziavano un TGM all'imbocco della SS 195 in direzione da/verso Cagliari, rilevato nelle medesime postazioni indicata nella precedente figura, pari a:

- 18'297 veicoli in ingresso nella città e 15'466 veicoli in uscita nel Settembre 2012;
- 17'611 veicoli in ingresso nella città e 14'710 veicoli in uscita nell'Ottobre 2012;

Traffico in ingresso a Cagliari	
Sezione stradale	TGM [vei]
S.S. 195 – strada per Pula	17.611
Racc ss 195	20.817
Viale Elmas	13.742
Viale Monastir	12.666
S.S. 131 – circonvallazione Pirri	34.734
Via Italia	10.494
Via Vesalio	13.824
Viale Marconi	34.512
Viale Lungosaline	15.882
Totale	174.282

Tabella 1 - Traffico Giornaliero Medio in ingresso a Cagliari

Traffico in uscita da Cagliari	
Sezione stradale	TGM [vei]
S.S. 195 – strada per Pula	14.710
Racc ss 195	22.000
Viale Elmas	11.360
Viale Monastir	15.234
S.S. 131 – circonvallazione Pirri	30.798
Via Italia	19.493
Via Vesalio	7.623
Viale Marconi	15.767
Totale	136.985

Tabella 2 - Traffico Giornaliero Medio in uscita da Cagliari

fonte: Statistiche dati di traffico CTM – Sala Controllo della Mobilità del Comune di Cagliari

La SS195 connette la città di Cagliari, oltre che con le suddette cittadine limitrofe, con le aree industriali di Macchiareddu e della raffineria SARAS. Non essendosi verificati rilevanti mutamenti né nell'organizzazione territoriale né nell'intensità produttiva delle attività industriali sopracitate, né nella demografia delle cittadine dell'area metropolitana della Città di Cagliari, tali da creare notevoli variazioni nel traffico veicolare, si può assumere tale dato di TGM come anch'esso parte di un trend costante.

Alla luce dei dati sopracitati, si può perciò assumere una media di 34'410 transiti giornalieri sulla SS195 RACC. e di 33'042 sulla SS195, per un totale di 67'452 transiti giornalieri medi dal fronte occidentale della città di Cagliari.

L'intervento di **“Riqualificazione del molo Sanità con la realizzazione di una struttura turistico ricettiva ed il rinnovo delle strutture per la nautica da diporto tra il Molo Sanità e il molo Sant’Agostino del porto di Cagliari”** in oggetto, si relaziona con tali snodi viari sia per posizione territoriale, in quanto ad essi fisicamente limitrofo, sia perché l’area portuale contiene al suo interno corsie carrabili e stalli parcheggio utilizzati da veicoli spesso provenienti proprio dagli ingressi occidentali alla città.

Per completezza, allargando l’analisi al totale di autoveicoli transitanti nella città di Cagliari, sempre dai dati disponibili nelle “Statistiche dati di traffico” del CTM e nel portale ANAS, che ulteriormente evidenziano un trend sostanzialmente costante, risulta che nell’intero capoluogo vi sia un TGM pari a 311'267 autoveicoli.

TRAFFICO VEICOLARE - VIABILITA' PORTUALE DI IMBARCO E SBARCO

Come premesso, la **Calata Sant’Agostino ospita le manovre di imbarco e sbarco dei veicoli**, leggeri o pesanti, dalle navi RO-RO, ma anche Cargo, che nella configurazione attuale dell’Area Portuale consente l’accesso dei veicoli a 3 moli, così denominati:

- **Sabaudo interno**
- **Sabaudo esterno**
- **Sabaudo esterno dente**

Dall’analisi dei traffici veicolari, riferiti ad un **periodo campione di 5 mesi** (da Luglio a Novembre 2022) che potesse fornire un quadro completo comprensivo sia del traffico nell’alta stagione che nella bassa stagione, si è potuto rilevare un movimento veicolare pari a:

- **Luglio 2022:** totale numero veicoli in transito 9'507, per un TGM di **307** veicoli;
- **Agosto 2022:** totale numero veicoli in transito 11'772, per un TGM di **380** veicoli;
- **Settembre 2022:** totale numero veicoli in transito 6'981, per un TGM di **233** veicoli;
- **Ottobre 2022:** totale numero veicoli in transito 4'777, per un TGM di **154** veicoli;
- **Novembre 2022:** totale numero veicoli in transito 3'176, per un TGM di **106** veicoli;

fonte: Grimaldi Sardegna, checkpoint ADSP Mare di Sardegna

Si può quindi desumere un TGM di veicoli sulla Calata Sant’Agostino, per le operazioni di imbarco e sbarco delle imbarcazioni, pari a 236.

Tale intensità di traffico non verrà mutata dalla realizzazione dell’intervento proposto.

CONFORMAZIONE ATTUALE – TRAFFICO VEICOLARE NELL’AREA DEL PORTO STORICO DI CAGLIARI INTERESSATA DALL’INTERVENTO

Allo stato attuale, la viabilità del Porto Storico di Cagliari si organizza nelle seguenti componenti:

- **Calata Sant'Agostino:** 5 corsie carrabili di imbarco verso le navi RO-RO, 2 corsie di viabilità di servizio portuale, 60 stalli parcheggio con due corsie di viabilità carrabili di manovra;
- **Calata Azuni:** 3 corsie carrabili collegate da una rotonda, con 136 stalli parcheggio oltre a 6 stalli per pullman turistici;
- **Molo Sanità:** una corsia carrabile e 76 stalli parcheggio;
- **Calata Via Roma:** 2 corsie carrabili oltre a 4 corsie di servizio, oltre a 54 stalli parcheggio;
- lungo la **Calata Azuni** e la **Calata Via Roma** sono presenti due corsie carrabili di attraversamento interno al Porto, spesso utilizzate come percorso alternativo al Lungomare New York 11 Settembre dai veicoli carrabili per il passaggio da Via Riva di Ponente sino alla Piazza Deffenu;
- parallelamente al Lungomare New York 11 Settembre sono presenti **due file di parcheggi a pagamento**, per un numero totale di 127, serviti da una corsia carrabile.

In totale, la **configurazione attuale dell'area portuale mette a disposizione una quantità di 459 stalli parcheggio**. Allo stato attuale, è stato rilevato un TGM all'interno dell'area del **Porto Storico** oggetto d'intervento proposto pari a **2'410** tra veicoli leggeri e pullman, oltre al precedentemente desunto TGM di 236 veicoli per l'imbarco delle navi RO-RO.



Planimetria della configurazione attuale dell'area del Porto Storico: in rosso la viabilità ordinaria, in giallo la viabilità di servizio/parcheggi, in celeste le corsie carrabili di imbarco

CONFORMAZIONE POST OPERAM

A seguito dell'intervento in oggetto, l'area portuale sarà interessata da radicali cambiamenti nella conformazione della viabilità. In particolare:

- **Calata Sant'Agostino:** si andrà a mantenere la conformazione e funzionamento attuale;

Tale nuova conformazione, **si prevede ridurrà il TGM dell'Area Portuale sino a circa 1120 veicoli (con una riduzione rispetto al TGM attuale del 53,6%)**, maggiormente concentrati (oltre il 57%) nell'area parcheggio più esterna parallela al Lungomare New York 11 Settembre, su una superficie pari a circa il 10% del totale delle aree (ad esclusione delle superfici occupate dalle corsie di imbarco, le quali sono mantenute nell'assetto attuale).

Oltremodo, si precisa che **delle restanti superfici, solamente il 21% circa sarà destinato a traffico veicolare comune, mentre il restante 69% sarà destinato a spazi pedonali, aree verdi, piste ciclabili e corsie destinate al passaggio di veicoli di servizio alla struttura ricettiva** per l'approvvigionamento merci o solamente elettrici (tipo *golf-cart* per il trasporto di utenti dagli attracchi alla struttura), oltre che per i mezzi di soccorso (quali ambulanze o veicoli dei Vigili del Fuoco).

Alla suddetta quantità andrà aggiunto il TGM di 236 veicoli legato alle operazioni di imbarco e sbarco delle navi RO-RO e Cargo, come detto **non mutato nella sua organizzazione dall'intervento proposto**.

TRAFFICO VEICOLARE – IMPATTO DEL PROGETTO PROPOSTO SULLA QUALITA' DELL'ARIA

Se si considera la sola area portuale, **sono evidenti i benefici da un punto di vista ambientale apportati dall'intervento**. La **riduzione del 53,6% del TGM** creerà una parallela riduzione in termini di immissione in atmosfera di agenti inquinanti prodotti dai veicoli (NOx, CO, PM10, PM2,5, NBVOC, NH3) e di calore prodotto dalla combustione.

Uguualmente, si deve sottolineare il fatto **che la presenza di nuove aree verdi (da 723 mq a 4'195 mq, con un aumento del 580% della superficie) e di alberature (oltremodo decuplicate rispetto alla situazione attuale) favorirà l'assorbimento del particolato atmosferico e della CO2**, con evidenti riscontri positivi nella qualità dell'aria.

TRAFFICO NAVALE – CONFIGURAZIONE ATTUALE NELL'AREA DEL PORTO STORICO DI CAGLIARI

L'area del Porto Storico di Cagliari esplica il suo schema di ormeggio di navi cargo e passeggeri in **5 moli di attracco** così denominati:

- **nel Molo Sabaudò**: Molo Sabaudò Interno, Molo Sabaudò Esterno e Molo Sabaudò Dente;
- **nel Molo Rinascita**: Molo Rinascita Levante 1 e Molo Rinascita Dente Silos

Adoperando il medesimo approccio utilizzato per lo screening della viabilità carrabile, la valutazione dell'intensità dei flussi navali è stata effettuata **analizzando un periodo campione di 5 mesi** (da Luglio a Novembre 2022), che potesse comprendere al suo interno sia un periodo ad alto traffico (alta stagione) che uno a traffico più ridotto (bassa stagione). Sono state reperite le tabelle programmatiche delle compagnie navali operanti sui moli del Porto Storico, e si è focalizzata l'attenzione sull'attracco del solo Molo Sabaudò Interno in quanto il suo schema d'ormeggio sarà l'unico che andrà a modificarsi in conseguenza dell'intervento proposto; al fine di comprendere l'impatto ambientale di ciascuna imbarcazione si è anche tenuto conto del periodo di

sosta di ognuna di esse, poiché le navi RO-RO necessitano di mantenere continuamente accesi i motori per garantirne il funzionamento.

Dai dati ottenuti si sono raccolte le seguenti informazioni sul traffico navale:

- nel mese di **Luglio 2022**, il Molo Sabauda Interno ha ospitato **0 navi**;
- nel mese di **Agosto 2022**, il Molo Sabauda Interno ha ospitato **1 nave passeggeri RO-RO**, dislocamento 7'150 T, per una sosta di 33 ore;
- nel mese di **Settembre 2022**, il Molo Sabauda Interno ha ospitato **1 nave Cargo RO-RO**, dislocamento 10'780 T, per una sosta di 33 ore;
- nel mese di **Ottobre 2022**, il Molo Sabauda Interno ha ospitato **4 navi passeggeri RO-RO**, dislocamento 7'150 T, per una sosta di 33 ore, ed **1 nave Cargo RO-RO**, dislocamento 12'968 T, per una sosta di 15 ore;
- nel mese di **Novembre 2022**, il Molo Sabauda Interno ha ospitato **5 navi passeggeri RO-RO**, dislocamento 7'150 T, per una sosta di 33 ore, **1 nave passeggeri RO-RO**, dislocamento 7'150 T, per una sosta di 71 ore, ed **1 nave passeggeri RO-RO**, dislocamento 7'000 T, per una sosta di 3 ore.

Fonte: tabelle programmatiche Grimaldi Sardegna, Tirrenia

Dai dati sopra esposti, se ne ricava un **traffico medio mensile sul Molo Sabauda Interno di 2,4 navi passeggeri RO-RO**, per una sosta media di 33,67 ore, e di **0,40 navi Cargo RO-RO**, per una sosta media di 24 ore.

Allo stato attuale, le navi RO-RO attraccano alla radice del Molo Sabauda Interno. **Ciascuna imbarcazione è servita da 2 navi rimorchiatori**, aventi dislocamento medio di 387 T. Allo stato attuale, nello specchio acqueo della Calata Sant'Agostino, dove il progetto proposto prevede la realizzazione di nuovi ormeggi per la nautica da diporto, **sosta continuativamente 1 rimorchiatore**.

TRAFFICO NAVALE – IMPATTO SULLA QUALITA' DELL'ARIA ANTE OPERAM

Sulla base delle elaborazioni dell'ISPRA e di quanto espresso nelle linee guida EEA/EMEP (EEA/EMEP, 2019), sono stati determinati i seguenti fattori di emissione annuali porto-specifici per le varie tipologie di imbarcazione:

Tabella 7.1 – Fattori di emissione per tipologia di nave e inquinante, fase di stazionamento in porto

Tipologia nave	SO ₂ (kg/Mg)	NO _x (kg/Mg)	CO (kg/Mg)	NM VOC (kg/Mg)	PM (kg/Mg)
Liquid bulk ships	2.0	58.3	7.4	5.1	2.9
Dry bulk carriers	2.0	59.8	7.4	2.3	1.6
Container	2.0	59.8	7.4	2.4	1.6
General cargo	2.0	58.1	7.4	2.4	1.7
Ro-Ro cargo	2.0	57.4	7.4	2.3	1.6
Passenger	2.0	56.5	7.4	2.4	1.7
Passenger Cruise	2.0	56.5	7.4	2.4	1.7
Others	2.0	55.6	7.4	2.2	1.6
Tugs	2.0	50.7	7.4	2.4	1.9
Total	2.0	57.8	7.4	2.8	1.8

Fonte: elaborazioni ISPRA

Tabella 7.2 – Fattori di emissione per tipologia di nave e inquinante, fase di manovra

Tipologia nave	SO ₂ (kg/Mg)	NO _x (kg/Mg)	CO (kg/Mg)	NMVOC (kg/Mg)	PM (kg/Mg)
Liquid bulk ships	48.3	58.5	7.4	5.3	7.1
Dry bulk carriers	49.6	60.7	7.4	5.5	7.3
Container	50.7	61.0	7.4	5.8	7.7
General cargo	46.4	54.5	7.4	5.3	7.1
Ro-Ro cargo	45.8	50.9	7.4	4.8	6.7
Passenger	25.5	45.7	7.4	4.8	6.7
Cruise	2.0	45.8	7.4	4.9	3.1
Others	33.1	52.0	7.4	4.3	4.9
Tugs	2.0	43.1	7.4	4.3	3.7
Total	25.4	49.2	7.4	4.9	5.8

Fonte: elaborazioni ISPRA

Fonte: elaborazioni ISPRA, Rapporti 382/2023 “Aggiornamento delle modalità di calcolo delle emissioni navali con particolare riferimento all’ambito portuale a livello nazionale e locale”

Evidenziate si possono notare le emissioni di agenti inquinanti per le tipologie di navi utilizzando l’attracco del Molo Sabauda Interno. Sulla base dell’intensità di traffico navale medio identificato in precedenza, si può rilevare un traffico di navi passeggeri RO-RO di 28,80 navi/annuali, con una sosta media di 33,67 ore (pari cioè a 0,004 anni), 4,80 navi Cargo RO-RO/annuali con una sosta media di 24 ore (pari cioè a 0,003 anni), con un conseguente utilizzo di 67,20 rimorchiatori in manovra (si considera l’utilizzo di ciascun rimorchiatore per 1 ora per ciascuna manovra di attracco o partenza, per cui 2 ore totali cioè 0,0003 anni), e di 1 rimorchiatore in stazionamento continuo (24/24 ore, 365 giorni/anno). Intrecciando tali cifre con i fattori di emissione indicati nelle tabelle sopra riportate, e tenendo presente che 1 Mg = 1 T, si ottiene che il traffico navale del Molo Sabauda Interno sia responsabile delle seguenti emissioni annuali:

$$\text{Emissioni annue} = [(n^\circ \text{ navi/anno} \times \text{Mg (dislocamento medio)}) \times \text{kg/Mg (emissione media nave)}] \times \text{tempo medio stazionamento o manovra}$$

- Navi passeggeri RO-RO (in n° di 28,80, dislocamento medio 7'137,50 Mg) in stazionamento (0,004 anni):

- SO₂ = [(28,8 x 7'137,50 Mg) x 2,0 kg/Mg] x 0,004 = 1'644,48 kg
- NO_x = [(28,8 x 7'137,50 Mg) x 56,5 kg/Mg] x 0,004 = 46'456,56 kg
- CO = [(28,8 x 7'137,50 Mg) x 7,4 kg/Mg] x 0,004 = 6'084,58 kg
- NMVOC = [(28,8 x 7'137,50 Mg) x 2,4 kg/Mg] x 0,004 = 1'973,38 kg
- PM = [(28,8 x 7'137,50 Mg) x 1,7 kg/Mg] x 0,004 = 1'397,81 kg

- Navi passeggeri RO-RO (in n° di 28,80, dislocamento medio 7'137,50 Mg) in manovra (2 ore di manovra per ciascuna, 0,0003 anni):

- SO₂ = [(28,8 x 7'137,50 Mg) x 25,5 kg/Mg] x 0,0003 = 1'575,29 kg
- NO_x = [(28,8 x 7'137,50 Mg) x 45,7 kg/Mg] x 0,0003 = 2'818,23 kg
- CO = [(28,8 x 7'137,50 Mg) x 7,4 kg/Mg] x 0,0003 = 456,34 kg

- NMVOC = $[(28,8 \times 7'137,50 \text{ Mg}) \times 4,8 \text{ kg/Mg}] \times 0,0003 = 296,01 \text{ kg}$

- PM = $[(28,8 \times 7'137,50 \text{ Mg}) \times 6,7 \text{ kg/Mg}] \times 0,0003 = 413,18 \text{ kg}$

- Navi Cargo RO-RO (in n° di 4,80, dislocamento medio 11'874 Mg) in stazionamento (pari a 0,003 anni):

- SO₂ = $[(4,80 \times 11'874 \text{ Mg}) \times 2,0 \text{ kg/Mg}] \times 0,003 = 341,97 \text{ kg}$

- NO_x = $[(4,80 \times 11'874 \text{ Mg}) \times 57,4 \text{ kg/Mg}] \times 0,003 = 9'814,57 \text{ kg}$

- CO = $[(4,80 \times 11'874 \text{ Mg}) \times 7,4 \text{ kg/Mg}] \times 0,003 = 1'265,29 \text{ kg}$

- NMVOC = $[(4,80 \times 11'874 \text{ Mg}) \times 2,3 \text{ kg/Mg}] \times 0,003 = 393,27 \text{ kg}$

- PM = $[(4,80 \times 11'874 \text{ Mg}) \times 1,6 \text{ kg/Mg}] \times 0,003 = 273,58 \text{ kg}$

- Navi Cargo RO-RO (in n° di 4,80, dislocamento medio 11'874 Mg) in manovra (2 ore di manovra per ciascuna, 0,0003 anni):

- SO₂ = $[(4,80 \times 11'874 \text{ Mg}) \times 45,8 \text{ kg/Mg}] \times 0,0003 = 783,11 \text{ kg}$

- NO_x = $[(4,80 \times 11'874 \text{ Mg}) \times 50,9 \text{ kg/Mg}] \times 0,0003 = 870,32 \text{ kg}$

- CO = $[(4,80 \times 11'874 \text{ Mg}) \times 7,4 \text{ kg/Mg}] \times 0,0003 = 126,53 \text{ kg}$

- NMVOC = $[(4,80 \times 11'874 \text{ Mg}) \times 4,8 \text{ kg/Mg}] \times 0,0003 = 82,07 \text{ kg}$

- PM = $[(4,80 \times 11'874 \text{ Mg}) \times 6,7 \text{ kg/Mg}] \times 0,0003 = 114,56 \text{ kg}$

Per quanto concerne le manovre o lo stazionamento dei rimorchiatori, si può applicare la medesima formula. Da cui si ricava che:

- Rimorchiatori in manovra (in n° di 67,20, dislocamento medio 387 Mg) (2 ore di manovra per ciascuna, 0,0003 anni):

- SO₂ = $[(67,20 \times 387 \text{ Mg}) \times 2,0 \text{ kg/Mg}] \times 0,0003 = 15,60 \text{ kg}$

- NO_x = $[(67,20 \times 387 \text{ Mg}) \times 43,10 \text{ kg/Mg}] \times 0,0003 = 336,26 \text{ kg}$

- CO = $[(67,20 \times 387 \text{ Mg}) \times 7,4 \text{ kg/Mg}] \times 0,0003 = 57,74 \text{ kg}$

- NMVOC = $[(67,20 \times 387 \text{ Mg}) \times 4,3 \text{ kg/Mg}] \times 0,0003 = 33,55 \text{ kg}$

- PM = $[(67,20 \times 387 \text{ Mg}) \times 3,7 \text{ kg/Mg}] \times 0,0003 = 28,87 \text{ kg}$

- Rimorchiatore in stazionamento (in n° di 1, dislocamento medio 387 Mg) (1 anno):

- SO₂ = (1 x 387 Mg) x 2,0 kg/Mg = 774 kg
- NO_x = (1 x 387 Mg) x 50,7 kg/Mg = 19'620 kg
- CO = (1 x 387 Mg) x 7,4 kg/Mg = 2'863,80 kg
- NMVOC = (1 x 387 Mg) x 2,4 kg/Mg = 928,80 kg
- PM = (1 x 387 Mg) x 1,9 kg/Mg = 735,30 kg

In conclusione, nella configurazione attuale il traffico navale del Molo Sabaudo Interno impatta sulla qualità dell'aria dell'area successivamente interessata dal progetto proposto con le seguenti quantità annuali:

- **SO₂ = 5'134,45 kg**
- **NO_x = 79'915,94 kg**
- **CO = 10'854,28 kg**
- **NMVOC = 3'707,08 kg**
- **PM = 2'963,30 kg**

TRAFFICO NAVALE – IMPATTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA POST OPERAM

Per quanto concerne lo specchio acqueo interessato dall'intervento proposto, **si andrà ad eliminare lo stazionamento e la manovra delle navi Cargo e passeggeri RO-RO, oltre allo stazionamento e manovra dei rimorchiatori necessari per le operazioni di attracco e partenza delle suddette.** Tali operazioni saranno dirottate nella testata del Molo Sabaudo, esternamente all'area interessata dal progetto.

Al loro posto, si andranno a realizzare **26 nuovi attracchi per imbarcazioni da diporto e navi da diporto (yacht e megayacht).** In particolare, essi saranno così suddivisi:

- 4 posti barca per navi da diporto di lunghezza 80 m;
- 1 posto barca per navi da diporto di lunghezza 60 m;
- 3 posti barca per navi da diporto di lunghezza 50 m
- 11 posti barca per navi da diporto di lunghezza 40 m;
- 4 posti barca per navi da diporto di lunghezza 30 m;
- 2 posti barca per navi da diporto di lunghezza 25 m;
- 1 posto barca per imbarcazioni da diporto di lunghezza 20 m;

Tali imbarcazioni avranno un impatto sulla qualità dell'aria solamente nelle loro fasi di manovra, in quanto una volta attraccate saranno collegate a colonnine di alimentazione elettrica, spegnendo i motori a bordo ed evitando conseguentemente emissioni ad essi collegate.

Considerando un riempimento del 100% dei posti barca disponibili, con uno stazionamento medio trimestrale (con conseguenti 8 operazioni di manovra di arrivo/partenza per ciascuna imbarcazione, con una durata di ciascuna manovra stimata di 20 minuti, pari a 0,0001 anni) e tenendo presente i parametri indicati nelle elaborazioni dell'ISPRA e di quanto espresso nelle linee guida EEA/EMEP (EEA/EMEP, 2019),

Tabella 7.2 – Fattori di emissione per tipologia di nave e inquinante, fase di manovra

Tipologia nave	SO ₂ (kg/Mg)	NO _x (kg/Mg)	CO (kg/Mg)	NMVOC (kg/Mg)	PM (kg/Mg)
Liquid bulk ships	48.3	58.5	7.4	5.3	7.1
Dry bulk carriers	49.6	60.7	7.4	5.5	7.3
Container	50.7	61.0	7.4	5.8	7.7
General cargo	46.4	54.5	7.4	5.3	7.1
Ro-Ro cargo	45.8	50.9	7.4	4.8	6.7
Passenger	25.5	45.7	7.4	4.8	6.7
Cruise	2.0	45.8	7.4	4.9	3.1
Others	33.1	52.0	7.4	4.3	4.9
Tugs	2.0	43.1	7.4	4.3	3.7
Total	25.4	49.2	7.4	4.9	5.8

Fonte: elaborazioni ISPRA

Fonte: elaborazioni ISPRA, Rapporti 382/2023 “Aggiornamento delle modalità di calcolo delle emissioni navali con particolare riferimento all’ambito portuale a livello nazionale e locale”

e il **dislocamento medio** per le varie tipologie di imbarcazioni da diporto, ottenute da ricerche di mercato e qui riportate:

- imbarcazioni/navi da diporto da 20-25 m di lunghezza = 30 Mg
- navi da diporto da 30 m di lunghezza = 130 Mg
- navi da diporto da 40 m di lunghezza = 230 Mg
- navi da diporto da 50 m di lunghezza = 540 Mg
- navi da diporto da 60 m di lunghezza = 1'100 Mg
- navi da diporto da 80 m di lunghezza = 1'800 Mg

Fonte: yachtworld.it, yachtbrokers.it, boat24.com, mondialbroker.com

utilizzando una formula simile alla precedente, si ricava **un impatto ambientale medio annuo post-operam sullo specchio acqueo di competenza**, dato dalle operazioni di manovra delle nuove imbarcazioni/navi da diporto, pari a:

$$\Sigma \text{Emissioni annue} = [[(n^{\circ} \text{navi} \times \text{Mg (dislocamento medio imbarcazione)}] \times \text{kg/Mg (emissione media nave)}] \times 8 \text{ manovre da } 0,0001 \text{ anni ciascuna}$$

$$\text{- SO}_2 = [(3 \times 30 \text{ Mg}) + (4 \times 130 \text{ Mg}) + (11 \times 230 \text{ Mg}) + (3 \times 540 \text{ Mg}) + (1 \times 1'100 \text{ Mg}) + (4 \times 1'800 \text{ Mg})] \times 33,10 \text{ kg/Mg} = 432'286 \text{ kg} \times (8 \times 0,0001) = 345,83 \text{ kg/annui}$$

$$\text{- NO}_x = [(3 \times 30 \text{ Mg}) + (4 \times 130 \text{ Mg}) + (11 \times 230 \text{ Mg}) + (3 \times 540 \text{ Mg}) + (1 \times 1'100 \text{ Mg}) + (4 \times 1'800 \text{ Mg})] \times 52,0 \text{ kg/Mg} = 679'120 \text{ kg} \times (8 \times 0,0001) = 543,30 \text{ kg/annui}$$

$$\text{- CO} = [(3 \times 30 \text{ Mg}) + (4 \times 130 \text{ Mg}) + (11 \times 230 \text{ Mg}) + (3 \times 540 \text{ Mg}) + (1 \times 1'100 \text{ Mg}) + (4 \times 1'800 \text{ Mg})] \times 7,4 \text{ kg/Mg} = 96'644 \text{ kg} \times (8 \times 0,0001) = 77,32 \text{ kg/annui}$$

- NMVOC = [(3 x 30 Mg) + (4 x 130 Mg) + (11 x 230 Mg) + (3 x 540 Mg) + (1 x 1'100 Mg) + (4 x 1'8000 Mg)] x 4,3 kg/Mg = 56'158 kg x (8 x 0,0001) = 44,93 kg/annui

- PM = [(3 x 30 Mg) + (4 x 130 Mg) + (11 x 230 Mg) + (3 x 540 Mg) + (1 x 1'100 Mg) + (4 x 1'8000 Mg)] x 4,9 kg/Mg = 63'994 kg x (8 x 0,0001) = 51,20 kg/annui

Confrontando la situazione ante e post operam dell'area interessata dal progetto proposto, il progetto proposto prevede delle riduzioni di emissioni aerali annue pari a:

- SO₂ = 345,83 kg (a fronte di 5'134,45 kg ante operam) = riduzione pari al 93,20 %

- NO_x = 543,30 kg (a fronte di 79'915,94 kg ante operam) = riduzione pari al 97,20 %

- CO = 77,32 kg (a fronte di 10'854,28 kg ante operam) = riduzione pari al 99,32 %

- NMVOC = 44,93 kg (a fronte di 3'707,08 kg ante operam) = riduzione pari al 98,78 %

- PM = 51,20 kg (a fronte di 2'963,30 kg ante operam) = riduzione pari al 98,27 %

Con evidenti impatti positivi sull'area oggetto d'intervento.

IMPATTO ACUSTICO – CONFRONTO TRA SITUAZIONE ANTE OPERAM E POST OPERAM

In un sistema portuale, l'inquinamento acustico è generato principalmente dai grandi gruppi di generatori diesel per il funzionamento dei macchinari a bordo, oltre che dai sistemi di condizionamento dell'aria. Oltre ad essi, una nave RO-RO, sia essa passeggeri o Cargo, genera un rumore derivato da:

- Alimentazione tramite generatori diesel, dato da:

- fuoriuscita dei gas di scarico del motore, tipicamente dominato da toni a bassa frequenza;
- ventole per l'alimentazione d'aria della sala macchine, tipicamente dominate da frequenze comprese tra 100Hz e 1.000Hz e da rumore di banda continua.

- Ventilazione, data da:

- ventilatori di alimentazione;
- ventilatori dei gas di scarico.

- Sistemi di comunicazione e segnalazione, dati da:

- sistemi PA per intrattenimento e gli indirizzi pubblici a bordo (navi RO-RO passeggeri);
- sirena della nave.

- Rampa di approdo, data da:

- posizionamento della rampa;
- nel contatto con la banchina;

- al passaggio dei veicoli.

Fonte: Progetto Report – Report di validazione dei modelli in T2.1 – Università di Pisa, Progetto Interreg, 2020

Nel medesimo Report di validazione dei modelli in T2.1 dell'Università di Pisa, Progetto Interreg. 2020, sono stati effettuati dei rilievi fonometrici presso determinati punti di misura adiacenti all'area interessata dall'intervento proposto, poi riportati su 3 diversi programmi. Tali rilievi hanno evidenziato le seguenti risultanze:

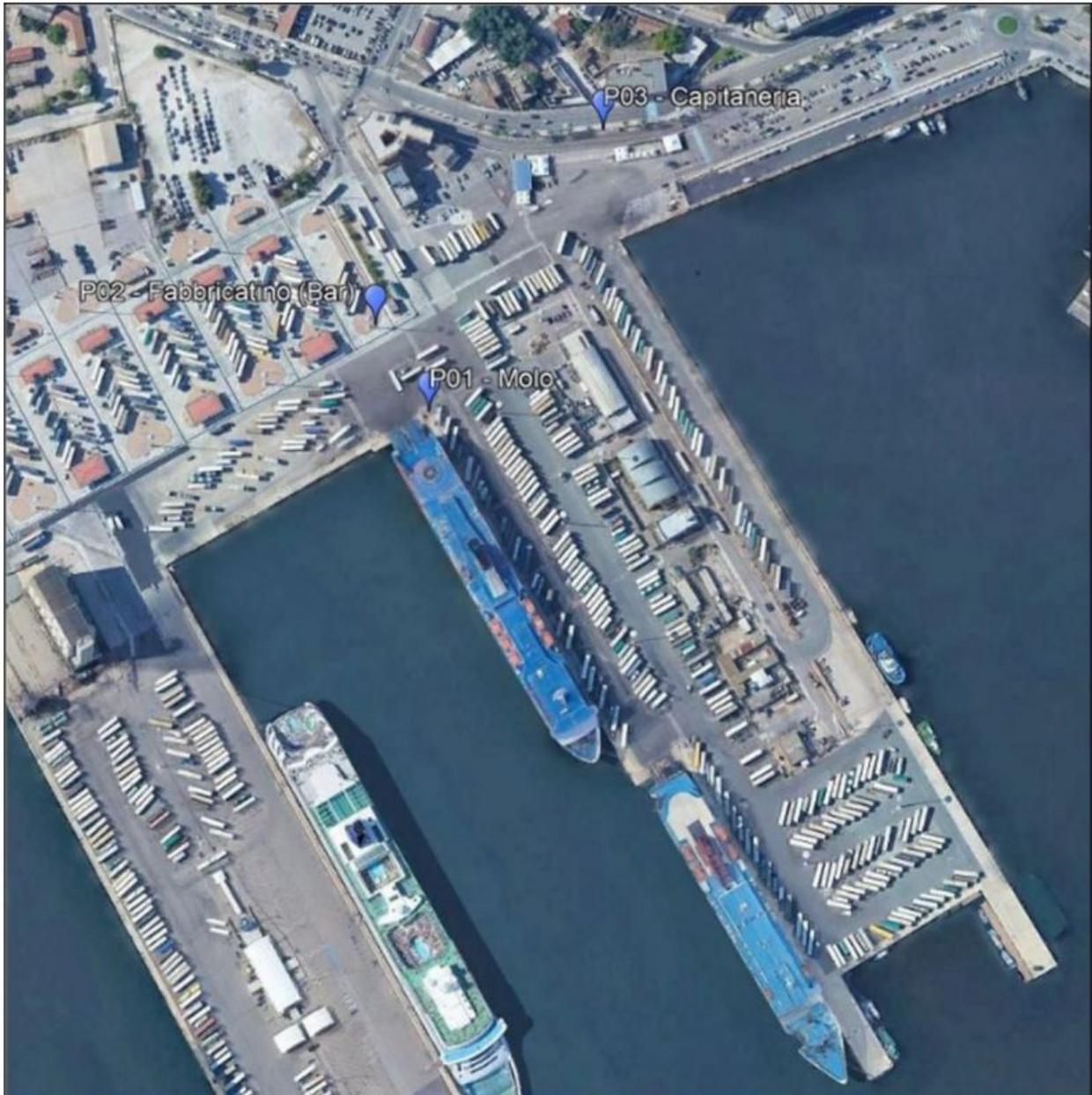


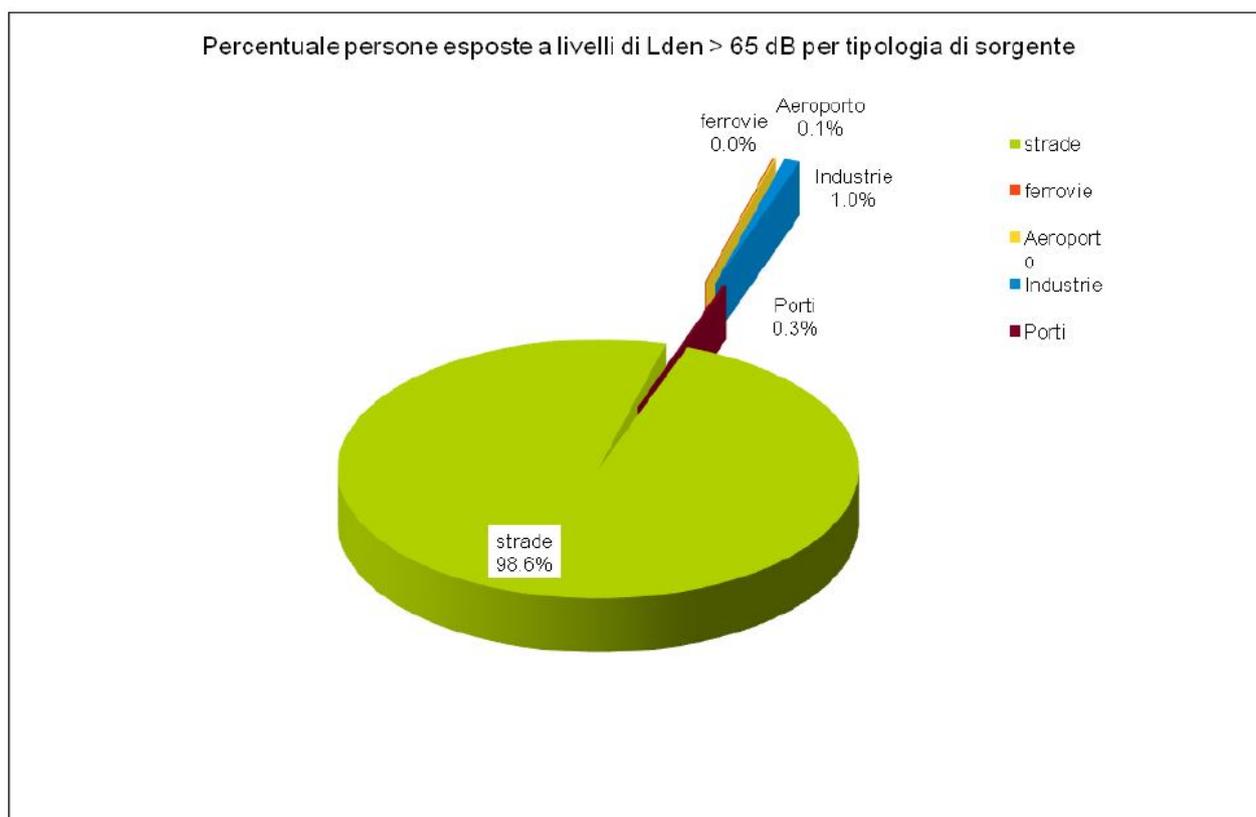
Figura 4 - Posizioni punti di misura utilizzate per lo scenario Molo Sabauda.

Molo Sabaudo	SoundPLAN	MithraSIG	Delta
Nome ricevitore	L _{Aeq} diurno	L _{Aeq} diurno	L _{Aeq} diurno
P01 - Molo	88.2	87.6	0.6
P02 - Fabbricatino (Bar)	88.3	87.4	0.9

Tabella 4 – Confronto tra i valori ottenuti con SoundPLAN e MithraSIG relativi allo scenario Molo Sabauda.

Fonte: Progetto Report – Report di validazione dei modelli in T2.1 – Università di Pisa, Progetto Interreg, 2020

Come evidenziato, il Livello continuo di pressione sonora ponderata dell'Area Portuale si mantiene (a causa delle fonti di inquinamento sonoro precedentemente citate) su livelli elevati, superiori alla media urbana. Tuttavia, occorre precisare che, come riportato nella Relazione Tecnica Generale del Piano di Azione per l'Agglomerato di Cagliari, promosso dalla Città Metropolitana di Cagliari nel 2018, **la percentuale di popolazione all'interno dell'agglomerato urbano esposta all'impatto acustico dell'infrastruttura del Porto Storico è minima, solo lo 0,3% del totale, quantificabile nell'ordine di alcune centinaia, principalmente gli operatori del Porto stesso.** Tale dato mostra chiaramente che **la sorgente di rumore dell'infrastruttura portuale non abbia effetti considerevoli sulla popolazione cittadina.**



Fonte: Relazione Tecnica Generale del Piano di Azione per l'Agglomerato di Cagliari, 2018

A sostegno della tesi, occorre citare come l'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna, competente per quanto riguarda indirizzo, programmazione e coordinamento delle attività portuali non abbia presentato un piano di risanamento acustico ai sensi della D.G.R. 62/9 del 14/11/2008.

Questo fatto dipende da tre ragioni fondamentali:

- le strutture portuali, ad eccezione del porto storico in via Roma, sono collocate in **ambiti lontani da potenziali ricettori** (la Via Riva di Ponente adiacente è quasi interamente disabitata);

- il Comune di Cagliari con D.C.C. n.36/2016 si è dotato di piano di classificazione acustica (L.q. 447/1995 e smi) nel quale **non sono state evidenziate criticità di tipo acustico** tali da essere necessario un piano di risanamento acustico;

- in base alla V.A.S. del PRG, approvata dal servizio S.A.V.I. dell'Assessorato Regionale Difesa Ambiente con determina n.10257/462 del 26/04/2010 (B.U.R.A.S. 25/05/2010) **non risultano particolari criticità acustiche**.

Oltre a ciò, influisce **l'azione del vento** che, come analizzato in premessa, soffiando principalmente dalla direzione NW, **favorisce abitualmente la dispersione del rumore verso il mare aperto**. Conseguentemente, lo spostamento dell'attracco delle navi RO-RO, e delle manovre di assistenza dei Rimorchiatori, verso la testa esterna del Molo Sabaudò **contribuirà a ridurre la diffusione delle emissioni sonore causate dal traffico marittimo verso la città**.



Confronto tra la posizione degli attracchi delle Navi RO-RO ante operam, in rosso, e post operam, in verde

Per quanto riguarda i nuovi attracchi previsti nell'area di progetto destinati ad imbarcazioni o navi da diporto, **le fonti rumorose rilevanti da loro generate avverranno quasi esclusivamente nelle fasi di manovra**, in quanto durante la fase di stazionamento verranno a mancare le fonti di rumore generate dall'alimentazione tramite generatori Diesel (in quanto le imbarcazioni saranno

alimentate tramite colonnine elettriche a terra), della ventilazione della sala macchine, dei sistemi di comunicazione e segnalazione e della rampa di approdo.

Parallelamente, **la riduzione del traffico veicolare nell'Area Portuale**, prevista dalla proposta progettuale in una misura di oltre il 50%, come analizzato in precedenza, **comporterà una riduzione (a parità sostanziale di condizioni al contorno) del livello di pressione sonora equivalente di circa 3 dB** (fonte: Ing. Francesco Canestrari, Corso di Gestione e Manutenzione delle Pavimentazioni stradali, Università Politecnica delle Marche).

Inoltre, **la presenza di aree verdi** sviluppate lungo tutta la Calata Azuni e Via Roma, con alberature diffuse densamente lungo tutta la superficie e elementi di verde organizzato a cumuli e/o collinette, **contribuirà alla mitigazione del rumore dell'area**, attraverso l'assorbimento e la successiva trasformazione dell'energia sonora in energia termica, a seguito delle molteplici riflessioni delle onde sonore sulle superfici delle foglie, dei rami e dei tronchi.

In conclusione, sull'area oggetto d'intervento il progetto proposto apporterà sicuramente benefici da un punto di vista acustico, grazie allo spostamento verso la testa del Molo Sabaudò degli attracchi delle navi, la riduzione del traffico veicolare e la realizzazione di aree verdi in rilievo e con diffuse alberature.

CONCLUSIONI

Come evidenziato dalle analisi precedenti, il progetto di **“Riqualificazione del molo Sanità con la realizzazione di una struttura turistico ricettiva ed il rinnovo delle strutture per la nautica da diporto tra il Molo Sanità e il molo Sant'Agostino del porto di Cagliari”** avrà sicuramente degli **impatti positivi sulla qualità dell'aria e sull'inquinamento acustico** dell'Area del Porto Storico di Cagliari.

In particolare, riguardo all'impatto sulla qualità dell'aria:

- la riduzione del traffico veicolare nelle aree del Porto Storico di circa il 50% **comporterà una riduzione equivalente di emissioni di particolato atmosferico inquinante;**
- lo spostamento dell'attracco per navi RO-RO dalla radice del Molo Sabaudò di circa 230 m verso la bocca di Porto **eliminerà l'inquinamento dato dalla manovra e dallo stazionamento sia delle suddette che dei Rimorchiatori a loro servizio**, esponendolo maggiormente all'azione del vento dominante di Maestrale, soffiante da NW verso il mare. Tale operazione compenserà grandemente le nuove emissioni generate dalle manovre dei nuovi attracchi delle imbarcazioni e da diporto, le quali **in fase di stazionamento non generano nuove emissioni** in quanto alimentate da colonnine di fornitura energia elettrica da terra, **eliminando l'inquinamento generato dal mantenere accesi i motori di bordo;**
- l'ampliamento delle aree verdi e delle alberature, in una misura del 580%, **favorirà l'assorbimento del particolato atmosferico inquinante**, con **evidenti migliorie** della qualità dell'aria nell'area del Porto Storico (e, in piccola parte, anche dell'intorno cittadino);

Per quanto riguarda l'impatto acustico:

- la riduzione del traffico veicolare della misura di oltre il 50% **comporterà un abbattimento del Livello di pressione sonora di circa 3 dB nell'area del Porto Storico;**

- lo spostamento degli imbarchi delle navi RO-RO comporterà **una riduzione dell'impatto sonoro**, allontanando dalla Banchina le fonti di emissione rumorosa legate alle operazioni di manovra (motori e rimorchiatori), imbarco e sbarco (rampa), stazionamento (ventilazione, alimentazione) e segnalazione (sirene e comunicazione interna). Come per le emissioni atmosferiche, tale operazione **compenserà le nuove emissioni sonore generate dai nuovi attracchi di imbarcazione**, le quali saranno prodotte in sola fase di manovra (con motore a bassa intensità) e di attracco (senza rumore generato dal funzionamento della rampa di approdo), senza rumore generato da stazionamento;

- la realizzazione di ampie aree verdi lungo tutte le banchine, con alberature diffuse e elementi di verde organizzato a cumuli e/o collinette **contribuirà alla mitigazione del rumore dell'area del Porto Storico verso e dalla Via Roma e dal Lungomare New York 11 Settembre**;

Alla luce di quanto esposto, **il progetto proposto apporterà evidenti miglioramenti ambientali nell'Area Portuale del Porto Storico, anche dal punto di vista della qualità dell'aria e dell'inquinamento acustico.**

In ultima analisi, analizzando per completezza anche il contesto periferico, sia cittadino che portuale, il progetto avrà un impatto oggettivamente contenuto. Ad esempio, se si considera il numero totale di veicoli transitanti in questa porzione cittadina, pari cioè, come definito nelle analisi iniziali, a 67'452 TGM, una riduzione di 1'290 transiti avrà un impatto dell'1,91% sul totale, ulteriormente ridotto se si tiene in considerazione che gran parte dei veicoli transitanti nell'area portuale provenga proprio dagli ingressi occidentali (SS195, SS195 RACC.), il cui percorso sarà solamente deviato esternamente alla stessa, lungo il Lungomare New York 11 Settembre.

Allo stesso modo, nella totalità del sistema portuale del Porto Storico, che dispone di 5 diversi moli di attracco per navi RO-RO, siano esse passeggeri o Cargo, con una media totale di 76 attracchi/partenze mensili, circa 912 annuali, (*fonte: tabelle programmatiche Grimaldi Sardegna e Tirrenia*) e di altri 109 attracchi ulteriori per imbarcazioni da diporto (*fonte: portuskaralis.com*), l'inserimento di 26 nuovi attracchi per imbarcazioni e navi da diporto (di stazza, emissioni aerali ed acustiche nettamente inferiori rispetto alle navi RO-RO) avrà un impatto sostanzialmente nullo.

Cagliari, 19-04-2023

Il tecnico incaricato,

Arch. Gianfranco Sequi

Il proponente,

Marina di Porto Rotondo Srl in costituenda A.T.I.