

**ISTANZA PER IL RILASCIO DELL'AUTORIZZAZIONE  
ALLA COSTRUZIONE E ALL'ESERCIZIO DELL'OPERA FSRU PIOMBINO  
E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI**

**CITTA' DI PIOMBINO**

**AOOGRT / AD Prot. 0295459 Data 22/06/2023**

**Valutazioni sulla stabilità e sulla geometria  
di via Vignarca e Strada Guinzane 2 nel Comune di Piombino**

## INDICE

1	PREMESSE .....	2
2	VERIFICA DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE.....	2
2.1	Carichi di progetto.....	2
2.1.1	Scenario 1.....	2
2.1.2	Scenario 2.....	3
2.2	Indagini eseguite .....	4
2.3	Modello di calcolo adottato .....	7
2.3.1	Structural Number (SN).....	7
2.3.2	Asi standard equivalenti (ESAL).....	7
2.3.3	Traffico ammissibile ( $W_{18}$ ).....	8
2.4	Verifiche su via Vignarca .....	9
2.5	Verifica su via Guinzane .....	10
2.5.1	Commento delle verifiche.....	10
3	VERIFICA DELLA GEOMETRIA STRADALE.....	11
3.1	Soluzione proposta.....	11
4	CONCLUSIONI.....	14

## **Valutazioni sulla stabilità e sulla geometria di via Vignarca e Strada Guinzane 2 nel Comune di Piombino**

### **1 PREMESSE**

Con parere prot. 0295459 del 22 giugno 2023, il Settore Lavori Pubblici del Comune di Piombino ha evidenziato alcune potenziali criticità riguardanti l' idoneità delle due strade comunali, quali la Via Vignarca e la Strada Guinzane 2 a sopportare il passaggio delle autocisterne trasportanti azoto liquido destinato a rifornire i serbatoi di stoccaggio situati nell'Impianto di correzione indice di Wobbe e ha altresì osservato che la larghezza limitata di queste due strade non consente il corretto transito nelle due direzioni.

La presente relazione ha lo scopo di verificare l' idoneità statica delle pavimentazioni delle due strade e di analizzare il tema relativo alla sezione stradale.

### **2 VERIFICA DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE**

#### **2.1 Carichi di progetto**

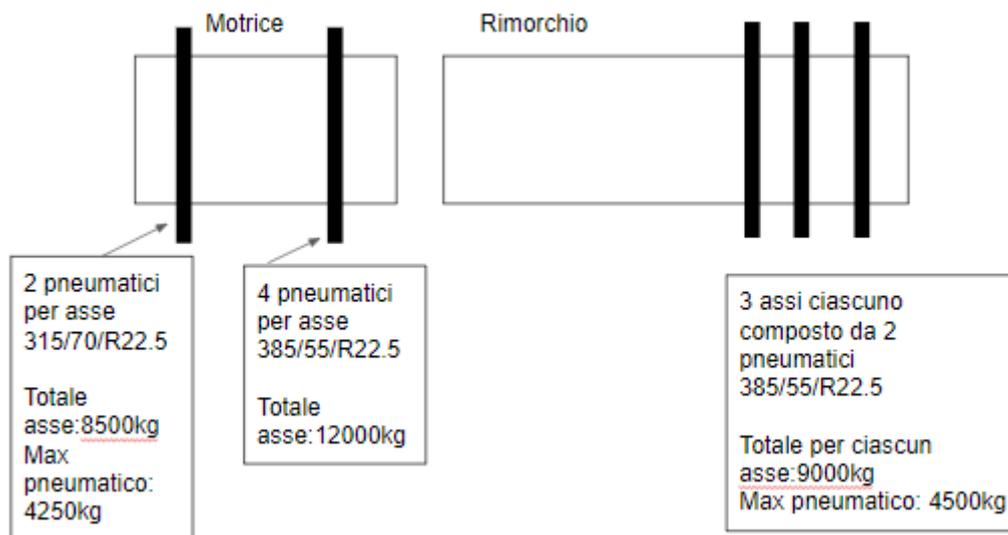
Al fine di ottimizzare lo scenario emissivo e ridurre l' impatto sul volume di traffico esistente, il Proponente ha suggerito due scenari in funzione del numero di mezzi utili per raggiungere l' impianto, che differiscono per la loro capacità di trasporto.

##### **2.1.1 Scenario 1**

Lo Scenario 1 prevede l' impiego di n.7 autocisterne (capacità non superiore a 37.000 litri a pieno carico) per il trasporto verso l' impianto durante il solo orario diurno lavorativo (12 ore di lavoro

ipoteticamente 6-18). Sulla base di tale numero, si stima il passaggio di n. 49 autocisterne alla settimana, considerando l'operatività per tutti i giorni settimanali.

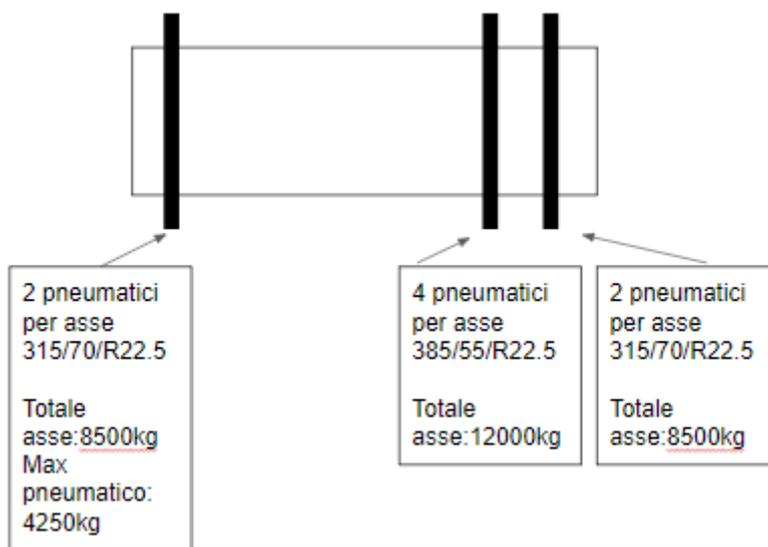
In Figura 1 si riportano gli assi delle autocisterne previste:



**Figura 1: Assi autocisterna Scenario 1**

### 2.1.2 Scenario 2

Lo Scenario 2 comprende gli stessi parametri dello Scenario 1, come l'orario diurno di transito ad eccezione del numero e della capacità delle autocisterne. In questo caso, si prevede l'impiego di n. 15 Autocisterne (capacità complessiva non superiore a 16.000 litri). Di conseguenza, si stima il transito di n.105 autocisterne alla settimana. In Figura 2 si riporta gli assi delle autocisterne previste:



**Figura 2: : Assi autocisterna Scenario 2**

## 2.2 Indagini eseguite

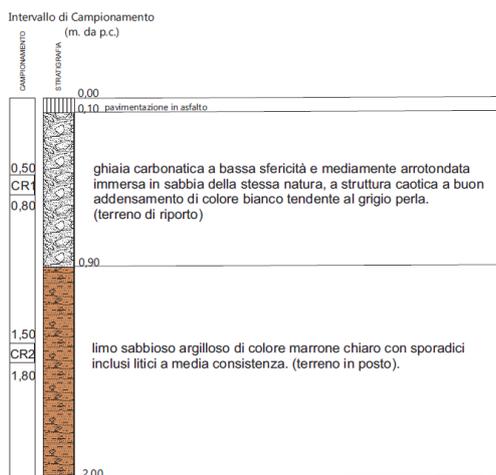
Le indagini geognostiche (rif. Allegato 1) sono state eseguite dalla società Consorzio LR – Laboratori Riuniti, con sede in Via Passo del Fico sn Presso Centro Commerciale all'ingrosso-Capannone 4 Blocco A3, Catania 95121, nell'ambito del progetto di "Ottimizzazione Impianto di Correzione dell'Indice di Wobbe nel Comune di Piombino". Le indagini svolte, nelle due arterie comunali di Via Vignarca e Via Guinzane 2, hanno avuto la finalità di ricostruire la stratigrafia degli orizzonti che compongono il corpo stradale e la definizione delle caratteristiche geotecniche e di portanza dei terreni che la compongono. A tal fine, sono stati eseguiti dei sondaggi geognostici, ubicati nella sede stradale, spinti fino alla profondità di 2,00 metri dal piano di transito. Le carote di terreno estratte sono state collocate in apposite cassette catalogatrici. Durante le attività di carotaggio sono stati prelevati dei campioni di terreno. Sempre in corrispondenza della sede stradale, sono state svolte delle prove di portanza in maniera da ricavare i cedimenti primari e secondari del sottofondo

stradale al fine di conoscere le caratteristiche elastiche e di compressibilità del terreno. Nello specifico, sono state accoppiate prove di carico su piastra (diametro 300 mm) e prove CBR in sito. La sezione del pacchetto stradale è stata investigata distribuendo le prove di portanza in maniera tale da caratterizzare sia il piano di transito (carico su piastra) che gli orizzonti più profondi (CBR). In quest'ultimo caso, sono stati eseguiti dei fori di sondaggio a profondità differente in maniera tale da consentire di raggiungere l'orizzonte geotecnico da testare.

Riepilogando, per ogni punto investigato sono state eseguite le seguenti indagini:

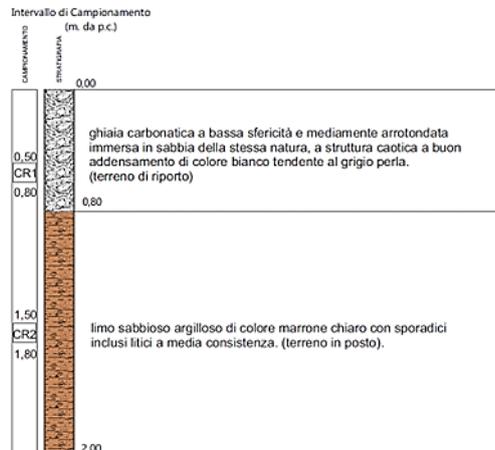
- 1 sondaggio a carotaggio continuo;
- 1 prova di carico su piastra;
- 1 prova CBR alla profondità di -40 cm dal piano di transito previo foro di sondaggio. Mentre per i punti di indagine in Via Guinzane, che non presenta uno strato in bitume, sono state eseguite a piano di transito;
- 1 prova CBR alla profondità di -80 cm dal piano di transito previo foro di riporto.

Dal sondaggio geognostico è stato possibile ottenere una descrizione stratigrafica a carattere geotecnico dei terreni attraversati con indicazione delle profondità e degli spessori, necessari per l'applicazione del modello di calcolo adottato per la verifica delle due pavimentazioni. I campionamenti in Via Vignarca hanno fornito una stratigrafia omogenea, riportata in Figura 3.



**Figura 3: Stratigrafia Via Vignarca**

Mentre i campionamenti eseguiti in via Guinzane 2 hanno fornito tre spessori diversi per lo strato di ghiaia carbonatica; pertanto, nel modello di calcolo adottato è stato impostato un valore medio pari ad 80 cm, riportato in Figura 4.



**Figura 4: Stratigrafia Via Guinzane**

Per caratterizzare la portanza del terreno di sottofondo è stato utilizzato l'indice CBR, questo indice permette di ricavare il Modulo resiliente ( $M_r$ ) del sottofondo tramite relazioni empiriche, in questo modello è stata utilizzata la seguente relazione, riportata nel manuale di progettazione "Guide for Mechanistic-Empirical Design":

$$M_r = 2555 \cdot (CBR)^{0.64}$$

Dove  $M_r$  è espresso in psi.

Dalla lettura delle stratigrafie dei terreni nelle due strade verificate, si evidenzia la presenza di un pacchetto stradale sovradimensionato, nonostante vi sia un basso spessore di materiale legato (10 cm per via Vignarca, mentre assente per via Guinzane 2). L'alto spessore adottato per lo strato di ghiaia consente una buona ripartizione dei carichi sul sottofondo. Nelle verifiche eseguite con il modello di calcolo proposto, si è scelto di adottare il valore più cautelativo del CBR calcolato all'interfaccia tra lo strato in ghiaia e lo strato in limo.

### 2.3 Modello di calcolo adottato

La verifica della sovrastruttura stradale è stata condotta secondo il metodo semi-empirico esposto dall' "AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES" pubblicata nel 1993. Tale metodo adotta delle relazioni che consentono di calcolare il numero di passaggi di assi standard del peso di 8.2 ton (18 kips) che la pavimentazione può sopportare ( $W_{18}$ ), in funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti la sovrastruttura stessa. Il metodo di calcolo adottato si basa sulla previsione del numero di passaggi che portano ad una determinata riduzione della funzionalità dell'infrastruttura stessa, valutata attraverso l'indice Present Serviceability Index Final (PSI<sub>f</sub>). La verifica si basa sul confrontare il numero di assi standard che causano la perdita di funzionalità rispetto agli assi standard che transitano per un determinato lasso temporale, corrispondente alla vita utile della pavimentazione. Di seguito sono indicati i passaggi più significativi del modello di verifica adottato.

#### 2.3.1 Structural Number (SN)

Lo Structural Number (SN) è un valore che tiene conto della resistenza strutturale della pavimentazione. Il parametro SN è determinato in funzione degli  $n$  spessori  $s_i$  del pacchetto stradale, della resistenza dei materiali costituenti gli strati attraverso i coefficienti strutturali di strato  $a_i$ , e della loro sensibilità all'acqua mediante i coefficienti di drenaggio  $m_i$ . La relazione del SN è la seguente:

$$SN = \sum_{i=1}^n a_i \cdot m_i \cdot s_i$$

#### 2.3.2 Assi standard equivalenti (ESAL)

Il traffico stimato che transiterà sulle due strade oggetto di verifica deve essere convertito in numero di assi standard da 8.2 ton (ESAL). Siccome gli scenari di traffico proposti hanno un traffico transitante che si differenzia per il numero, per il carico e per la tipologia di assi. Quindi, il traffico

espresso in termini ESAL sarà differente per i due scenari considerati. Quest'ultimo è il numero di assi standard che causa alla pavimentazione in esame il medesimo danno degli assi dei veicoli reali. Per il calcolo del numero di ESAL è stato previsto l'uso dei coefficienti di equivalenza tra assi, i quali consentono di convertire gli assi reali in assi equivalenti con la seguente relazione:

$$N_{8.2} = T^{80} \cdot C_{SN}$$

Dove:

- $T^{80}$  è il numero di veicoli transitanti durante la vita dell'infrastruttura;
- $C_{SN}$  è un coefficiente di equivalenza tra il generico asse reale, caratterizzato da un peso  $P_i$  e tipologia  $T_i$ , e l'asse singolo standard da 8,2 ton.

### 2.3.3 Traffico ammissibile ( $W_{18}$ )

Il traffico ammissibile ( $W_{18}$ ) in termini di assi standard equivalenti è stato valutato con la seguente equazione:

$$\log W_{18} = Z_r \cdot S_0 + 9.36 \cdot (\log SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \frac{(PSI_{in} - PSI_{fin})}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log M_r - 8.07$$

Dove:

- $W_{18}$  è il numero di passaggi di assi singoli equivalenti da 18 Kpounds (8.2 ton o 80 kN) ammissibili dalla pavimentazione;
- $Z_r$  e  $S_0$  rappresentano i frattili della distribuzione normale standard e la deviazione standard dello scarto tra la durata effettiva e quella prevista della pavimentazione in esame. Per  $Z_r$  è stato assegnato un valore di -1.405, corrispondente ad una affidabilità del 92%, mentre  $S_0$  un valore di 0.5;
- $PSI_{in}$  e  $PSI_{fin}$ : Il grado di efficienza della pavimentazione è valutato mediante il Present Serviceability Index (PSI) ed assume valori numerici compresi tra 0 (strada su cui il transito è praticamente impossibile) e 5 (strada in condizioni ideali). Nel caso in esame, è stato impostato un  $PSI_{in}$  pari a 3.00, per tener conto del fatto che le due strade sono esistenti e presentano già degli ammaloramenti, mentre il  $PSI_{fin}$  è posto pari a 1.50, in considerazione delle basse velocità di transito previste;
- $M_r$  è il modulo resiliente del sottofondo, espresso in psi, ricavato dalle indagini geotecniche eseguite e descritte al paragrafo Indagini eseguite 2.2, in particolare si è considerato un valore di CBR pari a 4.5% per via Vignarca e 1.3% per via Guinzane.

Infine, il metodo adottato si conclude verificando che il rapporto tra il numero di assi standard che transitano (*ESAL*) e il numero di assi equivalenti che la pavimentazione può sopportare  $W_{18}$  sia minore 1. Di seguito sono riportate le verifiche per le due strade esaminate: Via Vignarca e Via Guinzane.

#### 2.4 Verifiche su via Vignarca

Via Vignarca			
Strato	s (mm)	$a_i$	$m_i$
Manto	10	0.42	1
Base	800	0.11	1

SN	92	mm
	3.630	inches

**Tabella 1: Calcolo dello SN**

	n cisterne	Vita utile	$T^{80}$	ESAL
	settimana	mesi	-	-
<b>Scenario 1</b>	49	36	7056	6.73E+04
<b>Scenario 2</b>	105	36	15120	7.82E+04

**Tabella 2: Calcolo del traffico equivalente (ESAL)**

	ESAL	$W_{18}$	ESAL/ $W_{18}$
<b>Scenario 1</b>	6.73E+04	6.41E+05	0.11
<b>Scenario 2</b>	7.82E+04	6.41E+05	0.12

**Tabella 3: Verifica**

## 2.5 Verifica su via Guinzane

Via Guinzane			
Strato	s (mm)	a <sub>i</sub>	m <sub>i</sub>
Manto	0	0.42	1
Base	800	0.11	1

SN	88	mm
	3.465	inches

**Tabella 4: Calcolo dello SN**

	n cisterne	Vita utile	T <sup>80</sup>	ESAL
	settimana	mesi	-	-
<b>Scenario 1</b>	49	36	7056	7.45E+04
<b>Scenario 2</b>	105	36	15120	8.44E+04

**Tabella 5: Calcolo del traffico equivalente (ESAL)**

	ESAL	W <sub>18</sub>	ESAL/W <sub>18</sub>
<b>Scenario 1</b>	7.45E+04	8.45E+04	0.88
<b>Scenario 2</b>	8.44E+04	8.45E+04	1.00

**Tabella 6: Verifica**

### 2.5.1 Commento delle verifiche

Le verifiche dimostrano che le pavimentazioni presenti nelle due vie in esame risultano idonee al transito degli scenari di traffico previsti considerando che l'impianto resterà in esercizio fino ai primi di luglio 2026 (i.e., tre anni dall'inizio di entrata in esercizio del Terminale FSRU) e che i lavori dell'impianto Indice di Wobbe saranno terminati non prima di aprile-maggio 2024 anni, quindi con un utilizzo di poco più di 24 mesi.. I risultati confermano l'efficacia del sovradimensionamento delle pavimentazioni esistenti, nonostante l'assenza degli strati legati a bitume. Inoltre, si vuole sottolineare che per le verifiche è stato utilizzato un valore di CBR del sottofondo cautelativo (il più basso tra i punti investigati).

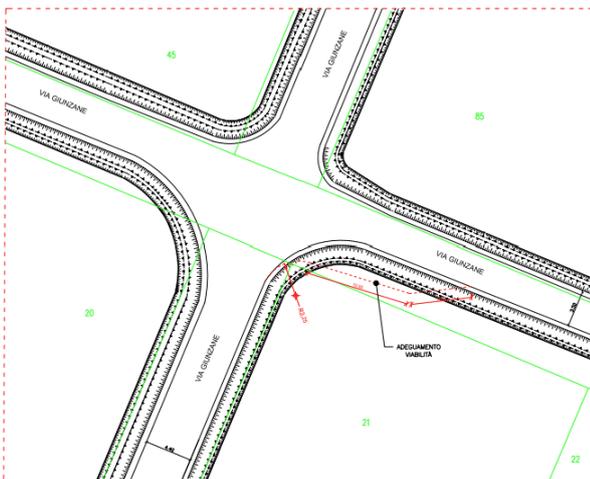
Per quanto riguarda la pavimentazione di via Guinzane 2, concordemente all'art. 77 del RU vigente, non si procederà alla stesura di strato di asfalto bensì ad un miglioramento strutturale, mediante la compattazione attraverso rulli di uno strato in ghiaia di adeguato spessore.

### 3 VERIFICA DELLA GEOMETRIA STRADALE

Le due strade presentano una larghezza media della piattaforma stradale di circa 4.40 m su via Vignarca e di 3.50 m su via Guinzane 2.

Il loro utilizzo da parte delle autocisterne comporterà la necessità di gestire in modo più razionale il doppio senso di circolazione e il rispetto delle geometrie stradali.

Attualmente, il Progetto del Proponente già prevede l'adeguamento del raggio di curvatura dell'incrocio fra le due strade in modo da agevolare la svolte delle autocisterne.



**Figura 5: Nuova geometria dell'incrocio (sx) e situazione attuale (dx)**

#### 3.1 Soluzione proposta

Analizzando lo sviluppo planimetrico delle due strade sono possibili diverse soluzioni raggruppabili in due macro categorie:

1. Quelle che prevedono l'ampliamento della attuale carreggiata in maniera continua o con piazzole di scambio
2. Oppure quelle che prevedono la predisposizione di un impianto semaforico che regoli il traffico in ciascuna strada

Confermando la piena disponibilità del Proponente a eseguire, a proprie spese, l'eventuale allargamento delle sedi stradali, la soluzione immediata che si propone è quella della messa in opera idonei dispositivi semaforici, come illustrato nella figura seguente:



**Figura 7: Possibile collocazione impianti semaforici**

La messa in esercizio di un impianto semaforico dovrà tener conto della necessità di costruire una corsia di accumulo sulla SP40 ed una (anche più contenuta) sulla prosecuzione di via Vignarca dopo l'incrocio con via Guinzane.

#### 4 CONCLUSIONI

Le indagini eseguite hanno consentito di conoscere la stratigrafie delle due sedi stradali ed hanno permesso di caratterizzare il terreno di sottofondazione e di fondazione.

Le verifiche strutturali eseguite con il Metodo AASHTO hanno mostrato un buon comportamento sia di via Vignarca che di via Guinzane 2 per i carichi di progetto (sia per lo Scenario 1 che per lo Scenario 2).

La presenza di una strada non pavimentata suggerisce la previsione di un rifacimento del pacchetto stradale con l'introduzione di uno strado di Binder ed il tappetino di usura già dall'inizio dell'esercizio. Ciò consentirà anche una forte riduzione della polverosità del sito.

Al termine dell'esercizio dell'Impianto Indice di Wobbe (luglio 2026), il Proponente eseguirà comunque un intervento straordinario di ripristino della pavimentazione stradale.

Roma, 29/06/2023

Il tecnico

Ing. Quintilio Napoleoni

